

1.1. ПОНЯТИЕ О ПРОЦЕССЕ РЕЗАНИЯ МЕТАЛЛОВ

Изготовление деталей машин основано на использовании различных технологических способов воздействия на обрабатываемую заготовку в целях придания ей заданной формы, размеров с определенной точностью и поверхностей с определенной шероховатостью. Одним из способов воздействия на заготовку является процесс резания, т. е. снятие слоя материала с помощью режущих инструментов на металлорежущих станках.

В процессе резания с обрабатываемой заготовки удаляется некоторая масса металла, специально оставленная на обработку и называется *припуском*. В ряде случаев припуск снимается с обрабатываемой поверхности за несколько *проходов*. После удаления с обрабатываемой заготовки всего припуска она превращается в готовую деталь.

Металл, удаляемый с обрабатываемой заготовки, подвергается пластической и упругой деформации, приобретает характерную форму, т. е. превращается в *стружку*. При образовании стружки возникает ряд специфических явлений, а именно: деформация динамической системы станка (станок — приспособле-

ние — инструмент — деталь), выделение тепла в зоне резания, износ режущего инструмента и др.

Таким образом, все способы и виды обработки металлов, основанные на удалении припуска и превращении его в стружку, определяются понятием *резание металлов*.

Процесс резания возможен при наличии главных (основных) движений: резания и подачи. При токарной обработке такими движениями являются: движение резания \sim вращение заготовки, закрепленной в шпинделе

ле станка (рис. 1.1, а, б); движение подачи — перемещение режущего инструмента в продольном или поперечном направлении (рис. 1.1, а, б, в). При сверлении, зенкеровании, развертывании и нарезании резьбы движение подачи — это осевое перемещение инструмента, закрепленного в пиноли задней бабки (рис. 1.1, г).

1.2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ

Металлорежущие станки обеспечивают изготовление деталей разнообразной формы, с высокой точностью размеров и заданной шероховатостью поверхности. Металлорежущие станки классифицируются по следующим признакам.

По степени специализации: 1 — универсальные, применяемые для обработки деталей широкой номенклатуры; 2 — специализированные, предназначенные для обработки однотипных деталей, сходных по конфигурации, но имеющие различные размеры; 3 — специальные, применяемые для обработки деталей одного типа-размера. Специализированные и специальные станки используют в крупносерийном и массовом производстве, а универсальные — в единичном и мелкосерийном производстве.

По точности: нормальной точности — класс Н; повышенной точности — класс П; высокой точности — класс В; особо высокой точности — класс А; прецизионные — класс С.

По массе: легкие — до 1 т, средние — до 10 т, тяжелые — свыше 10 т. Тяжелые станки в свою очередь делятся на крупные (от 10 до 30 т), тяжелые (от 30 до 100 т) и особо тяжелые (более 100 т).

По виду выполняемых работ и применяемых режущих инструментов все выпускаемые станки делят на десять групп, каждая группа разделена на десять типов станков. Классификационная таблица разработана ЭНИМС.

Обозначение модели серийно выпускаемых станков состоит из сочетания трех или четырех цифр, иногда с добавлением букв. Первая цифра обозначает номер группы по классификационной таблице, вторая указывает тип станка. Третья, а иногда и четвертая цифра характеризуют параметры станка, которые различны для разных групп станков. Буквы указывают на модернизацию или модификацию основной базовой модели станка.

В моделях станков с программным управлением для обозначения степени автоматизации добавляется буква «Ф» с цифрой: Ф1 — станки с цифровой индикацией и преднабором координат; Ф2 — станки с позиционными и прямоугольными системами; Ф3 — станки с контурными системами; Ф4 — станки с универсальной системой для позиционной и контурной обработки. Для станков с цикловыми системами программного управления введен индекс Ц.

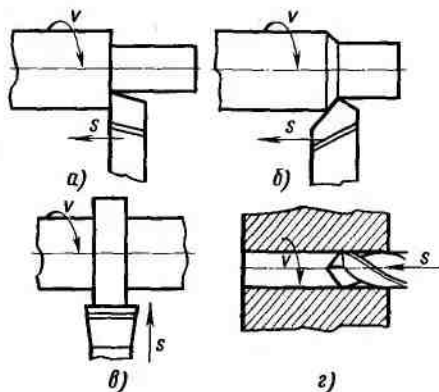


Рис. 1.1. Главные движения детали и инструмента при обработке на токарном станке (стрелками показаны направления скорости v резания и подачи S)

1.3. ТИПЫ И КОНСТРУКЦИИ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

Токарные станки делятся на универсальные и специализированные. Первые предназначены для выполнения разнообразных операций: обработки резцами наружных и внутренних цилиндрических поверхностей, конических и фасонных поверхностей, торцовых плоскостей, нарезания наружных и внутренних резьб, отрезки, сверления, зенкерования и развертывания отверстий.

Специализированные станки используются для обработки определенных деталей, например гладких и ступенчатых валов, различного вида труб, муфт и т. п.

Из универсальных станков наиболее широкое распространение получили токарно-винторезные и токарные станки. Последние предназначены для выполнения всех токарных работ, за исключением нарезания резьбы резцами. Из специализированных станков наиболее распространены многорезцовые и гидрокопировальные, предназначенные для обработки гладких и ступенчатых валов, втулок, фланцев и других деталей.

Основной параметр токарных станков — высота центров над станиной. Другим основным параметром токарных станков является наибольшее расстояние между центрами, которое определяет наибольшую длину обрабатываемой детали, причем это расстояние у одних и тех же станков может быть разным. Так, у станков с наибольшим диаметром обрабатываемой заготовки 500 мм расстояние между центрами может быть 700, 1000, 1400 и 2000 мм. Токарные станки характеризуются также наибольшей частотой вращения шпинделя, наибольшим диаметром прутка, проходящего через отверстие шпинделя, размером центра шпинделя и мощностью электродвигателя главного привода станка.

Основными узлами токарных и токарно-винторезных станков являются: станина; коробка скоростей или передняя бабка; гитара; задняя бабка; каретка или продольный суппорт; поперечный суппорт; поворотный суппорт; фартук; коробка подач (рис. 1.2).

1.4. ВИДЫ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ

Наиболее распространенным видом обработки наружных поверхностей тел вращения на токарных станках является обтачивание заготовки при продольном перемещении режущего инструмента (продольное точение, рис. 1.3, а).

Фасонное обтачивание, т. е. обработка поверхностей сложной конфигурации (сферических, конических, бочкообразных и др.) осуществляется: одновременным перемещением режущего инструмента в продольном и поперечном направлениях с помощью фасонных резцов с поперечной подачей (рис. 1.3, б); по копиру с использованием гидрофицированного суппорта в крупносерийном производстве. Конические поверхности можно обработать следующими способами: поворотом верхних салазок суппорта на угол, равный половине угла при вершине конуса; смещением

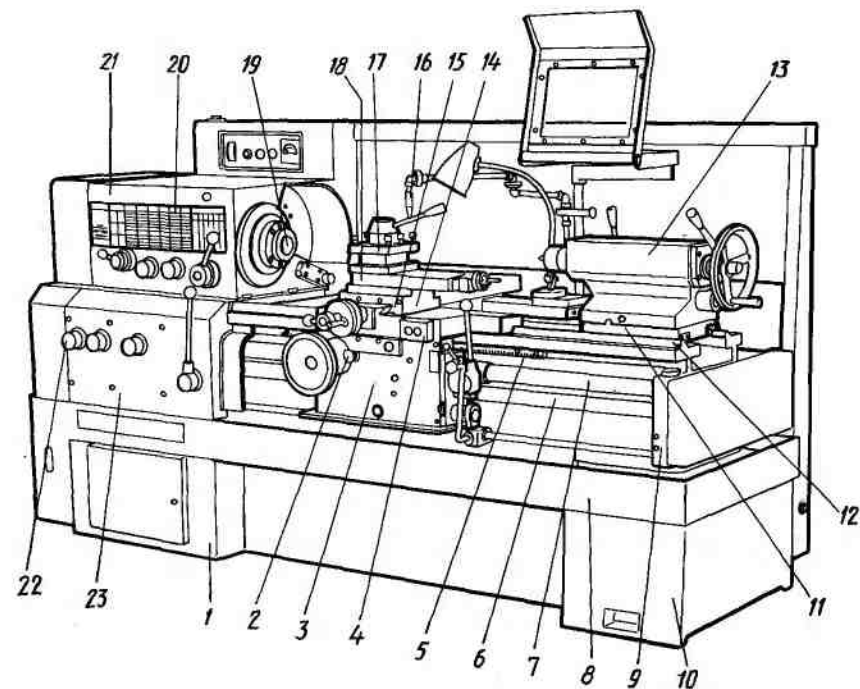


Рис. 1.2. Основные сборочные единицы токарно-винторезного станка мод. 16К20:

1 — передняя тумба станины, 2 — рукоятка поперечной подачи, 3 — фартук, 4 — салазки продольного суппорта (каретка), 5 — рейка, 6 — ходовой вал, 7 — ходовой винт, 8 — корыто станка, 9 — задний крошитель, 10 — задняя тумба станины, 11 — плита задней бабки, 12 — направляющие станины, 13 — задняя бабка, 14 — поперечный суппорт, 15 — направляющие поперечного суппорта, 16 — край охлаждения, 17 — резцедержатель, 18 — верхний суппорт, 19 — шпиндель, 20 — кониус, 21 — передняя бабка (коробка скоростей), 22 — гитара, 23 — коробка подач

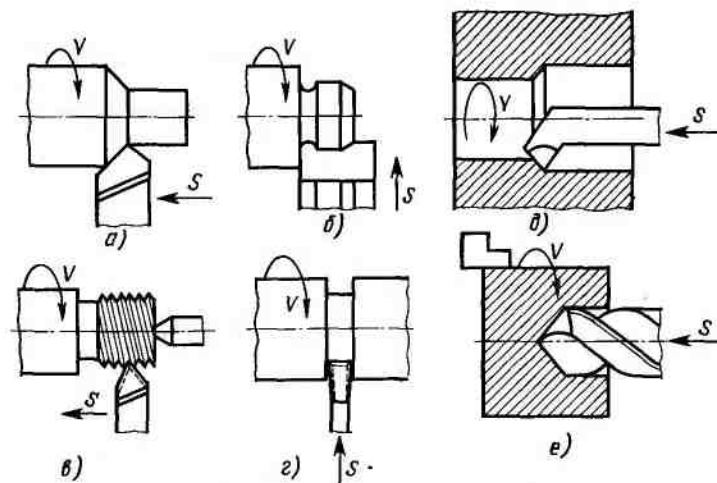


Рис. 1.3. Виды токарной обработки

центра задней бабки; с помощью копировально-конусной линейки.

Нарезание резьбы метрической, дюймовой и др., одно- и многозаходной) на токарных станках производится резцом (рис. 1.3, в).

При обработке ступенчатых валов необходимыми являются операции прорезки канавок и отрезки заготовки (рис. 1.3, з).

На токарных станках также осуществляют следующие виды обработки отверстий: растачивание (расточными резцами); нарезание внутренней резьбы (резцами и метчиками); сверление, зенкерование и развертывание (рис. 1.3, д и е). Для крепления сверл, метчиков, зенкеров и разверток используют заднюю бабку станка.

На токарных станках производят также отделочную обработку поверхностей путем их накатывания с помощью специальных роликов.

1.5. ЭЛЕМЕНТЫ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ

При обработке заготовки на токарном станке необходимы движения формообразования, т. е. обрабатываемая заготовка и режущий инструмент должны совершать определенные движения. Эти движения подразделяются на основные, служащие для осуществления процесса резания, и вспомогательные, не участвующие непосредственно в процессе резания. Основными являются движения резания (вращение шпинделя станка с закрепленной на нем заготовкой) и подачи (продольное или поперечное перемещение режущего инструмента, жестко закрепленного в резцедержателе станка). Процесс обработки на токарном станке определяется режимом резания, элементы которого описаны ниже (рис. 1.4, а).

Глубина резания t , мм, — толщина стружки, срезанной за

один проход, измеренная в направлении, перпендикулярном обрабатываемой поверхности. При наружном продольном точении

$$t = \frac{D - d}{2},$$

где D — диаметр заготовки, мм; d — диаметр обработанной поверхности, мм.

Скорость резания v , м/мин — перемещение в единицу времени произвольной точки, взятой на активной части

главной режущей кромки, относительно обрабатываемой поверхности заготовки. Так как обрабатываемая поверхность имеет различные диаметры, то скорость резания в различных точках активной части главной режущей кромки является величиной переменной (рис. 1.4, б). Максимальная скорость

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

где D — наибольший диаметр, обрабатываемой поверхности, мм; n — частота вращения шпинделя, об/мин.

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

Подача — перемещение режущей кромки инструмента относительно обработанной поверхности заготовки в единицу времени. При токарной обработке различают оборотную подачу S_0 , мм/об, т. е. перемещение режущей кромки инструмента за один оборот заготовки и минутную подачу S , мм/мин, т. е. перемещение за 1 мин. При этом $S = S_0 n$.

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

1.6. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ И ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ

Точность обработки детали характеризуется допускаемыми отклонениями: действительных размеров детали от номинальных; от геометрической формы или ее отдельных элементов; поверхностей и осей деталей от их взаимного расположения.

Существует следующая взаимосвязь между точностью обработки и шероховатостью обработанных поверхностей: высокой точности обработки всегда соответствует малая шероховатость поверхности. Высота Ra микронеровностей обработанной поверхности, определяющая ее шероховатость, не должна превышать 0,02—0,05 допуска на размер.

1.7. КЛАССИФИКАЦИЯ И ЭЛЕМЕНТЫ ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ

По виду обработки токарные резцы делятся на проходные, подрезные, расточные, отрезные, прорезные, галтельные, резьбовые и фасонные (рис. 1.5).

Проходные резцы (рис. 1.5, а и б) применяют для обработки заготовки вдоль оси и для подрезания торца. Подрезные резцы (рис. 1.5, в) применяют для обработки поверхностей заготовки в направлении, перпендикулярном или наклонном к оси вращения. Для подрезания торца с поперечной подачей может быть ис-

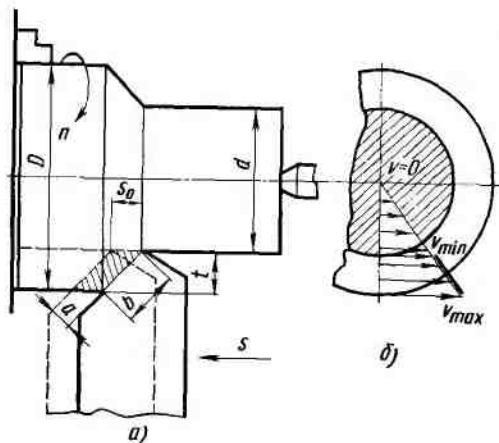


Рис. 1.4. Элементы режима резания при точении

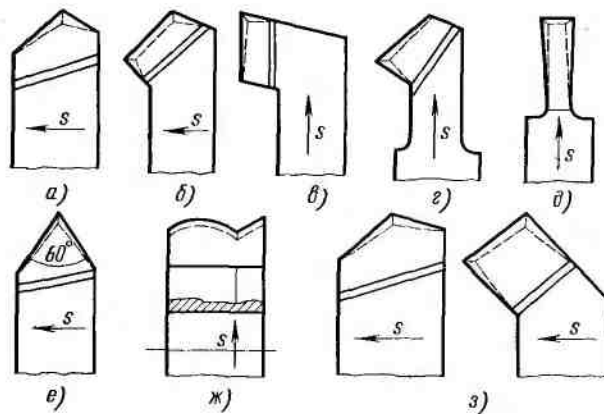


Рис. 1.5. Классификация токарных резцов (стрелками показано направление подачи S)

пользован проходной отогнутый резец. Расточный резец применяют для растачивания предварительно просверленных осевых отверстий, как сквозных (рис. 1.5, *г*), так и глухих. Отрезные и прорезные резцы (рис. 1.5, *д*) используют для прорезки канавок, а также для отрезания заготовок от прутка. Для протачивания закругленных канавок и переходных поверхностей используют галтельные резцы.

Резьбовыми резцами (рис. 1.5, *е*) нарезают наружную и внутреннюю резьбу.

Фасонные резцы (рис. 1.5, *ж*) используют для получения фасонных поверхностей при продольном точении.

По направлению подачи резцы подразделяются на правые и левые. Правые резцы (при наложении на них сверху ладони правой руки, главная режущая кромка оказывается расположенной на стороне большого пальца) при обработке заготовки перемещаются справа налево, а левые — слева направо. По форме и расположению режущей части относительно державки резцы подразделяются на прямые и отогнутые (рис. 1.5, *з*).

Токарный резец состоит из режущей части, которой он непосредственно снимает стружку с обрабатываемой заготовки, и державки, с помощью которой он крепится в резцедержателе токарного станка. Режущая часть резца имеет ряд поверхностей и кромок, а также углов, необходимых для создания условий резания (рис. 1.6).

Поверхности токарного резца: передняя *I* — поверхность, по которой сходит стружка; главная задняя *II* — поверхность, которая обращена к обрабатываемой поверхности заготовки; вспомогательная задняя *III* — поверхность, которая обращена к обработанной поверхности заготовки.

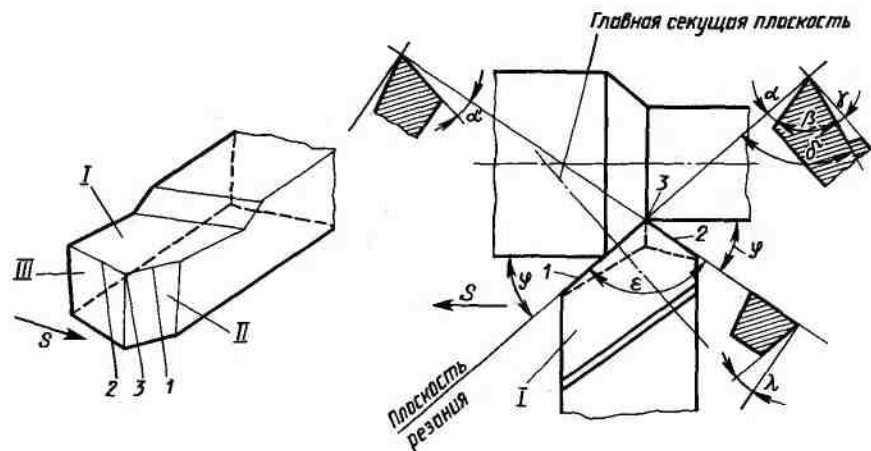


Рис. 1.6. Геометрические элементы токарных резцов

При пересечении передней поверхности с главной и вспомогательной задними поверхностями образуются кромки токарного резца.

Главная режущая кромка *1*, образованная пересечением передней поверхности и главной задней поверхности, выполняет основную работу при резании и состоит из активной и пассивной частей.

Вспомогательная режущая кромка *2* образована пересечением передней поверхности с вспомогательной задней поверхностью (у прорезных и отрезных резцов вспомогательных режущих кромок две).

Точка пересечения передней поверхности, главной задней и вспомогательной задней поверхностей образует вершину *3* резца (у прорезных и отрезных резцов две вершины).

Режущая часть резца имеет форму клина, заточенного под определенными углами. Для определения углов резца устанавливают исходную плоскость — плоскость резания, проходящую через главную режущую кромку и касательную к обрабатываемой поверхности заготовки.

К главным углам резца, измеряемым в главной секущей плоскости, т. е. в плоскости, перпендикулярной к главной режущей кромке, относятся: передний угол γ ; главный задний угол α ; угол δ резания и угол β заострения.

Кроме рассмотренных токарный резец характеризуется также вспомогательным задним углом α' ; главным углом φ в плане; вспомогательным углом φ' в плане; углом ϵ при вершине; углом λ наклона главной режущей кромки.

Указанные углы, поверхности и кромки режущей части резца являются его геометрическими элементами, влияющими на процесс резания и его производительность.

1.8. КЛАССИФИКАЦИЯ И ЭЛЕМЕНТЫ СВЕРЛ, ЗЕНКЕРОВ, РАЗВЕРТОК

Сверла, зенкеры и развертки предназначены для обработки сквозных и глухих отверстий в различных деталях.

Конструктивно сверла подразделяют на спиральные с прямыми канавками; перовые; для глубоких отверстий; для кольцевого сверления; центровочные; специальные комбинированные. Конструктивные элементы сверла (рис. 1.7): диаметр D сверла; угол 2φ режущей части; угол ω наклона винтовой канавки, передний угол γ ; задний угол α ; угол φ резания; ширина l ленточки, длина l_1 рабочей части; общая длина l_2 . В зависимости от диаметра сверло может иметь как цилиндрический, так и конический хвостовик для крепления сверла в патроне или в шпинделе станка.

Для получения более точных отверстий применяют зенкеры и развертки.

Зенкер (рис. 1.8) служит для обработки отверстий, полученных после литья, штамповки или сверления.

Развертка (рис. 1.9) отличается от зенкера тем, что снимает значительно меньший припуск и имеет большее число зубьев.

Рабочая часть зенкера и развертки (см. рис. 1.8 и 1.9) имеет режущие зубья и состоит из двух частей: режущей и калибрующей. Режущая (заборная) часть наклонена к оси инструмента под углом φ и выполняет основную работу резания. Калибрующая часть служит для направления инструмента при работе, калибрования обрабатываемого отверстия и сохранения размера инструмента после его переточки. У развертки в отличие от зенкера калибрующая часть состоит из двух частей — цилиндрической и конической (так называемого обратного конуса). Обратный конус делается для уменьшения трения инструмента об обрабатываемую поверхность отверстия. В зависимости от назначения развертки бывают цилиндрические и конические.

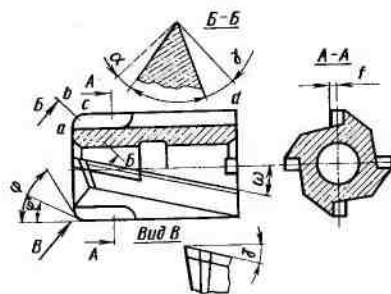


Рис. 1.8. Конструкция и геометрические элементы зенкера

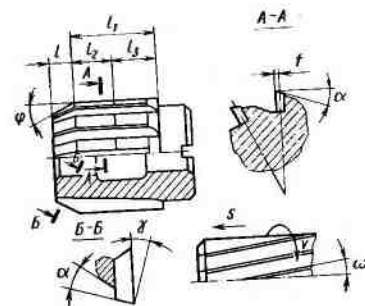


Рис. 1.9. Конструкция и геометрические элементы развертки

1.9. ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ ЗАТАЧИВАНИЕ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ. ДОВОДКА ИНСТРУМЕНТОВ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ

Централизованное затачивание режущих инструментов осуществляют на специальных участках, оснащенных заточными станками и приспособлениями.

Призматические резцы затачивают по передней и задней поверхностям, а фановые круглые и призматические резцы — только по передней поверхности. При затачивании необходимо обращать внимание на правильность расположения резца относительно шлифовального круга.

Затачивание сверл на станках по виду образуемой при этом поверхности подразделяется на коническое (коническая поверхность), винтовое (винтовая поверхность) и плоское (плоская поверхность).

Наибольшее распространение получило винтовое затачивание, обеспечивающее резкое увеличение заднего угла по направлению к центру сверла.

Плоское затачивание, применяемое для сверл диаметром до 3 мм и резе, для сверл большего диаметра, обеспечивает обработку режущей кромки в двух плоскостях в целях получения необходимых задних углов.

Станки с ЧПУ применяют для затачивания сверл со специальными формами задней поверхности и подточенной поперечной кромкой. Для сверл диаметром до 55 мм рекомендуется двухплоскостное затачивание, а для сверл диаметром свыше 55 мм — двухплоскостное затачивание с улучшенным стружкоотводом или винтовое затачивание с выпуклой заостренной поперечной режущей кромкой.

Затачивание зенкера или развертки производят в зависимости от конструкции зуба по задней или передней поверхности. Зенкеры и развертки в основном снабжены зубьями, заточенными по задней поверхности, но имеются зенкеры, снабженные затылованными зубьями, заточенными по передней поверхности.

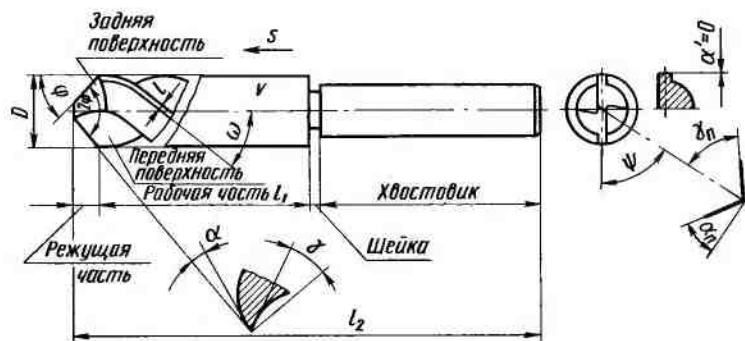


Рис. 1.7. Конструкция и геометрические элементы сверла

Для затачивания применяют универсально-заточные станки. Зенкер устанавливают в приспособлении, допускающем поворот зенкера на определенный угол. Инструмент насаживают на оправку, установленную в приспособлении, и подводят к чашечному кругу. Для фиксации зуба в определенном положении на стол станка устанавливают передвижной упор, который упирается в переднюю поверхность зуба. Зенкер с затылованным зубом перед затачиванием ставят на специальную оправку и шлифуют вершины зубьев. Затем на заточном станке в поворотном приспособлении, установленном под определенным углом, затачивают только переднюю поверхность зенкера, используя тарельчатый или чашечный шлифовальный круг.

Развертка является чистовым инструментом, поэтому к качеству ее затачивания предъявляют повышенные требования. Рабочие поверхности зубьев развертки должны после обработки иметь шероховатость $Ra \leq 0,63 \div 0,32$ мкм. После затачивания производят доводку разверток на специальном доводочном станке чашечным кругом. Развертку устанавливают в центрах и опирают передней поверхностью на упор. Доводочный круг устанавливают на шпинделе станка.

1.10. ПРИНАДЛЕЖНОСТИ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ К ТОКАРНЫМ СТАНКАМ

Принадлежности и приспособления к токарным станкам главным образом предназначены для крепления заготовок при их обработке. Приспособления подразделяются на три основные группы: 1) для закрепления заготовок при обработке деталей в центрах; 2) для закрепления заготовок за наружную поверхность; 3) для закрепления заготовок за отверстие. Кроме того, при большом масштабе выпуска изделий используют разборные универсальные приспособления.

К первой группе приспособлений относятся обыкновенные центры, центры повышенной износостойкости, центры с постоянным смазыванием, вращающиеся центры различной точности и центры с рифленой поверхностью. Для передачи крутящего момента от шпинделя станка к обрабатываемой заготовке используют хомутики различной конструкции, закрепляемые на заготовке.

К второй группе приспособлений относятся двух-, трех- и четырехкулачковые самоцентрирующие патроны, патроны с индивидуальным приводом кулачков, позволяющие центрировать заготовки произвольной формы, цанговые патроны и патроны, использующие при зажиме силу резания.

К третьей группе приспособлений относятся цельные оправки различной конфигурации, быстродействующие цанговые оправки и разжимные оправки.

При большом масштабе выпуска используют универсальные станочные приспособления, собираемые из стандартных элемен-

тов: универсально-сборные приспособления (УСП), сборно-разборные приспособления (СРП), универсально-наладочные приспособления (УНП) и др.

1.11. ПРИМЕНЕНИЕ СОЖ ПРИ ОБРАБОТКЕ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

При резании материалов возникает тепловыделение в зоне резания, обусловленное трением стружки о переднюю поверхность резца и пластическими деформациями стружки. В результате тепловыделения уменьшается износостойкость и стойкость режущего инструмента, а также нарушается настройка динамической системы станка.

Для отвода теплоты из зоны резания применяют СОЖ, уменьшающие трение между резцом и стружкой и облегчающие процесс стружкообразования.

Для любого обрабатываемого металла есть своя наиболее оптимальная СОЖ.

К СОЖ, применяемым при резании, предъявляют следующие основные требования: высокая охлаждающая и смазывающая способность; стойкость; антикоррозийность; безвредность для рабочего. Все СОЖ можно разделить на две основные группы: 1) охлаждающие, 2) смазывающие.

К первой группе относятся СОЖ с малой вязкостью, большой теплоемкостью и теплопроводностью (водные растворы минеральных электролитов и водные эмульсии). Их применяют для повышения стойкости режущего инструмента и, в частности, при обдирочных работах. Широко распространенные водные эмульсии изготавливают из эмульсолов, представляющих собой водные мыльные растворы и растворы органических кислот в минеральных маслах, стабилизированных водой или спиртом. При соединении с водой получается эмульсия от молочно-белого до коричневого цвета.

К СОЖ второй группы, обладающей высокой маслянистостью, относятся минеральные, растительные, животные и компаундированные масла, а также керосин и растворы в масле или керосине поверхностно-активных веществ. Эти СОЖ применяют при чистовых и отделочных работах, когда требуется малая шероховатость и высокая точность обработанной поверхности.

1.12. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА ТОКАРЯ

Планировка рабочего места предусматривает рациональное расположение оборудования и оснастки, наиболее эффективное использование производственных площадей, создание удобных и безопасных условий труда, а также продуманное расположение режущего и мерительного инструмента, заготовок и деталей на рабочем месте.

В механических цехах единичного и мелкосерийного произ-

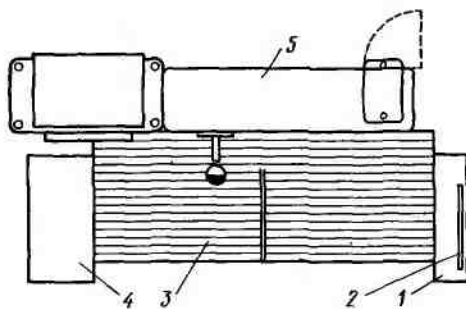


Рис. 1.10. Рабочее место токаря:
1 — инструментальная тумбочка, 2 — планшет для технической документации, 3 — решетка для ног, 4 — приемный столик, 5 — станок

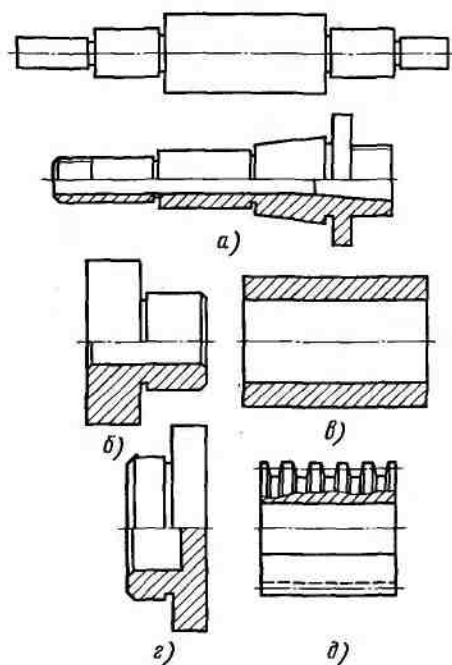


Рис. 1.11. Типовые детали цилиндрической формы:

a — ступенчатые валы, б — зубчатое колесо, в — втулка, г — крышка, д — шкив

набор инструментов и приспособлений для ухода за оборудованием. Мелкие и средние заготовки хранятся у станков на приемных столиках или в таре, крупные заготовки — на поддонах.

Для подъемно-транспортных работ, выполняемых у станков,

водства на рабочем месте токаря хранится много различного инструмента и приспособлений. Для хранения используют: инструментальную тумбочку с планшетом и приемный столик, на верхней полке которого устанавливают тару с заготовками и деталями, а на нижней хранят приспособления и принадлежности. Необходимо также решетка для ног рабочего.

Планировка рабочих мест в цехах серийного и крупносерийного производства характеризуется более стабильной номенклатурой обрабатываемых заготовок, а также большим дифференцированием технологического процесса. Это значительно уменьшает набор режущих инструментов и приспособлений на каждом рабочем месте. Заготовки, техническая документация и инструмент подаются на рабочие места специальной службой.

В цехах серийного производства рабочие места токаря оснащаются приемными столиками с двумя или четырьмя ящиками, соответственно по одному или по два ящика на каждого рабочего, работающего в первую и вторую смену. В этих ящиках хранится режущий инструмент, также

используют консольные поворотные краны, расположенные так, чтобы можно было обслуживать два станка и более. На рис. 1.10 показано рабочее место токаря, работающего на токарно-винторезном станке мод. 1К62.

1.13. ТИПОВЫЕ ДЕТАЛИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

На токарных станках обрабатывают, как правило, детали типа тел вращения, к которым относятся гладкие и ступенчатые валы (рис. 1.11, а), зубчатые колеса (рис. 1.11, б), втулки (рис. 1.11, в), крышки (рис. 1.11, г), шкивы (рис. 1.11, д). Виды выполняемых работ: обтачивание, растачивание; подрезание уступов, торцов, буртиков; обработка наружных и внутренних поверхностей вращения; растачивание канавок различного профиля; отрезание; сверление, зенкерование; развертывание, нарезание резьбы.

1.14. МЕТОДЫ ТОЧЕНИЯ НАРУЖНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Точение таких поверхностей осуществляют, как правило, в центрах, в патроне, в патроне с поджимом центра задней бабки (длинные валы).

Наиболее распространенной является обработка в центрах: деталь, имеющую предварительно засверленные центровые отверстия, устанавливают между центрами передней и задней бабок; на деталь надевают и закрепляют хомут, посредством которого передается вращение от поводкового патрона, установленного на шпинделе станка.

Основные методы обтачивания: 1) с поперечной подачей резца (рис. 1.12, а); 2) с продольной подачей резца (рис. 1.12, б).

Первый метод используют при обработке коротких цилиндрических поверхностей, длина которых меньше или равна длине режущей кромки резца; применяемые виды резцов — прорезные, канавочные, отрезные.

Второй метод, наиболее распространенный, применяют при

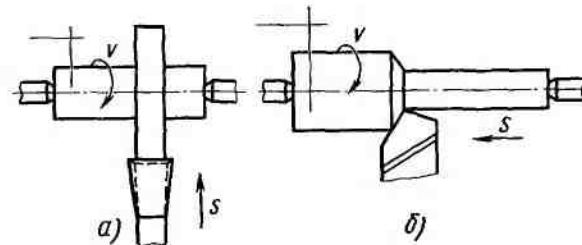


Рис. 1.12. Методы обтачивания наружных цилиндрических поверхностей:

а — с поперечной подачей, б — с продольной подачей

обработке деталей, длина которых больше длины режущей кромки резца; вид резца — проходной.

Обтачивание выполняют, как правило, в два этапа: 1) черновая или предварительная обработка (снимается 0,7—0,8 припуска); 2) чистовая или окончательная обработка (снимается остатальная часть припуска). Черновая обработка характеризуется малой скоростью резания и большой продольной подачей, а чистовая — большой скоростью резания и малой продольной подачей.

Для получения необходимой точности диаметра обработки (9—8-го качества) используют лимб поперечной подачи, с помощью которого устанавливают резец по методу пробных проходов. Точность и производительность обработки повышаются при использовании жестких или регулируемых ограничителей хода продольной подачи.

При работе с большими скоростями резания необходимо применять вращающиеся центры, устанавливаемые в пиноли задней бабки.

При обработке большой партии заготовок за один проход резец устанавливают заранее (на требуемый размер) и не перемещают его в поперечном направлении; обточив на определенную длину, заготовку снимают и перемещают резец в исходное положение для обработки следующей заготовки. Аналогично обрабатывают заготовки при необходимости их переустановки и при выполнении чернового и чистового проходов.

1.15. УСТРОЙСТВО ТРЕХКУЛАЧКОВОГО ПАТРОНА. СПОСОБЫ УСТАНОВКИ ЗАГОТОВОК

Для закрепления на токарных станках деталей небольшой длины используются универсальные трехкулачковые самоцентрирующие патроны (рис. 1.13). Обрабатываемая заготовка зажимается кулачками 4, сцепленными с рейкой 3, входящей в зацепление со спиралью, нарезанной на переднем торце конической шестерни 2. Вращением (ключом) одного из трех зубчатых колес 5 перемещают кулачки в Т-образных пазах корпуса 1. Зубчатые колеса 5 расположены равномерно по окружности патрона в отверстиях корпуса. Зажимные поверхности кулачков расположены уступом по трем различным радиусам, что увеличивает диапазон размеров зажимаемых заготовок и облегчает переналадку патрона с одного размера на другой. Преимуществом трехкулачковых универсальных патронов является простота конструкции, универсальность и достаточное усиление зажима, а недостатком — сильный износ спирали и в связи с этим преждевременная потеря точности патрона.

При обработке широкой номенклатуры заготовок в единичном производстве заготовку устанавливают в трехкулачковый патрон без предварительной ее выверки в осевом направлении; необходимый размер по длине измеряют либо от торца детали,

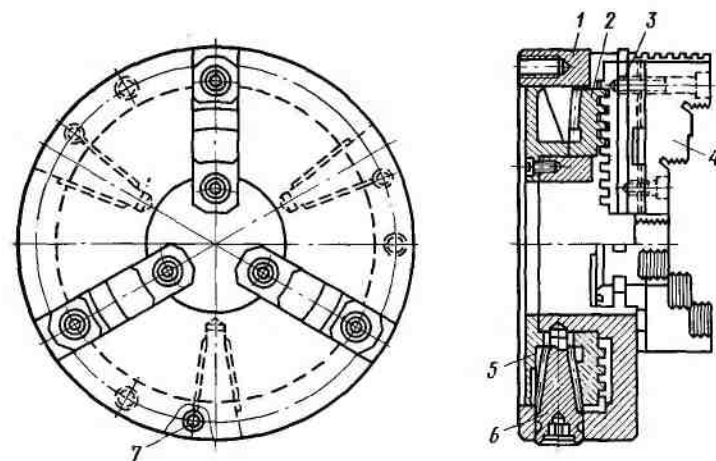


Рис. 1.13. Универсальный трехкулачковый самоцентрирующий патрон:

1 — корпус, 2 — коническая шестерня со спиралью, 3 — рейка, 4 — кулачок, 5 — зубчатое колесо, 6 — крышка, 7 — шпилька

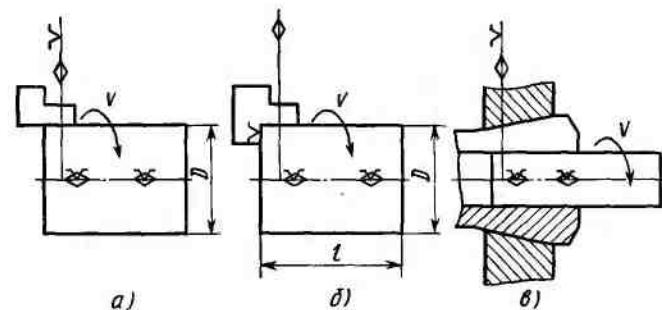


Рис. 1.14. Способы установки заготовок в патронах:
а — в обычных кулачках трехкулачкового патрона, б — в расточенных кулачках трехкулачкового патрона, в — в цанговом патроне

либо от торца корпуса патрона, в котором закреплена деталь (рис. 1.14, а). При обработке партии деталей в условиях крупносерийного и массового производства для установки заготовок в осевом направлении используют расточенные кулачки (рис. 1.14, б), благодаря чему отпадает необходимость в измерении при установке следующей заготовки.

Для обработки прутковых материалов применяют цанговые патроны (рис. 1.14, в).

В станках для крепления заготовок широко применяют пневматические, гидравлические, центробежные и другие патроны.

В единичном производстве при обработке заготовок сложной

формы применяют четырехкулачковые патроны с индивидуальным и независимым приводом.

Для установки тонких дисков при обработке торцовых поверхностей применяют электромагнитные патроны и патроны с постоянными магнитами.

**1.16. КОНСТРУКЦИИ ЦЕНТРОВ.
УСТАНОВКА ЗАГОТОВОК В ЦЕНТРАХ**

При обработке валов и некоторых других заготовок, имеющих базовые поверхности в виде центровых отверстий, в качестве установочных элементов используют центры, устанавливаемые в конические отверстия шпинделя и пиноли передней и задней бабок.

Существуют различные виды центров (рис. 1.15). Для обычных работ конус переднего центра изготавливают с углом $\alpha = 60^\circ$; для тяжелых работ $\alpha = 90^\circ$. Для получения цилиндрической поверхности оси центров передней и задней бабок токарного станка должны совпадать. Конструкция обыкновенного центра показана на рис. 1.15, а. Центры изготавливают из инструментальной стали; твердость поверхности конуса HRC 55—58.

При обработке пустотелых деталей напроход используют рифленные центры (рис. 1.15, б), для подрезки торца — центры с выточкой (рис. 1.15, в).

Для точной фиксации заготовок по торцу, в частности на станках с ЧПУ, используются «плавающие» (подпружиненные) центры.

При больших усилиях резания высоких скоростях необходимо жесткое крепление заготовок. При этом обыкновенные центры быстро изнашиваются из-за больших сил трения между поверхностью вращающейся заготовки и неподвижной поверхностью

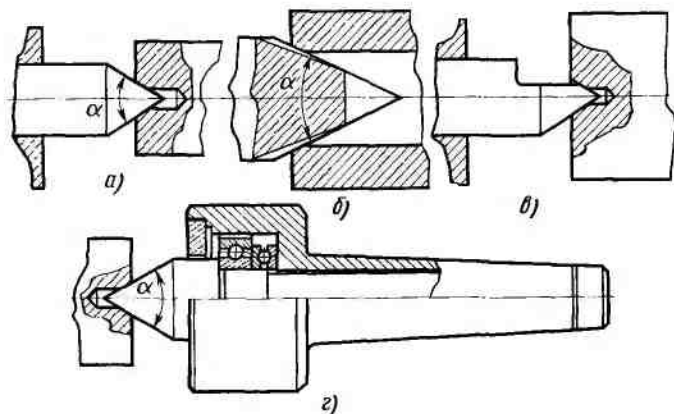


Рис. 1.15. Конструкция центров:

а - обыкновенный, б - рифленный, в - с выточкой, г - вращающийся

центра. Во избежание износа применяют вращающиеся центры (рис. 1.15, г).

Наиболее часто детали типа валов обрабатывают в центрах (рис. 1.16), при этом на торцовых поверхностях заготовки делают центровые отверстия. При установке заготовки на станок в центровые отверстия вводят передний 1 и задний 2 центры. Для передачи заготовки вращения служит поводковый патрон 3 и хомутик 4, закрепляемый винтом 5 на конце заготовки. Свободный конец хомутика входит в контакт с вращающимся пальцем поводкового патрона и вращает деталь.

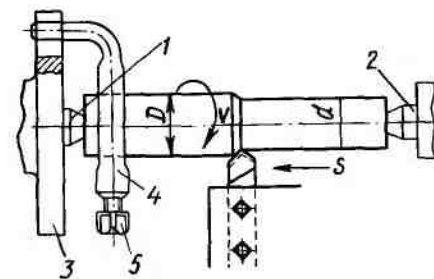


Рис. 1.16. Установка заготовки в центрах:

1, 2 — передний и задний центры, 3 — поводковый патрон, 4 — хомутик

1.17. ПОВОДКОВЫЕ УСТРОЙСТВА

Для обработки заготовок с небольшими усилиями резания используют поводковые устройства. Для обработки заготовок с центровыми отверстиями применяют поводки с плавающим центром. В корпусе рифленого поводка расположен подвижный центр.

Движение от поводка к заготовке передается благодаря рифлениям на поводке.

Для легких токарных работ применяют также самозажимающиеся хомутики.

После установки хомутика на вал кулачок хомутика, упираясь в поводок патрона, зажимает вал, передавая ему вращение от шпинделя.

Для тяжелых токарных работ используют эксцентриковые патроны, в которых в качестве зажимных устройств используют два или три эксцентрика. Последние, проворачиваясь от сил трения между кулачком и заготовкой, заклинивают ее, сообщая заготовке вращательное движение от шпинделя станка. В таких патронах усилие зажима прямо пропорционально усилиям резания.

В качестве поводковых устройств применяют также роликовые самозажимные патроны. После установки заготовки в таком патроне обойма с тремя роликами поворачивается и заклинивает заготовку между роликами. Роликовые патроны применяют для закрепления заготовок диаметром 40—60 мм. Недостатком такого патрона является образование вмятин на закрепляемой заготовке.

1.18. УПОРЫ И ИХ НАЗНАЧЕНИЕ

Продольное перемещение резца при обработке больших партий деталей ограничивают продольными упорами, устанавливаемыми на станине станка. Выбор схемы и конструкции устройства для ограничения хода подвижных частей станка зависит от назначения этого устройства и от требуемой точности ограничения хода. Ограничители хода или упоры делятся на предельные и размерные.

Первые устанавливают с таким расчетом, чтобы движущаяся часть станка не доходила до опасного конечного положения на 3—4 мм.

Размерные (технологические) ограничители хода (упоры) должны точно ограничивать ход, так как от этого зависит точность размеров изготавливаемой на станке детали. Для точного ограничения хода используют системы с жестким упором (рис. 1.17): на пути движения рабочего органа 2 установлен жесткий упор 1, дойдя до которого подвижная часть станка останавливается. Сопротивление дальнейшему движению вызывает перегрузку в кинематической цепи, которая снимается с помощью предохранительной муфты 3.

При обработке деталей последовательно несколькими инструментами используют плитки (различной длины) в сочетании с упорами. При этом для получения каждого последующего размера удаляют соответствующую плитку и продолжают обработку до контакта каретки станка со следующей плиткой, ограничивающей размер детали.

1.19. УСЛОВИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЮНЕТОВ

Чтобы предотвратить при обработке прогиб нежестких заготовок валов, применяют дополнительные опоры — подвижные и неподвижные люнеты. Подвижные люнеты крепят на каретке станка и перемещают вместе с режущим инструментом, обеспечивая постоянную жесткость заготовки в зоне ее обработки. Неподвижные люнеты крепят на станине станка или на каком-либо неподвижном его органе; эти люнеты увеличивают жесткость обрабатываемой заготовки, но не обеспечивают постоянной жесткости заготовки в зоне ее обработки. Различают люнеты

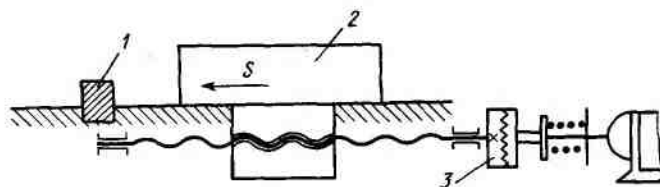


Рис. 1.17. Ограничение хода с помощью жесткого упора:
1 — упор, 2 — рабочий орган, 3 — предохранительная муфта

с двумя и тремя роликами, поддерживающими заготовку. По степени специализации люнеты делятся на универсальные с подвижными кулачками (для обработки деталей различного диаметра) и специальные (для обработки партии деталей одного размера или для поддержания приспособления, установленного на шпинделе станка с большим вылетом).

1.20. ВЫБОР ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОХОДНЫХ И ПОДРЕЗНЫХ РЕЗЦОВ И СПОСОБЫ ИХ УСТАНОВКИ

В понятие «геометрические элементы режущей части инструмента», как уже отмечалось, входят углы, формы передней поверхности и режущих кромок. Оптимальное значение геометрических элементов зависит от материала обрабатываемой заготовки и режущей части инструмента, типа инструмента и других конкретных условий обработки.

Наиболее простой формой передней поверхности является плоская форма с положительным передним углом. При такой форме не обеспечивается достаточно высокая прочность режущей кромки резца, а потому она может быть использована: 1) для резцов всех типов при обработке чугуна и медных сплавов; 2) для резцов из быстрорежущей стали при обработке сталей с подачами до 0,2 мм/об; 3) для фасонных резцов со сложным контуром режущей кромки.

При обработке твердосплавными резцами сталей с пределом прочности $\sigma_b > 1000$ МПа, отливок с коркой и при работе с ударами целесообразна плоская форма передней поверхности с отрицательным передним углом.

Главными факторами, определяющими оптимальную величину

1.1. Величины передних γ и задних α углов в зависимости от материала заготовки

Материал заготовки	Точение и подрезание резцами с пластинами					
	из твердых сплавов			из стали P18		
	черновое	чистовое	γ	черновое	чистовое	γ
Сталь с σ_b (в МПа):						
≤ 800	8	12	12—15	6	12	25
> 800	6	10	10	5	10	20
> 1000	6	10	10	—	—	—
Жаропрочные стали и сплавы	10	10	10	8	8	20
Чугун:						
серый	8	10	5	—	—	—
ковкий	6	8	8	—	—	—
Медные сплавы	—	—	—	8	12	12

ну переднего угла γ и заднего угла α для проходных и подрезных твердосплавных резцов, являются предел прочности σ_B обрабатываемой стали и твердость обрабатываемого чугуна (табл. 1.1).

Главный угол ϕ в плане уменьшается с увеличением прочности и твердости материала обрабатываемых заготовок. Величина ϕ зависит также от динамической жесткости системы: чем больше жесткость, тем меньше угол ϕ .

Глубина резания при обтачивании наружных цилиндрических поверхностей определяется припуском на обработку. Предпочтительнее вести обработку за один проход. Минимальное число проходов определяется мощностью станка, динамической жесткостью системы и требованиями, предъявляемыми к качеству обрабатываемой поверхности.

При черновом точении глубину резания назначают максимальной (0,7—0,8 припуска на обработку), а при чистовой обработке — в зависимости от требуемой точности и шероховатости поверхности.

Подача для конкретных условий — максимально возможная. Величина подачи при черновом точении (табл. 1.2) зависит от

1.2. Подачи при черновом точении стали твердосплавными резцами без дополнительной кромки

Сечение стержня резца, мм	Диаметр заготовки не более, мм	Подача, мм/об. при глубине резания не более, мм			
		3	5	8	12
16×25	40	0,4—0,5	0,3—0,4	—	—
	60	0,5—0,7	0,4—0,6	0,3—0,5	—
	100	0,6—0,9	0,5—0,7	0,5—0,6	0,4—0,5
20×30	40	0,4—0,5	0,3—0,4	—	—
	60	0,6—0,7	0,5—0,7	0,4—0,6	—

1.3. Подача при чистовом точении твердосплавными и быстрорежущими резцами

Шероховатость, Ra, мкм	Обрабатываемый материал	Подачи, мм/об. при радиусе при вершине резца, мм		
		0,5	1,0	2,0
10	Сталь Чугун и медные сплавы	0,40—0,55	0,55—0,65	0,65—0,70
		0,25—0,40	0,40—0,50	0,50
5	Сталь Чугун и медные сплавы	0,20—0,30	0,30—0,45	0,35—0,50
		0,15—0,25	0,20—0,40	0,35—0,50
2,5	Сталь Чугун и медные сплавы	0,11—0,18	0,14—0,24	0,18—0,32
		0,10—0,14	0,12—0,20	0,20—0,35

1.4. Скорость резания при черновом точении углеродистой, хромистой, хромоникелевой сталей твердосплавными резцами

Глубина резания, мм	Скорость резания, м/мин, при подаче, мм/об						Глубина резания, мм	Скорость резания, м/мин, при подаче, мм/об					
	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2		0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
3	198	166	157	140	127	—	6	178	150	141	126	113	112
4	190	160	150	134	122	117	8	—	144	131	121	110	105

обрабатываемого материала, динамической жесткости системы, размера заготовки и глубины резания (определяющих стойкость инструмента и прочность режущей кромки), а при полустовом и чистовом точении (табл. 1.3) — от шероховатости поверхности.

Скорость резания, допускаемая инструментом, определяется стойкостью резца, глубиной резания, подачей, твердостью обрабатываемого материала и рядом других факторов. Средняя стойкость резца обычно принимается равной 30—90 мин.

Значения скорости резания в зависимости от материала режущей части резца, вида обработки, глубины резания и подачи приведены в табл. 1.4 и 1.5.

При черновом точении резец устанавливают выше центра заготовки; при обдирке твердых материалов — ниже центра заготовки (чтобы избежать заедания резца вследствие прогиба под действием большой силы резания); при обдирке тонких длинных заготовок — по центру заготовки (во избежание заедания резца, вследствие того, что заготовка пружинит).

При чистовом точении резец всегда устанавливают по центру заготовки (или немного ниже).

1.21. ПОДРЕЗАНИЕ УСТУПОВ, ОБРАБОТКА ТОРЦОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Торцовые поверхности обрабатывают при поперечной подаче резца, осуществляемой на токарном станке движением поперечного суппорта. Применяемые резцы: подрезной или проходной с отогнутой режущей частью. Поперечная подача может производиться как от центра заготовки к периферии (рис. 1.18, а), так и от периферии к центру (рис. 1.18, б).

1.5. Скорость резания при чистовом точении углеродистой, хромистой, хромоникелевой сталей твердосплавными резцами

Глубина резания, мм	Скорость резания, м/мин, при подаче, мм/об				
	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50
1,0	270	235	222	—	—
1,5	253	220	208	199	—
2,0	244	211	199	176	166

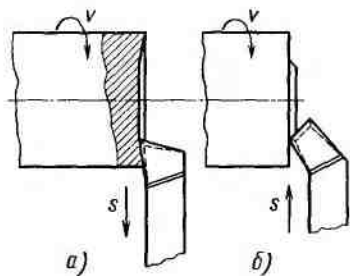


Рис. 1.18. Обработка торцовых поверхностей:

a — подрезным резцом; *б* — проходным резцом

или канавочными резцами, установленными на поперечном суппорте (после обработки всех цилиндрических участков заготовки).

Уступы можно обрабатывать также подрезным резцом, главный угол в плане у которого равен 90° или несколько больше; при этом поперечную подачу осуществляют от центра к периферии заготовки.

Уступы малого размера можно обрабатывать и подрезным резцом (с $\varphi = 90^\circ$) при его продольной подаче.

Для получения необходимой плоскостности торцовых поверхностей необходимо, чтобы направление поперечной подачи было строго перпендикулярно направлению осей центров, в которых установлена заготовка; при продольной подаче необходимо, чтобы главный угол в плане подрезного резца, равный 90° , был выполнен с высокой точностью.

1.22. ТОЧЕНИЕ КАНАВОК И ОТРЕЗАНИЕ

При изготовлении ступенчатых валов и ряда других деталей в местах перехода одной ступени в другую протачивают специальные канавки для выхода шлифовального круга при шлифовании меньшей ступени или для выхода резца при нарезании на меньшей ступени наружной резьбы.

Эти канавки имеют стандартные размеры, зависящие от назначения и диаметра ступени вала.

Канавки для выхода шлифовального круга в зависимости от того, какая поверхность ступени вала шлифуется, делятся на три вида: 1) для выхода круга при шлифовании ступени по цилиндрической поверхности (рис. 1.19, *a*); 2) для выхода круга при шлифовании ступени по торцу (рис. 1.19, *б*); 3) для выхода круга при шлифовании по цилиндру и торцу (рис. 1.19, *в*).

Канавки для выхода шлифовального круга прорезают специальными канавочными фасонными резцами, закрепленными в резцедержателе.

Торцовые поверхности деталей малого диаметра можно обрабатывать, используя продольную подачу широкого резца, длина режущей кромки которого больше радиуса обрабатываемой заготовки.

При обработке торцовых поверхностей заготовку крепят в трехкулачковых патронах (детали типа диска), в центрах (задний центр — срезанный), в разжимных оправках (при наличии у заготовки центрального отверстия) и т. д.

Уступы ступенчатых валов, как правило, обрабатывают прорезными

Канавки первого вида обрабатывают с поперечной подачей (рис. 1.20, *a*), канавки второго вида — с продольной подачей (рис. 1.20, *б*), канавки третьего вида — с одновременной поперечной и продольной подачами (рис. 1.20, *в*).

Нередко при токарной обработке необходимо отрезать часть прутка или готовую деталь от остальной части прутка или заготовки, закрепленной в патроне токарного станка.

Отрезку осуществляют отрезными резцами, которые работают в условиях, неблагоприятных для протекания процесса стружкообразования.

Малые углы при вершине в плане и незначительные размеры сечения головки отрезных резцов обуславливают плохой теплоотвод. Особенно высокие тепловые нагрузки действуют на вершины резца, что приводит к их повышенному износу и, следовательно, к значительному уменьшению скорости резания по сравнению со скоростью резания при продольном точении.

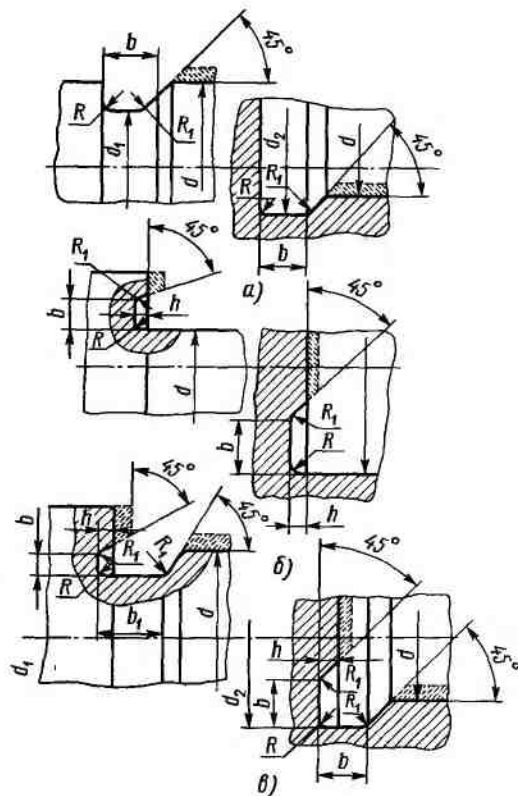


Рис. 1.19. Виды специальных канавок

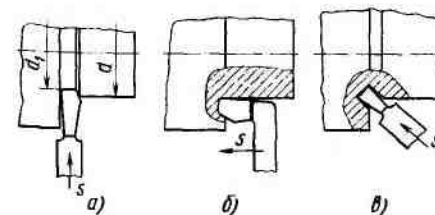


Рис. 1.20. Точение специальных канавок на валах:

a — с поперечной подачей, *б* — с продольной подачей, *в* — с одновременными поперечной и продольной подачами

Для упрочения отрезного резца он выполняется с переходной режущей кромкой. Процесс отрезания заготовки производится с поперечной подачей резца.

При отрезании следует обязательно применять СОЖ, способствующие повышению стойкости резцов, облегчению выхода стружки из канавки и снижению сил резания.

1.23. ФОРМА И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОРЕЗНЫХ И ОТРЕЗНЫХ РЕЗЦОВ

У пререзных и отрезных резцов угол $\varphi = 80 \div 90^\circ$. При $\varphi = 90^\circ$ (рис. 1.21, а) в процессе отрезания правой части заготовки она может отломиться в тот момент, когда резец еще не дошел до центра. В результате на отрезанной части останется бобышка, которую затем необходимо удалить, например, с помощью шлифовального круга. При этом на левой части заготовки может образоваться раковина, которую также необходимо дополнительно обработать. При $\varphi < 90^\circ$ (рис. 1.21, б) бобышка на отрезаемой части отсутствует, а бобышка, оставшаяся на левой части заготовки, срезается при дальнейшем движении резца.

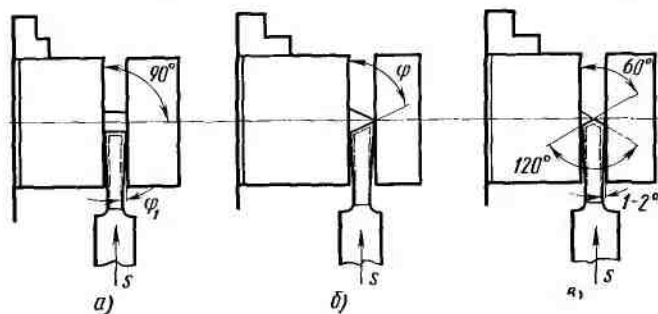


Рис. 1.21. Конструкция отрезных и пререзных резцов

Для повышения производительности обработки применяют отрезные твердосплавные резцы с двумя симметрично расположенными режущими кромками, имеющими угол $\varphi = 60 \div 70^\circ$ (рис. 1.21, в); из-за большой массы металла у вершин резца и более длинной режущей кромки термодинамическая нагрузка на единицу длины режущей кромки для таких резцов меньше, чем для резцов с $\varphi = 90^\circ$, а износостойкость и допустимая скорость резания выше.

1.24. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ДЕФЕКТОВ НАРУЖНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ И ТОРЦОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Комплексным показателем отклонения формы цилиндрических деталей является отклонение от цилиндричности. Однако ввиду отсутствия приборов, контролирующих этот параметр, на практике используют такие показатели, как отклонение от круглости и отклонение профиля продольного сечения цилиндрической поверхности.

Основными видами отклонений от круглости являются овальность (рис. 1.22, а) и огранка (рис. 1.22, б).

Различают следующие виды отклонений профиля в продоль-

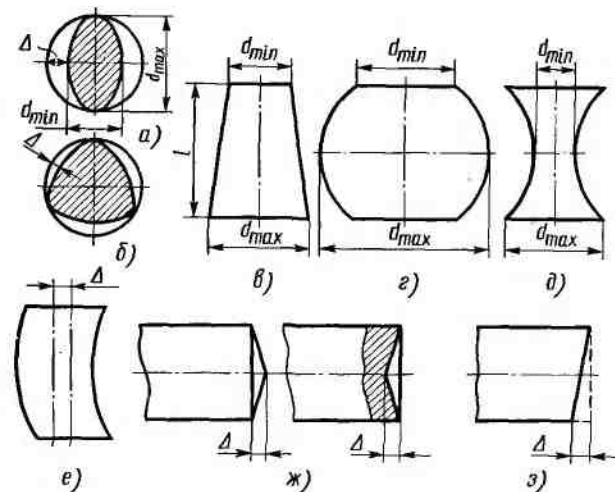


Рис. 1.22. Основные виды дефектов наружных цилиндрических и торцовых поверхностей:

а — овальность, б — огранка, в — конусность, г — бочкообразность, д — седлообразность, е — отклонение от прямолинейности оси в пространстве, ж — выпуклость и вогнутость, з — неперпендикулярность торца к оси цилиндрической поверхности.

ном сечении: конусообразность (рис. 1.22, в); бочкообразность (рис. 1.22, г); седлообразность (рис. 1.22, д); отклонение от прямолинейности оси цилиндра в пространстве (рис. 1.22, е).

Дефекты расположения и формы торцовой поверхности следующие: неплоскость (выпуклость и вогнутость, рис. 1.22, ж), неперпендикулярность торца к оси цилиндра (рис. 1.22, з).

Все виды дефектов цилиндрических и торцовых поверхностей обусловлены наличием случайных и систематических погрешностей динамической системы станка, на котором обрабатывают детали.

1.25. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ОБРАБОТАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Отклонения от круглости измеряют на специальных приборах, называемых кругломерами. Принцип их работы заключается в воспроизведении прибором идеальной окружности и ее сравнении с реальным профилем измеряемого изделия. По способу воспроизведения идеальной окружности кругломеры бывают двух видов: с вращающимся измерительным наконечником и с вращающейся проверяемой деталью.

Отклонения профиля продольного сечения цилиндрических поверхностей контролируют, как правило, различными индикаторами часового типа. При этом деталь устанавливают на специальное приспособление в центрах. Во время контроля деталь вращается в центрах, а индикаторы перемещают вдоль оси детали.

1.26. МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОТВЕРСТИЙ

В зависимости от способа обработки различают следующие виды отверстий.

1. Крепежные отверстия. Точность обработки 11—12 качества. Изготавливают, как правило, сверлением на одно- или многошпиндельных сверлильных станках.

2. Ступенчатые или гладкие отверстия в деталях типа тел вращения. Изготавливают на токарных станках сверлением, растачиванием, зенкерованием и развертыванием.

3. Ответственные отверстия в корпусных деталях. Точность обработки 7 качества и выше. Изготавливают на различных универсальных или специальных станках.

4. Глубокие отверстия с отношением длины к диаметру больше 5, например отверстия шпинделей металлорежущих станков и др. (изготавливают на специальных станках).

5. Конические и фасонные отверстия. Изготавливают, используя инструмент с коническими или криволинейными режущими кромками или растачиванием методом копирования.

6. Профильные отверстия (некруглого сечения). Изготавливают протягиванием, прошиванием или долблением.

Сверление — основной технологический способ образования отверстий в сплошном металле обрабатываемой заготовки. Сверлением могут быть получены как сквозные, так и глухие отверстия. При сверлении используют стандартные сверла, имеющие две режущие кромки.

Просверленные отверстия не имеют правильной формы: их поперечные сечения имеют форму овала, а продольные — конусность. Точность отверстий, полученных сверлением, в пределах 12—14-го качества.

Зенкерование — технологический способ обработки предварительно просверленных отверстий или отверстий, изготовленных литьем или штамповкой. Точность отверстий при зенкерование в пределах 10—11-го качества. Зенкерование осуществляется инструментом — зенкером. Стандартные зенкеры имеют от трех до восьми зубьев.

Глубина резания при зенкерование ориентировочно определяется из соотношения $t_z = (0,05 \div 0,1) d_z$, где d_z — диаметр зенкера.

Развертывание — технологический способ окончательной обработки просверленных и зенкерованных отверстий в целях получения точных по форме и диаметру цилиндрических и конических отверстий (6—9-й качество точности) с малой шероховатостью ($Ra = 0,32 \div 1,25$ мкм). В качестве инструмента используют развертки, имеющие четное число режущих кромок. Число режущих кромок определяется по формуле $z_p = 1,5\sqrt{d_p} + (2 \div 4)$, где d_p — диаметр развертки. Глубина резания при развертывании 0,1—0,4 мм.

1.27. СВЕРЛЕНИЕ И РАССВЕРЛИВАНИЕ

В настоящее время стандартизованы следующие основные типы сверл: 1) из углеродистых и быстрорежущих сталей, с цилиндрическим и коническим хвостовиком, короткие, нормальные, длинные; 2) твердосплавные, с цилиндрическим и коническим хвостовиком; 3) центровочные.

В зависимости от вида обработки различают также сверла для глубоких отверстий, однокромочные, для кольцевого сверления, с подводом охлаждающей жидкости, перовые и т. д.; эти сверла являются специальными и используются крайне редко.

Движение резания при сверлении — вращение сверла или заготовки, движение подачи — поступательное перемещение сверла или заготовки по направлению оси сверла. На обычных сверлильных станках сверло, закрепленное в шпинделе станка, вращается и одновременно перемещается в осевом направлении. Режущую часть сверл изготавливают из инструментальных и быстрорежущих сталей и твердых сплавов.

Спиральные сверла состоят из режущей части, рабочей части, шейки и хвостовика (см. рис. 1.7). Сверла малого и среднего диаметра имеют цилиндрический хвостовик, с помощью которого их устанавливают в специальный патрон, закрепленный на шпинделе сверлильного станка. Сверла большого диаметра имеют обычно конический хвостовик, с помощью которого их крепят в коническом отверстии шпинделя станка.

В зависимости от твердости материала заготовки угол при вершине сверла $2\varphi = 60 \div 150^\circ$. Чем тверже металл заготовки, тем больше φ . При заточивании величину угла 2φ при вершине контролируют специальными шаблонами. При обработке стали $2\varphi = 116^\circ \div 118^\circ$, при обработке бронзы и латуни $2\varphi = 125 \div 130^\circ$.

Скорость резания для различных точек режущей кромки сверла различна: на периферии сверла она наибольшая, по мере приближения к оси сверла уменьшается и в центре равна нулю. Наибольшая скорость резания, м/мин:

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

где D — диаметр сверла, мм; n — частота вращения сверла, об/мин.

Подача — перемещение сверла вдоль оси за один его оборот (или за один оборот заготовки, если она вращается). Различают следующие виды подачи: S_0 — на один оборот сверла, мм/об; S — минутная подача, мм/мин и S_z — подача на одну режущую кромку, мм/зуб.

Эти виды подач связаны между собой соотношениями:

$$S_z = S_0/2; \quad S = S_0 n.$$

Глубина резания при сверлении, мм: $t = D/2$; при рассверливании $t = (D - D_0)/2$, где D — диаметр сверла, мм; D_0 — диаметр ранее просверленного отверстия, мм.

1.28. ЗЕНКЕРОВАНИЕ ОТВЕРСТИЙ

Для увеличения диаметра просверленных отверстий, а также для обработки отверстий, полученных литьем или штамповкой, применяют зенкеры — цельные или насадные.

Насадные зенкеры, применяемые для обработки отверстий диаметром 32—1000 мм, имеют четыре винтовые канавки и, следовательно, четыре режущие кромки. Насадной зенкер не имеет хвостовика и крепится в пиноли задней бабки станка с помощью оправки, на которую он насажен. Во избежание проворота зенкера (во время работы) на оправке последнюю изготавливают с двумя выступами, входящими в соответствующие пазы зенкера. Подачи при зенкеровании выше, чем при сверлении, поскольку зенкер прочнее сверла того же диаметра. Поскольку число режущих кромок у зенкера больше числа режущих кромок и сверла, стружка, снимаемая каждой его кромкой, тоньше, в результате чего шероховатость обработанной поверхности уменьшается. Получаемая при зенкеровании точность обработки соответствует 11-му квалитету.

Зуб зенкера имеет три лезвия (см. рис. 1.8): главное ($a - b$); переходное ($b - c$) и вспомогательное ($c - d$).

В большинстве случаев зенкеры изготавливают с тремя или четырьмя зубьями, снабженными направляющими цилиндрическими фасками шириной 0,8—1,2 мм и обратным конусом 1—2°.

Передний угол $\gamma = 0 \div 30^\circ$ в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала и материала режущей части зенкера. Задний угол $\alpha = 8 \div 10^\circ$. Угол наклона винтовой канавки $\omega = 10 \div 30^\circ$ (чем тверже обрабатываемый материал, тем ω меньше). Главный угол в плане для быстрорежущих зенкеров $\phi = 45 \div 60^\circ$, для твердосплавных зенкеров $\phi = 60 \div 75^\circ$. Угол наклона режущей кромки $\lambda = 5 \div 15^\circ$.

За критерий стойкости зенкеров из инструментальной стали при обработке принимают износ по задней поверхности $h_z = 1,2 \div 1,5$ мм; при обработке чугунов — износ по уголкам $h_y = 0,8 \div 1,5$ мм.

Для твердосплавных зенкеров при обработке незакаленной стали и чугуна с охлаждением $h_z = 1,0 \div 1,6$ мм; при обработке закаленной стали $h_z = 0,7$ мм.

Период стойкости зенкеров 15—80 мин в зависимости от диаметра зенкера.

Для твердосплавных зенкеров скорость резания зависит от свойств обрабатываемого материала. При обработке закаленной стали с охлаждением скорость резания 40—150 м/мин, при обработке чугуна без охлаждения 50—175 м/мин.

1.29. РАЗВЕРТЫВАНИЕ ОТВЕРСТИЙ

Отверстия диаметром до 10 мм развертывают после сверления, а свыше 10 мм — после сверления и зенкерования. Перед развертыванием необходимо тщательно обработать торцовую поверхность детали, чтобы развертка вошла в отверстие без перекоса. При развертывании отверстий, имеющих шпоночные и другие пазы, расположенные вдоль оси отверстия, необходимо пользоваться развертками с винтовыми канавками, так как винтовые зубья перекрывают канавку и развертку не заклинивает в отверстие.

При правом вращении шпинделя станка зубья развертки должны быть левыми, чтобы развертка не втягивалась в отверстие давлением стружки.

При развертывании большое число зубьев одновременно участвует в резании. Развертывание характеризуется небольшой глубиной резания ($t = 0,05 \div 0,3$ мм), что способствует малой шероховатости и высокому качеству обработки.

Развертка имеет заборную часть длиной l и калибрующую часть длиной l_1 (см. рис. 1.9, а). Калибрующей частью длиной l_2 служит для направления развертки при работе, а также как резерв при переточке. Калибрующей частью длиной l_3 затачивают на конус, чтобы уменьшить трение и предотвратить увеличение диаметра отверстия из-за биения развертки; разность диаметров конуса 0,03—0,05 мм.

Основную работу при развертывании выполняет заборная часть развертки. Главный угол в плане для ручных разверток $\phi = 0,5 \div 1,5^\circ$, для машинных $\phi = 15^\circ$; при обработке чугунных заготовок $\phi = 5^\circ$; для твердосплавных разверток $\phi = 30 \div 45^\circ$.

Передние γ и задние α углы выбирают в зависимости от материала заготовки и материала режущей части развертки. Для разверток из инструментальной стали $\gamma = 1 \div 10^\circ$, для твердосплавных разверток $\gamma = 0 \div 15^\circ$. Задний угол $\alpha = 6 \div 12^\circ$; чем тверже обрабатываемый материал, тем α меньше.

На калибрующей части развертки имеется цилиндрическая фаска шириной 0,05—0,25 мм. Чем больше диаметр развертки, тем фаска шире. Вспомогательный задний угол $\alpha' = 10 \div 20^\circ$. Для лучшего отвода стружки, что особенно важно при обработке вязких материалов, развертки изготавливают с наклонными зубьями. При обработке сквозных отверстий движение стружки должно быть направлено вперед, что достигается левым наклоном зубьев (см. рис. 1.9, б). Угол наклона зубьев $\omega = 10 \div 45^\circ$, чем тверже обрабатываемый материал, тем угол меньше.

Развертка служит для окончательной обработки отверстий высокой точности, поэтому мерой ее стойкости служит технологический критерий, при котором обработанное отверстие перестает отвечать необходимым требованиям. Развертка срезает слои металла малой толщины, поэтому она изнашивается в основном по задней поверхности.

Максимальная величина износа для развертки из инструментальной стали $h_3 = 0,3 \div 0,8$ мм, для твердосплавных разверток $h_3 = 0,2 \div 0,7$ мм.

Средний период стойкости разверток, соответствующий технологическому критерию, составляет 20—90 мин при обработке стали и 40—150 мин при обработке чугуна. Развертки больших размеров имеют больший период стойкости.

Для твердосплавных разверток диаметром 10—80 мм скорость резания зависит от свойств обрабатываемого материала, глубины резания и подачи и составляет 10—15 м/мин при обработке незакаленной стали с охлаждением и 10—18 м/мин при обработке чугуна без охлаждения.

1.30. РАСТАЧИВАНИЕ ОТВЕРСТИЙ

При обработке внутренних цилиндрических поверхностей больших диаметров осуществляют растачивание на токарных станках. В этом случае деталь крепят в трехкулачковом патроне и поддерживают люнетом. Обработку как сквозных, так и глухих отверстий осуществляют расточными резцами.

При растачивании резец находится в более тяжелых условиях, чем при наружном продольном точении, что обусловлено следующим: вершина расточного резца работает с наибольшей скоростью резания; затруднен подвод СОЖ, что ухудшает теплоотвод; затруднено удаление стружки из зоны резания. Помимо этого, расточный резец, имеющий по сравнению с проходным резцом меньшее сечение державки и большой вылет, является менее жестким, что и вызывает прогиб резца и вибрации. Поэтому при растачивании обычно снимается стружка меньшего сечения и снижается скорость резания. Чем меньше диаметр растачиваемого отверстия, тем больше поверхность соприкосновения резца с заготовкой, тем больше износ по задней поверхности за одно и то же время и тем меньшая скорость резания допускается для расточного резца по сравнению с проходным резцом. При растачивании отверстий диаметром до 75 мм скорость снижается на 20 %, до 150 мм — на 10 % и только при растачивании отверстий диаметром свыше 250 мм скорость резания будет та же, что и при наружном точении.

При черновом растачивании отверстий резец устанавливают по центру детали или ниже центра на 1—1,5 мм, что приводит к увеличению переднего угла γ . При этом улучшаются условия резания, уменьшается степень усадки стружки и возможность возникновения вибраций.

При чистовом растачивании резец устанавливают выше (на 0,5—1 мм) или на высоте центра детали.

Пропуски на чистовое растачивание в зависимости от диаметра растачиваемого отверстия приведены ниже.

Диаметр отверстия, мм	18—30	30—50	50—80	80—100	100—200
Припуск на диаметр, мм	0,7	1,0	1,2	1,5	2,0

1.31. ВЫТАЧИВАНИЕ КАНАВОК В ОТВЕРСТИЯХ

Эту операцию осуществляют прорезными расточными резцами при наличии поперечной подачи. Канавки в отверстиях вытачивают после предварительной и окончательной обработки отверстия. Чем меньше диаметр отверстия, где прорезается канавка, тем меньше скорость резания. Чтобы определить скорость резания при вытачивании канавок в отверстиях, необходимо скорость резания при обработке канавок на наружной поверхности умножить на коэффициент K_v , значения которого в зависимости от обрабатываемого диаметра D приведены ниже.

D , мм	До 75	75—150	150—250	Св. 250
K_v	0,8	0,9	0,95	1,0

1.32. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ДЕФЕКТОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОТВЕРСТИЙ И МЕРЫ ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ

При обработке цилиндрических отверстий возникают, как правило, те же дефекты, что и при обработке наружных цилиндрических поверхностей: отклонение от круглости (овальность, огранка); отклонения в продольном сечении (конусообразность, бочкообразность, седлообразность); отклонение от прямолинейности оси отверстия (см. рис. 1.22). Возникают также погрешности от закрепления тонкостенных заготовок в трехкулачковых патронах.

При развертывании точных отверстий с горизонтально расположенной осью из-за повышенного давления на режущие кромки, вызванного весом развертки и качающейся оправки, возникает овальность отверстия. При развертывании выделяется большое количество теплоты, что приводит к нагреву детали и, как следствие, к конусности обрабатываемого отверстия.

При растачивании отверстия консольной оправкой вылет инструмента непрерывно увеличивается и, следовательно, увеличивается упругое перемещение (отжатие) инструмента. Кроме того, при большом вылете возможно провисание инструмента и шпинделя. Все это приводит к появлению погрешностей формы и размера обрабатываемого отверстия.

Растачивание консольной оправкой с подачей продольным суппортом уменьшает погрешности обработки отверстия. Однако погрешности могут возникнуть вследствие непрямолинейности перемещения каретки станка по направляющим, что приведет к искажению направления оси отверстия.

1.33. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОТВЕРСТИЙ

Цилиндрические отверстия контролируют предельными калибрами — пробками (в серийном и массовом производстве) и универсальными измерительными инструментами — штангенцирку-

лем, штихмасом, индикаторным нутромером (в одиночном и мелкосерийном производстве). Измерительные средства имеют с проверяемой деталью точечный (штихмас), линейный (пробки и штангенциркули) и поверхностный контакт. Для контроля отверстий диаметром до 100 мм рекомендуется применять полные пробки и штангенциркули, для контроля отверстий диаметром до 250 мм — неполные пробки и штангенциркули, для контроля отверстий диаметром свыше 250 мм — штихмасы и нутромеры. Когда техническими условиями оговорены овальность, конусность, бочкообразность или другие отклонения от правильной геометрической формы отверстия, то для контроля применяют различные универсальные инструменты и приборы.

В производстве с большим объемом выпуска используют приспособления для одновременной проверки диаметров всех обработанных отверстий с помощью пневматических или пневмоэлектрических приборов.

1.34. ТРЕБОВАНИЯ К БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА

При работе на токарном станке необходимо соблюдать требования по технике безопасности. Рабочий-станочник должен быть одет в специальную одежду (халат или комбинезон). На голове должен быть берет или косынка. Для защиты глаз от летящей стружки и СОЖ необходимо пользоваться защитными очками. Станок должен быть заземлен, оснащен защитным щитком. Для удаления стружки из зоны резания необходимо пользоваться специальным крючком. Рабочий во время работы на станке должен стоять на специальной деревянной подставке. Во избежание травм необходимо пользоваться исправным режущим и измерительным инструментом.

Контрольные вопросы

1. Основные типы и узлы токарных станков.
2. Основные виды токарной обработки.
3. Элементы режимов резания при точении.
4. Классификация и элементы токарных резцов.
5. Классификация и элементы сверл, зенкеров и разверток.
6. Методы обработки точением наружных и внутренних цилиндрических поверхностей.
7. Основные виды дефектов наружных и внутренних цилиндрических поверхностей.
8. Сверление.
9. Зенкерование.
10. Развертывание.

НАРЕЗАНИЕ КРЕПЕЖНЫХ РЕЗЬБ

2.1. ТИПОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ С РЕЗЬБОЙ. ВИДЫ И ПРОФИЛИ РЕЗЬБ

В современном машиностроении весьма большое значение имеют резьбовые соединения.

Резьбы классифицируются по многим признакам: виду профиля винтовой поверхности; форме поверхности, на которой образованы резьбы; числу заходов; направлению винтовой линии и т. п. По профилю винтовой поверхности резьбы разделяются на треугольные, трапециевидные, упорные, круглые и др. По форме поверхностей, на которых образована резьба, они делятся на цилиндрические и конические. По числу заходов различают однозаходные и многозаходные (двухзаходные, трехзаходные и т. п.) резьбы.

В зависимости от направления винтовой линии резьбы делятся на правые и левые. У правой резьбы подъем резьбы происходит по часовой стрелке, а у левой — против часовой стрелки.

Резьбы применяются для разъемного соединения деталей машин (крепёжные резьбы), для точных перемещений в измерительных приборах и металлорежущих станках (преимущественно трапециевидные резьбы), для преобразования вращательного движения в прямолинейное (прямоугольные и трапециевидные резьбы), для герметических соединений трубопроводов (трубные, цилиндрические и конические резьбы). Эксплуатационные требования к резьбам зависят от назначения резьбовых соединений. Для крепёжных резьб общего применения главное значение имеют прочность соединений и сохранение плотности (нераскрытие) стыка в процессе длительной эксплуатации.

К крепёжной резьбе относится метрическая резьба, которая, в свою очередь, разделяется на резьбу с крупным и мелким шагом, а также дюймовая резьба.

Профиль метрической резьбы (рис. 2.1) имеет вид треугольника с углом при вершине 60° . Существуют шесть видов метрических резьб с различными величинами шага — основная и пять мелких.

Профиль дюймовой резьбы имеет угол при вершине 55° .

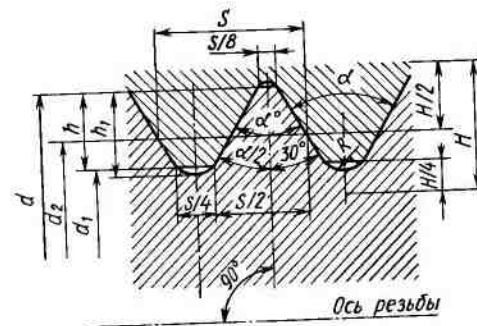


Рис. 2.1. Профиль метрической резьбы:
 d — наружный диаметр наружной резьбы, d_2 — средний диаметр резьбы, d_1 — внутренний диаметр резьбы, S — шаг резьбы, H — высота исходного контура, N — номинальный радиус закругления впадины, h_1 — высота профиля

Шаг метрических резьб измеряют в миллиметрах. Обозначение основной резьбы: буква М; диаметр резьбы; обозначение поля допуска диаметра резьбы по стандарту СЭВ. Обозначение резьбы с мелким шагом: буква М; диаметр резьбы; шаг резьбы через знак умножения; обозначение поля допуска диаметра резьбы по стандарту СЭВ.

Левая резьба обозначается буквами LH. Например, М20—7h6h означает: резьба на болте; метрическая с крупным шагом; наружный диаметр 20 мм; поле допуска среднего диаметра 7h; поле допуска наружного диаметра 6h; степень точности среднего диаметра 7; степень точности наружного диаметра 6; ряд основных отклонений h.

Рассматриваемые ниже стандартизованные определения параметров являются общими как для наружной, так и для внутренней резьбы.

Профиль резьбы — это контур сечения резьбы в плоскости, проходящей через ее ось.

Средний диаметр d_2 резьбы — диаметр воображаемого соосного с резьбой цилиндра, образующая которого пересекает профиль резьбы в точках, где ширина канавки равна половине номинального шага резьбы, а ширина выступа равна ширине впадины.

Наружный диаметр d резьбы — диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг вершин наружной резьбы или впадин внутренней резьбы. Этот диаметр для большинства резьб является номинальным.

Внутренний диаметр d_1 резьбы — диаметр воображаемого цилиндра, вписанного касательно к впадинам наружной резьбы или вершинам внутренней резьбы.

Шаг резьбы S — расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельном оси резьбы. У многозаходной резьбы различают термины «шаг» и «ход».

Ходом t резьбы называется расстояние между ближайшими одноименными сторонами профиля, принадлежащими одной и той же винтовой поверхности в направлении, параллельном оси резьбы.

В однозаходной резьбе $t = S$, а в многозаходной $t = Sn$, где n — число заходов резьбы.

Угол ψ подъема резьбы — угол между касательной, проведенной к винтовой линии, и плоскостью, перпендикулярной к оси резьбы.

Угол α профиля резьбы — угол между боковыми сторонами профиля. У симметричных резьб (метрические и дюймовые) каждая сторона профиля имеет угол наклона, равный $\alpha/2$.

Различают: высоту H исходного, образованного при продолжении боковых сторон до их пересечения; высоту h_1 профиля — расстояние между вершиной и впадиной профиля, измеренное перпендикулярно к оси резьбы; рабочую высоту h профиля —

высоту соприкосновения сторон профиля наружной и внутренней резьб.

Длина l свинчивания — длина соприкосновения винтовых поверхностей наружной и внутренней резьбы в осевом направлении.

Метрические резьбы общего назначения стандартизованы и изготавливаются диаметром от 1 до 600 мм и шагом от 0,2 до 6 мм.

В качестве примера на рис. 2.2 показаны типовые изделия с крепежной метрической резьбой: винты, шпильки, гайки, болты.

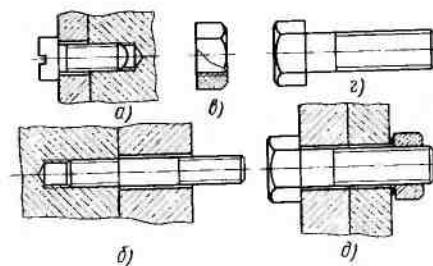


Рис. 2.2. Типовые изделия с крепежной резьбой:
а — винт, б — шпилька, в — гайка, г — болт, д — соединение болта с гайкой

2.2. МЕТОДЫ НАРЕЗАНИЯ КРЕПЕЖНОЙ РЕЗЬБЫ

На токарных станках наружную и внутреннюю резьбу нарезают резьбовыми резцами (круглыми и призматическими), а также метчиками и плашками.

При нарезании наружной резьбы плашками или внутренней резьбы метчиками заготовка, закрепляемая в патроне токарного станка, вращается и осуществляет движение резания.

Внутреннюю резьбу нарезают ручными метчиками, закрепленными в воротке.

Машинные метчики крепят (при помощи конического хвостовика) в пиноли задней бабки; при этом метчик осуществляет прямолинейное движение — движение резания.

Плашку (при нарезании наружной резьбы) вставляют в гнездо плашкодержателя или воротка. При использовании качающегося плашкодержателя неточность установки и несовпадение осей плашки и заготовки не влияют на точность резьбы. Плашкодержатели закрепляют в пиноли задней бабки.

В табл. 2.1 указаны номинальные размеры диаметров стержней и отверстий под нарезание резьбы метчиками и плашками.

2.3. КОНСТРУКЦИЯ РЕЗЬБОНАРЕЗНОГО ИНСТРУМЕНТА

Наружную резьбу нарезают плашками, резьбонарезными головками, резьбовыми резцами, гребенками, дисковыми и групповыми резьбовыми фрезами, одно- и многониточными шлифовальными кругами, а также получают накатыванием.

Круглые плашки, предназначенные для обработки резьбы высокой точности, изготавливают разрезными (с возможностью регулировки по диаметру) и неразрезными из инструментальных и быстрорежущих сталей.

2.1. Номинальные размеры диаметров стержней

Размеры диаметров стержней при нарезании наружной резьбы плашкой	4	5	6	8
	30	36	42	48
	100	110	125	140
Размеры диаметров отверстий при нарезании внутренней резьбы метчиком	3,24	4,13	4,92	6,65
	26,21	31,67	37,13	42,59
	93,51	103,51	118,51	133,51

На рис. 2.3, а приведена конструкция плашки. Элементы, обеспечивающие процесс резания: передний угол γ и угол λ ; режущие перья (ширина пера B , ширина просвета H_1); стружечные отверстия; заборный конус длиной l_1 и углом φ ; H — ширина плашки; число перьев z ; K — величина затылования заборной части; задний угол α . Элементы, связанные с размерами полочкаемой резьбы: диаметры резьбы (наружный, внутренний и средний); угол профиля, шаг резьбы. Элементы, обеспечивающие закрепление плашки на станке или в воротке: наружный диаметр D плашки; перемычки шириной e и e_1 ; паз для разжимного винта; гнезда для крепежных винтов; гнезда для регули-

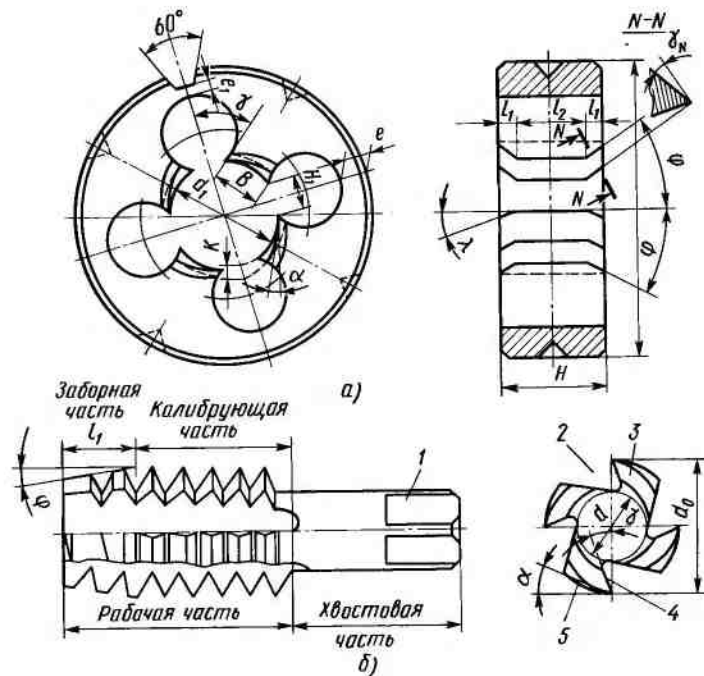


Рис. 2.3. Конструкция плашки (а) и метчика (б)

и отверстий при нарезании крепежной резьбы

Размеры диаметров стержней при нарезании наружной резьбы плашкой	10	12	16	20	24
	56	64	72	80	90
	160	180	200		
Размеры диаметров отверстий при нарезании внутренней резьбы метчиком	8,38	10,11	13,84	17,29	20,75
	50,05	57,51	65,51	73,51	83,51
	153,51	173,51	193,51		

ровочных винтов. Нарезание резьбы сопровождается отделением значительного количества стружки, поэтому стружечные отверстия должны быть большими.

Метчик (рис. 2.3, б) представляет собой винт, снабженный продольными прямыми или винтовыми канавками, образующими режущие кромки. Метчик работает при двух одновременных движениях: вращательном (метчика или заготовки) и поступательном (вдоль оси метчика). Метчики подразделяются на ручные, гаечные, машинные, плашечные, калибровочные, регулируемые и самооткрывающиеся.

Рабочая часть метчика, т. е. вся нарезанная часть, делится на режущую (заборную) и калибрующую. Заборной частью называется передняя конусная часть метчика, служащая для начального нарезания резьбы. Калибрующая часть служит для зачистки резьбы. Хвостовая часть представляет собой стержень для закрепления метчика в патроне или воротке; квадрат I служит для передачи крутящего момента.

К элементам, определяющим конструкцию метчика, относятся канавки 2 для размещения стружки, режущие перья 3, сердцевина. К геометрическим элементам относятся: передний угол γ ; задний угол α ; угол φ заборного конуса и угол ω наклона винтовых канавок.

Метчики изготавливают в основном с прямыми, а иногда с винтовыми канавками.

При нарезании резьбы вручную вся работа распределяется между двумя или тремя метчиками. Полный профиль резьбы имеет только чистовой метчик. Машинно-ручные метчики изготавливают как одинарными, так и в комплекте (из 2 шт.).

Круглые плашки затачивают по передней поверхности заборного конуса. Затачивание по передней поверхности осуществляют на специальных станках. Шлифовальный круг, вращающийся со скоростью 1500 об/мин, вводится в отверстие плашки и получает прямолинейное и возвратно-поступательное движение вверх и вниз вдоль оси шпинделя круга. При затачивании по задней поверхности 5 плашка, зажата в цанговый патрон, при вращении шпинделя станка совершает вместе с ним затыловочные движения благодаря сменному кулачку. На суппорте станка укреплен шпиндель

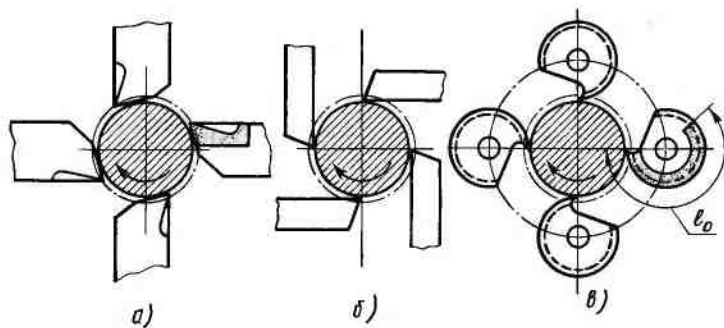


Рис. 2.4. Типы резьбонарезных головок:

а — с радиальным расположением гребенок, б — с тангенциальным расположением гребенок, в — с круглыми гребенками

с небольшим шлифовальным кругом, который подводится к плашке и затылует заднюю поверхность заборного конуса с установленной величиной K затылования.

Метчики затачивают по передней и задней поверхности заборного конуса. Для затачивания по передней поверхности метчик закрепляют в центрах и подводят к тарельчатому или дисковому кругу. Для обеспечения переднего угла α необходимо расположит торцовую поверхность круга относительно центров со смещением. Затачивание по заборной части производят на специальных станках или приспособлениях.

Нарезание наружной резьбы осуществляется резьбонарезными головками, что позволяет получить большую производительность и точность. В зависимости от расположения резьбонарезных гребенок различают следующие типы головок: с радиальным расположением гребенок (рис. 2.4, а) для точных резьб; с тангенциальным расположением гребенок (рис. 2.4, б) для менее точных резьб. По конструкции гребенок головки могут быть с круглыми (рис. 2.4, в) и плоскими гребенками (рис. 2.4, а и б). Методами пластической деформации получают наружную резьбу резьбонакатными плашками.

2.4. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ РЕЗЬБЫ

Контроль резьбы осуществляют, как правило, резьбовыми калибрами.

Рабочими калибрами для контроля внутренней резьбы являются резьбовые пробки: проходная ПР и непроходная НЕ. Если пробка ПР ввинчивается в гайку, значит средний диаметр резьбы не выходит за установленный наименьший предельный размер.

Если непроходная пробка НЕ не ввинчивается в гайку, значит, средний диаметр резьбы не больше установленного наибольшего предельного размера.

Наружную резьбу проверяют резьбовыми проходными и непроходными кольцами, а также резьбовыми скобами.

Для контроля рабочих калибров предусмотрены контрольные калибры в виде шести резьбовых пробок.

2.5. ТРЕБОВАНИЯ К БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА

При нарезании крепежной резьбы несчастные случаи происходят от неправильного и невнимательного обращения токаря с обрабатываемой деталью или инструментом, в частности с воротками или плашкодержателями, которые рабочий удерживает в руках в процессе нарезания резьбы.

Каждый рабочий станочник должен строго соблюдать следующие правила техники безопасности при нарезании резьбы на токарных станках.

1. Не приступать к новой работе до получения инструмента.
2. Надежно закреплять обрабатываемую деталь и режущий инструмент.
3. Во время работы не оставлять станок без надзора.
4. Не дотрагиваться до нарезаемой резьбы руками в процессе обработки при вращающейся заготовке.
5. Не удалять стружку во время работы станка руками.
6. Не измерять и не контролировать качество нарезаемой резьбы на ходу станка.
7. Не обтирать нарезаемую резьбу ветошью в процессе обработки.

Контрольные вопросы

1. Области применения крепежной резьбы.
2. Какая резьба называется крепежной?
3. Основные геометрические элементы крепежной резьбы.
4. Инструмент для нарезания крепежной резьбы.
5. Методы и средства контроля резьбы.

ГЛАВА 3

СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

3.1. ПОНЯТИЕ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ И ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПРОЦЕССАХ И ИХ ЭЛЕМЕНТАХ

Для превращения предметов природы в полезное для человека изделие служит *производственный процесс*. Производственный процесс включает все этапы, которые проходит предмет природы на пути превращения в изделие. Так, например, железная руда вначале добывается в шахтах, затем из нее получают чугун, сталь. Далее металл поступает на машиностроительный завод, где в процессе различных видов обработки превращается в гото-

вую деталь. Из деталей при помощи процесса сборки получается готовое изделие, полезное для человека.

Производственный процесс, осуществляемый на машиностроительном заводе, является частью производственного процесса и называется производственным процессом в машиностроении. Производственный процесс в машиностроении включает в себя получение заготовок, различные виды их обработки, контроль качества изготовленной детали или полуфабриката, транспортирование, хранение на складе, сборку из отдельных деталей машины, испытание машины, регулировку, окраску, отделку и упаковку.

Части производственного процесса, во время которых происходит изменение качественного состояния объекта производства (материала, заготовки, детали, машины), называется *технологическим процессом*.

Изменения качественного состояния касаются физических и химических свойств материала, форм, размеров деталей, их относительного расположения, качества поверхности деталей, внешнего вида объекта производства и т. д.

Технологический процесс изготовления машины или отдельной детали обычно делится на несколько частей.

Необходимость деления порождается двумя видами причин — физическими и экономическими. К физическим причинам относятся, например, такие, как невозможность одновременной обработки резанием всех поверхностей детали, расположенных на шести ее сторонах, невозможность физически осуществить при сборке монтаж отдельных узлов станка, пока не смонтирована станина, и т. п. По экономическим причинам целесообразно, например, спроектировать и изготовить специальный станок или установку для одновременной обработки всех поверхностей детали, имеющих различную форму, точность обработки и шероховатость поверхностей. Экономичнее разделить технологический процесс на несколько частей, во время которых обрабатываются поверхности схожей конфигурации, точности обработки и шероховатости.

При сборке большого количества машин по экономическим соображениям целесообразнее технологический процесс разделить на части, выполняемые на отдельных рабочих местах в одинаковые или кратные промежутки времени.

Законченную часть технологического процесса, выполняемую на отдельном рабочем месте одним или несколькими рабочими, принято называть *операцией*. Операция является основным элементом производственного планирования и учета.

Основными технологическими элементами, на которые делятся операции, являются переходы.

Применительно к обработке резанием *переход* представляет собой законченную часть операции при обработке каждой новой поверхности или сочетания поверхностей одним режущим инструментом.

Так, например, при получении точного отверстия в детали при помощи сверла, зенкера и развертки операция обработки отверстия делится на три перехода: сверление, зенкерование и развертывание.

Переходы, применительно к механической обработке детали, могут выполняться путем удаления слоя материала за один или несколько приемов одним и тем же инструментом. В первом случае говорят о переходе, выполняемом за один проход, а во втором — о переходе, выполняемом в несколько проходов.

Проходом называется законченная часть перехода, в результате которой с поверхности обрабатываемой детали или с сочетания поверхностей снимается один слой материала. В результате каждого прохода на детали получается новая поверхность или сочетание поверхностей.

Применительно к сборке под переходом понимается законченный процесс присоединения одной детали к другой с требуемой точностью.

Физический процесс установки заготовки (детали) в приспособлении на столе станка, на другом виде оборудования или на конвейере с требуемой точностью получил название установки. Этот процесс включается в операцию как один из составляющих ее переходов.

Для выполнения отдельных частей технологического процесса обрабатываемый или собираемый объект производства, установленный и закрепленный в приспособлении, должен занимать вместе с ним одно или ряд последовательных положений в пространстве. Каждое новое положение, занимаемое объектом производства, совместно с приспособлением, в котором объект установлен и закреплен, называется рабочей *позицией* или просто *позицией*. Позиция характеризуется сохранением неизменности положения объекта производства совместно с приспособлением относительно оборудования или рабочего места на время выполнения технологического процесса.

3.2. ПОНЯТИЕ О БАЗИРОВАНИИ И БАЗАХ

В процессе изготовления машины возникают задачи соединения с требуемой точностью двух и большего числа деталей. Такие задачи возникают при сборке и регулировке машины и ее механизмов, при обработке деталей на различных технологических системах, когда деталь необходимо установить и закрепить с заданной точностью на столе станка или в приспособлении.

Для решения поставленной задачи служат рассматриваемые основы базирования. Из теоретической механики известно, что каждое свободное твердое тело имеет шесть степеней свободы, относительно трех координатных взаимно перпендикулярных осей, X , Y , Z . Оно может перемещаться параллельно трем координатным осям и вращаться вокруг каждой из них. Таким образом, положение тела относительно выбранной системы координат

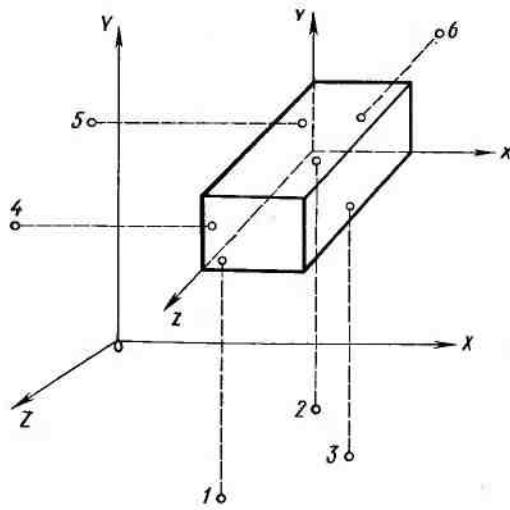


Рис. 3.1. Схема определения положения призматической детали относительно трех координатных осей

определяется шестью независимыми величинами, например шестью координатами. Каждая из этих координат лишает тело одной степени свободы.

Например, в случае призматической детали (рис. 3.1) задание трех координат, связывающих нижнюю часть детали XOZ с координатной плоскостью XOZ , определяет расстояния трех точек этой плоскости детали, лишая одновременно деталь трех степеней свободы: возможности перемещаться в направлении оси Y и вращаться вокруг осей, параллельных осям X и Z .

В общем случае координатная система любой детали может занимать любое положение.

Две координаты, определяющие положение детали, одновременно лишают ее возможности перемещаться в направлении оси X и вращаться вокруг оси, параллельной оси Y , т. е. лишают тело еще двух степеней свободы.

Шестая координата определяет положение детали относительно координатной плоскости XOY , лишая ее последней оставшейся степени свободы.

Положение цилиндрической детали относительно трех выбранных координатных плоскостей определяется также шестью координатами (рис. 3.2, а). Поскольку цилиндрическая поверхность образована вращением образующей прямой относительно оси, в качестве одной из осей координатной системы удобно взять ее ось, представляющую собой линию пересечения двух координатных плоскостей детали: YOZ и XOZ . Поэтому две координаты 1 и 2, связывающие точки цилиндрической детали с координатной плоскостью XOZ и расположенные на оси детали, лишают валик двух степеней свободы: возможности перемещаться параллельно оси Y и вращаться вокруг оси, параллельной оси X . Две координаты 3 и 4, связывающие точки, лежащие на плоскости YOZ с координатной плоскостью YOZ , лишают валик двух степеней свободы: возможности перемещения в направлении оси X и вращения вокруг оси Y .

Координата 5, соединяющая точку, расположенную на плоскости XOY в точке ее пересечения с осью детали, лишают валик пятой степени свободы: возможности перемещаться в направлении оси Z .

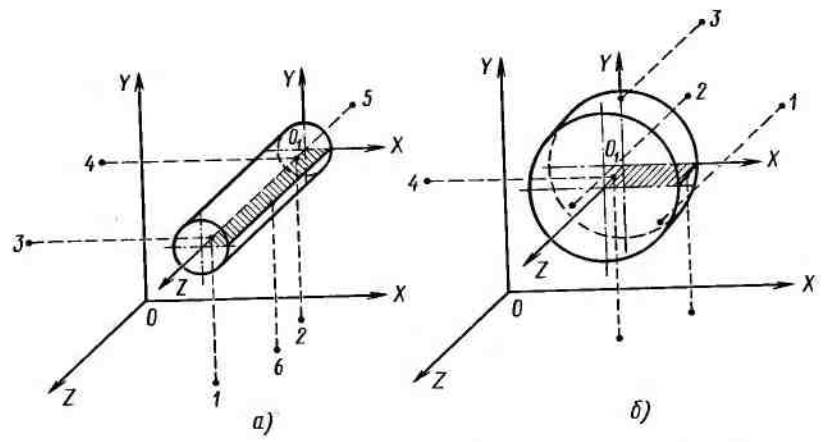


Рис. 3.2. Схема определения положения тел вращения относительно трех координатных плоскостей: а — валика, б — диска

Координата 6 связывает точку, лежащую на плоскости XOZ , с координатной плоскостью XOZ и лишают валик последней степени свободы — возможности вращения вокруг собственной оси, параллельной координатной оси Z .

С уменьшением длины валика и превращением его в диск расположение координат, лишаящих его шести степеней свободы, несколько меняется (рис. 3.2, б).

Таким образом, если в рассмотренных схемах (рис. 3.1 и 3.2) выбранные координатные оси X , Y и Z рассматривать принадлежащими одной из деталей, к которой присоединяется другая, и привести в соприкосновение с ними соответствующие поверхности присоединяемой детали, то шесть координат, определявших положение детали, превращаются в шесть опорных точек 1—6 (рис. 3.3).

Существует следующая классификация баз. По назначению: конструкторская база — используется для определения положения детали или сборочной единицы в изделии;

основная база — конструкторская база, принадлежащая данной детали или сборочной единице и используемая для определения ее положения в изделии;

вспомогательная база — конструкторская база

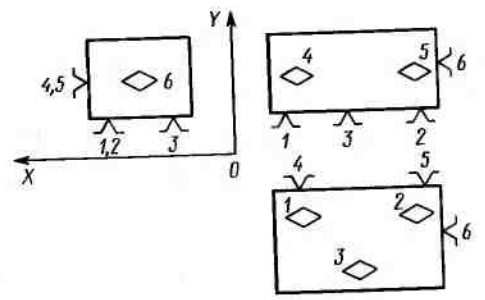


Рис. 3.3. Схема превращения координат в шесть опорных точек

за, принадлежащая данной детали или сборочной единице и используемая для определения положения присоединяемого к ним изделия;

технологическая база — используется для определения положения заготовки или изделия в процессе изготовления или ремонта;

измерительная база — используется для определения относительного положения заготовки или изделия и средств измерения.

По лишаемым степеням свободы:

установочная база — лишает заготовку или изделие трех степеней свободы — перемещения вдоль одной координатной оси и поворотов вокруг двух других осей (поверхность наибольшей площади);

направляющая база — лишает заготовку или изделия двух степеней свободы — перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг другой оси (поверхность наибольшей длины);

опорная база — лишает заготовку или изделие одной степени свободы — перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг оси (поверхность наименьшей площади);

двойная направляющая база — лишает заготовку или изделие четырех степеней свободы — перемещений вдоль двух координатных осей и поворотов вокруг этих осей;

двойная опорная база — лишает заготовку или изделие двух степеней свободы — перемещений вдоль двух координатных осей.

По характеру проявления:

скрытая база — база заготовки или изделия в виде воображаемой плоскости, оси или точки;

явная база — база заготовки или изделия в виде реальной поверхности, разметочной риски или точки пересечения рисок.

3.3. ОБЩИЕ И МЕЖПЕРЕХОДНЫЕ ПРИПУСКИ НА ОБРАБОТКУ

В тех случаях, когда заготовки обрабатывают на нескольких станках, для получения годных деталей необходим расчет межпереходных размеров и допусков.

Для расчета межпереходных размеров необходимо знать или рассчитать межпереходные припуски на обработку.

Припусками на обработку принято называть слой материала, удаляемый с поверхности, образующейся в результате обработки детали.

Припуск на обработку должен компенсировать:

погрешности установки заготовки или детали на станке, в приспособлении или на рабочем месте;

погрешности относительных поворотов поверхностей заготовок или обрабатываемых деталей, поступающих на данный переход;

погрешности формы поверхностей заготовок или деталей, если эти погрешности выходят за пределы допуска на размер;

погрешности поверхности заготовки, возникающие от следов

режущего инструмента, оставшихся от предшествующего перехода;

погрешности, связанные с дефектами слоя материала, подлежащего обработке.

3.4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Технологическая документация — комплекс текстовых и графических документов; определяющих в отдельности или в совокупности технологический процесс изготовления или ремонта изделия и содержащих необходимые данные для организации производства. Государственными стандартами установлена Единая система технологической документации (ЕСТД), являющаяся составной частью Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП).

Технологические документы подразделяются на документы общего назначения (для всех видов различных работ) и документы специального назначения (на технологические процессы, специализированные по отдельным видам работ). Технологические документы общего назначения включают в себя: маршрутную карту; карту эскизов; технологическую инструкцию; комплектовочную карту; ведомость расцеховки; ведомость оснастки и ведомость материалов.

Маршрутная карта содержит описание технологического процесса изготовления (или ремонта) изделия по всем операциям (в технологической последовательности) и данные по оборудованию, оснастке, материальным, трудовым и другим нормативам. Маршрутная карта является основным технологическим документом; ее разрабатывают на всех стадиях составления рабочей документации.

Карта эскизов содержит графическую иллюстрацию технологического процесса изготовления изделия и его отдельных элементов. Карту составляют по усмотрению разработчика в зависимости от характера или условий производства изделия.

Технологическая инструкция содержит описание специфических приемов работы или методов контроля технологического процесса, правил пользования оборудованием или приборами, мер безопасности и др., требующих дополнительных разъяснений.

Комплетовочная карта содержит данные о деталях, сборочных единицах и материалах, входящих в комплект собираемого изделия.

Ведомость расцеховки содержит данные о маршруте прохождения изготавливаемого или собираемого, а также ремонтируемого изделия по службам предприятия.

Ведомость оснастки содержит перечень специальных и стандартных приспособлений и инструментов, необходимых для оснащения технологического процесса. Ведомость составляется на основании маршрутных карт (в технологической последовательности) на сборочные единицы и детали.

Ведомость материалов является подетальной сводной ведомостью норм расхода материалов, запись в которой производится по разделам для сборочных единиц и деталей, входящих в состав изделия. На изделия, предназначенные для самостоятельной поставки, составление ведомости обязательно.

К специализированным документам относятся операционные карты и карты технологических процессов определенных видов работ.

Операционная карта содержит описание операций технологического процесса изготовления изделия с расчленением операций по переходам с указанием режимов резания обработки, расчетных норм и трудовых нормативов.

Карта технологического процесса содержит описание процесса изготовления или ремонта изделия по всем операциям одного вида работ, выполняемых в одном цехе в технологической последовательности с указанием данных о технологической оснастке, материальных и трудовых нормативах.

В комплект основных технологических документов входят маршрутная карта и карта технологического процесса. Выбор соответствующего комплекта документов зависит от типа производства и технологического процесса на данном предприятии.

3.5. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Исходными данными для создания технологического процесса механической обработки и сборки изделия являются следующие:

- 1) служебное назначение машины или детали; 2) технические условия и нормы, определяющие служебное назначение изделия; 3) рабочие чертежи изделия; 4) данные о количестве изделий, намеченных к выпуску в единицу времени (год, квартал, месяц); 5) общее количество изделий, намеченных к выпуску по неизменным чертежам; 6) условия, в которых предполагается организовать и осуществлять подготовку, изготовление и выпуск изделий (вновь создаваемый или действующий завод); 7) местонахождение завода (возможность кооперирования с другими заводами, условия снабжения и т. д.); 8) наличие и перспективы подготовки кадров; 9) плановые сроки подготовки и освоения новой машины и организация ее выпуска.

Последовательность построения реализации технологического процесса: 1) ознакомление со служебным назначением машины; 2) изучение и анализ технических условий и различных норм, определяющих служебное назначение машины; 3) ознакомление с намечаемым количественным выпуском машин в единицу времени и по неизменным чертежам; 4) изучение рабочих чертежей машины и их анализ; 5) разработка технологического процесса общей сборки машины; 6) анализ служебного назначения сборочных единиц и составление их; 7) изучение служебного назначения деталей, анализ технических условий на них; 8) выбор наиболее экономичного технологического процесса получения за-

готовок с учетом служебного назначения и масштаба выпуска; 9) разработка наиболее экономичного технологического процесса изготовления деталей; 10) планировка оборудования и рабочих мест; 11) проектирование и изготовление инструмента, технологической оснастки и оборудования; 12) внесение в технологический процесс всех коррективов для исправления ошибок и недочетов, обнаруженных во время внедрения технологических процессов в производство.

В качестве примера рациональной последовательности разработки технологического процесса рассмотрим технологические процессы обработки ступенчатого вала и детали типа втулка.

В зависимости от конструкции и масштаба выпуска технологический процесс изготовления ступенчатого вала может быть различен.

Основными базами большинства валов являются поверхности его опорных шеек. Однако использовать их в качестве технологических баз для обработки наружных поверхностей, как правило, затруднительно, особенно при обработке вала с одной или двух установок, что очень важно при автоматизации технологического процесса.

Поэтому при большинстве операций за технологические базы принимают поверхности центровых отверстий с обоих торцов заготовки, что позволяет обрабатывать почти все поверхности ступенчатого вала на единичных базах с установкой его в центрах. В связи с этим механическую обработку валов начинают с операции подготовки технологических баз — подрезания торцов и их зацентровки. В зависимости от вида производства (единичное, среднесерийное, массовое) эту операцию можно производить на токарных и револьверных, на центровальных и фрезерно-центровальных станках.

Наружные поверхности ступенчатых валов обтачивают на токарных, токарно-копировальных, горизонтальных многолезцовых станках, на вертикальных одношпиндельных и многошпиндельных автоматах, а также на токарных станках с ЧПУ и токарных станках с копировальными устройствами.

В серийном и особенно в крупносерийном производстве широкое распространение находят многолезцовые и токарно-копировальные станки, полуавтоматы и автоматы.

Однопроходная копировальная и однопроходная многолезцовая обработка ступенчатых валов обеспечивает точность 9—11-го качества. Многолезцовая обработка может оказаться эффективнее копировальной для валов, имеющих большую длину и диаметры и большие перепады ступеней.

На рис. 3.4 приведена технологическая наладка на две установки при обработке ступенчатого вала на токарном станке, оснащенном системой ЧПУ типа H221M.

Технологический процесс механической обработки детали типа втулка также начинается с подготовки технологических баз 1—6, в качестве которых используют поверхность отверстия

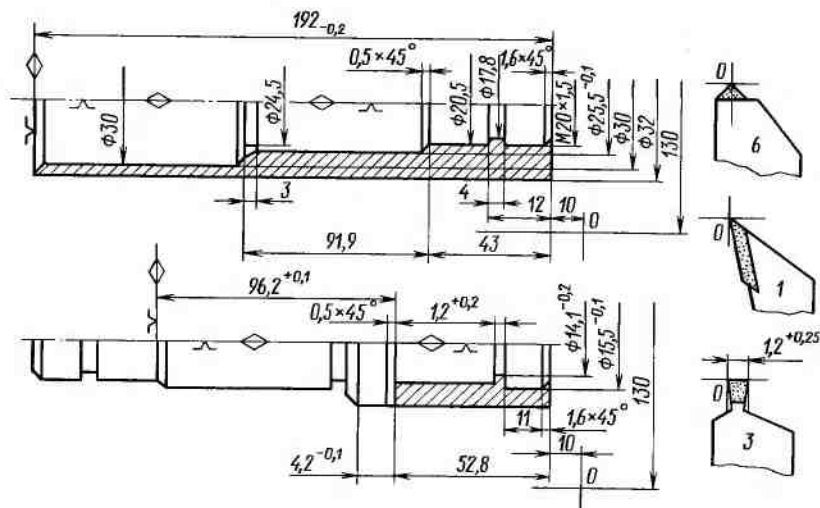


Рис. 3.4. Схема технологической наладки на обработку ступенчатого вала

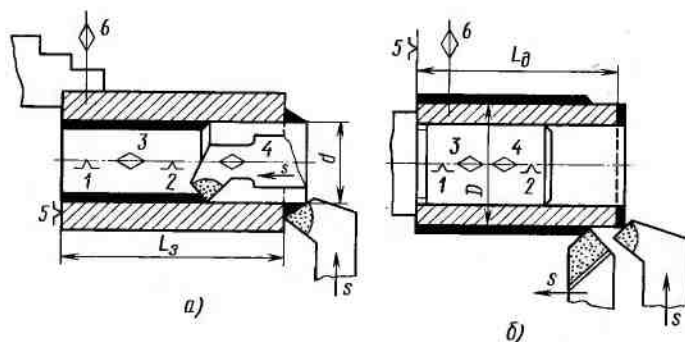


Рис. 3.5. Схемы базирования при обработке втулки:
а — на первой операции, б — на последующих операциях

и один из торцов. При обработке технологических баз (первая операция) втулку крепят в самоцентрирующих трехлапчатых патронах (рис. 3.5, а). В зависимости от масштаба выпуска обработка технологических баз осуществляется на токарных станках, токарно-револьверных станках, одно- и многошпиндельных автоматах и полуавтоматах.

На последующих операциях обрабатывают все наружные поверхности втулки за одну установку, базируя втулку по отверстию и обработанному торцу (рис. 3.5, б). Заготовку крепят на жестких или разжимных оправках. Обработку осуществляют на токарных, токарно-револьверных станках, токарных станках с ЧПУ, многолезцовых станках, а также на одно- или многошпиндельных автоматах и полуавтоматах.

Контрольные вопросы

1. Что такое производственный и технологический процессы?
2. Что называется операцией и переходом?
3. Классификация баз.
4. Для чего необходимы межпереходные припуски?
5. Назначение и состав ЕСТД.
6. Исходные данные для разработки технологического процесса.
7. Принципы построения технологического процесса.

ГЛАВА 4

СТАНКИ ТОКАРНОЙ ГРУППЫ

4.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СТАНКОВ ТОКАРНОЙ ГРУППЫ

Все металлорежущие станки делятся на девять групп, каждая группа — на девять типов.

В первую группу входят токарные станки, которые подразделяются на автоматы и полуавтоматы (одношпиндельные и многошпиндельные), револьверные, сверлильно-отрезные, карусельные, лоботочарные, многолезцовые, специализированные.

Специализированные станки используют для обработки определенных деталей, например для обработки гладких и ступенчатых валов, осей колесных пар железнодорожного транспорта и т. п.

Из универсальных станков наибольшее распространение получили токарно-винторезные и токарные станки; последние предназначены для выполнения всех токарных операций, за исключением нарезания резьбы резцами.

Из специализированных наиболее распространены многолезцовые и гидрокопировальные станки, предназначенные для обработки гладких и ступенчатых валов, разного рода втулок, фланцев и других деталей.

На токарно-винторезных станках кроме выполнения обычных токарных работ можно нарезать резцами наружную и внутреннюю резьбу. Некоторые токарно-винторезные станки оснащаются копировальными устройствами, которые позволяют обрабатывать сложные контуры без специальных фасонных резцов и комбинированного инструмента, а также значительно упрощают наладку и подналадку станков.

Токарно-револьверные станки применяют в серийном производстве для обработки деталей из пруткового материала или штучных заготовок. На этих станках можно выполнять все основные токарные операции. Револьверные станки отличаются от токарно-винторезных тем, что не имеют задней бабки и ходового винта, а имеют револьверную головку, в которой устанавливают различный режущий инструмент (резцы, сверла, зенкеры, развертки). Инструмент крепится также и в резцедержателе поперечного суппорта. Токарно-револьверные станки рационально

применять в том случае, если по технологическому процессу требуется большое число режущих инструментов. Основное преимущество токарно-револьверных станков — возможность сокращения машинного времени благодаря применению многолезцовых державок для одновременной обработки нескольких поверхностей детали инструментами, установленными в револьверной головке и на поперечном суппорте.

Для обработки коротких заготовок большого диаметра и небольшой длины типа шкивов, маховиков, зубчатых колес большого размера в индивидуальном производстве и в ремонтных мастерских используют токарные лобовые станки. По внешнему виду они отличаются от токарных станков сравнительно малой длиной и большим (до 4 м) диаметром планшайбы, а также отсутствием задней бабки. В настоящее время ввиду невысокой точности, сложности установки заготовки, а также низкой производительности лобовые станки применяются редко; их вытеснили более совершенные карусельные станки.

Карусельные станки применяют для обработки тяжелых деталей большого диаметра и сравнительно небольшой длины; на них можно производить почти все виды токарных работ. Горизонтальное расположение плоскости круглого стола (планшайбы), на котором крепится заготовка, значительно облегчает ее установку и выверку, что весьма затруднено при обработке больших тяжелых заготовок на токарных и токарно-лобовых станках.

Токарные автоматы и полуавтоматы применяют в крупносерийном и массовом производстве при обработке заготовок из пруткового материала или штучных заготовок. По числу шпинделей автоматы и полуавтоматы делятся на одношпиндельные и многошпиндельные; по расположению оси шпинделей — на горизонтальные и вертикальные; по технологическому назначению — на фасонно-отрезные, фасонно-продольные и револьверные.

Для фасонно-отрезных автоматов характерно наличие только поперечных суппортов, с помощью которых выполняют фасонные и отрезные работы (при поперечной подаче) из прутков диаметром до 15 мм.

На фасонно-продольных автоматах заготовки обрабатывают различным инструментом, установленным на поперечных суппортах. Кроме поперечного перемещения суппортов обеспечивается продольная подача шпиндельной бабки, а иногда только шпинделя.

На револьверных автоматах заготовки обрабатывают инструментом, установленным на двух-трех поперечных суппортах и в револьверной головке, имеющей несколько позиций и получающей движение продольной подачи.

Применение приспособлений позволяет значительно расширить технологические возможности станков токарной группы. С помощью специальной оснастки на токарном станке можно осуществлять фрезерные работы, производить обработку протяжками различной конфигурации. В настоящее время выпускают

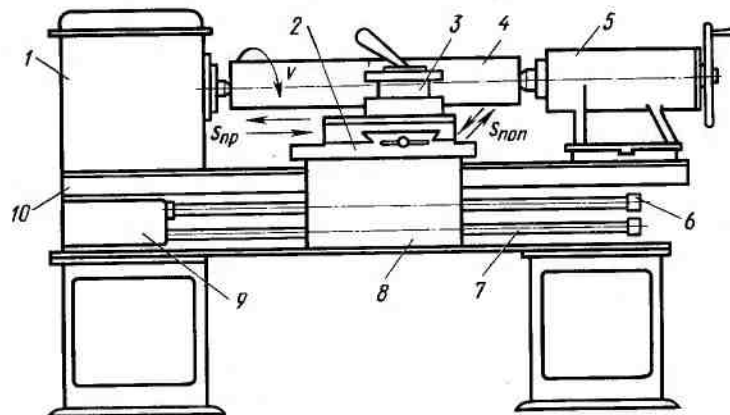


Рис. 4.1. Основные узлы и движения токарно-винторезного станка: 1 — передняя бабка, 2 — суппортная группа, 3 — резцедержатель, 4 — обрабатываемая заготовка, 5 — задняя бабка, 6 — ходовой винт, 7 — ходовой вал, 8 — фартук, 9 — коробка подач, 10 — станина

универсальные токарно-винторезные станки с набором приспособлений, позволяющих выполнять целый ряд работ, ранее не характерных для этого типа станков. В считанные минуты токарный станок может стать гидрокопировальным полуавтоматом. Рабочему достаточно обработать самостоятельно только первую деталь из партии, установить ее в центрах и в дальнейшем использовать как копир для тиражирования подобных ей деталей.

Широкое внедрение станков с ЧПУ позволило сделать универсальные станки полуавтоматами и автоматами.

У станков токарной группы (рис. 4.1) главным движением — движением резания является вращение шпинделя станка с закрепленной на нем заготовкой. Движением подачи является относительное перемещение режущего инструмента и обрабатываемой заготовки в поперечном и продольном направлениях.

4.2. ХАРАКТЕРИСТИКИ И КИНЕМАТИКА СОВРЕМЕННЫХ МОДЕЛЕЙ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫХ СТАНКОВ

Основным параметром универсального токарно-винторезного станка является высота центров над станиной. Этот размер определяет наибольший диаметр заготовки, которую можно установить и обработать на станке данной модели.

Другим основным параметром станка является наибольшее расстояние между его центрами, которое определяет наибольшую длину обрабатываемой заготовки, причем это расстояние может быть разным у станка одной и той же модели. Так, у станков с диаметром обрабатываемой заготовки 500 мм расстояние между центрами может быть 700; 1000; 1400 и 2000 мм.

Токарно-винторезные станки характеризуются также наиболь-

шей частотой вращения шпинделя, наибольшим диаметром прутка, проходящего через отверстие шпинделя, и размером центра шпинделя.

Важными характеристиками являются также мощность привода главного движения, жесткость и прочность звеньев кинематической цепи, виброустойчивость станка, диапазон скоростей и подач.

Техническая характеристика токарно-винторезного станка мод. 16К20

Расстояние между центрами, мм	710; 1000, 1400, 2000
Наибольший диаметр изделия, устанавливаемого над станиной, мм	400
Наибольший диаметр обрабатываемого прутка, мм	50
Наибольшая длина обтачивания (соответственно расстоянию между центрами), мм	640, 930

Кинематическая схема токарного станка представляет собой условное обозначение отдельных его элементов (звеньев) и механизмов, участвующих в передаче движений исполнительным органам. Движения связанных между собой элементов передач и механизмов определяются кинематической связью. Каждая связь состоит из механических, электрических, гидравлических и других кинематических цепей, по которым осуществляется передача движения. Кинематические цепи служат также для измерения скоростей и направления движения исполнительных органов с помощью соответствующих механизмов при неизменной скорости привода, для преобразования и суммирования движений и т. п. Кинематические цепи состоят из отдельных звеньев.

Кинематическая связь исполнительных звеньев между собой, которая определяет только характер исполнительного движения, является *внутренней* кинематической связью. Связь между источником движения и подвижным исполнительным звеном, определяющая скоростные характеристики последнего, является *внешней* кинематической связью. В общем случае связи в станке состоят из разнообразных видов передач, в том числе механических, расположенных в определенной последовательности.


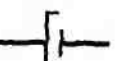











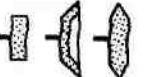


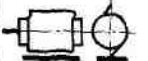
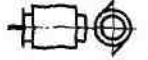
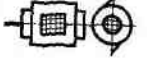
При малых расстояниях между осями валов для передачи движения используют зубчатые передачи, при средних и больших расстояниях — ременные и цепные передачи. Условные обозначения элементов кинематических схем приведены в табл. 4.1.

4.1. Условные обозначения элементов кинематических схем

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Вал		глухое с предохранением от перегрузок	
Соединение двух валов: глухое		эластичное	

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
шарнирное		Передача цепью	
телескопическое			
плавающая муфта			
зубчатая муфта		Передачи зубчатые:	
Соединение деталей с валом:		цилиндрическими колесами	
свободное для вращения			
подвижное без вращения		коническими колесами	
при помощи вытяжной шпонки			
глухое		винтовые	
Подшипники скольжения:			
радиальный		Передача червячная	
радиально-упорный односторонний			
радиально-упорный двухсторонний			
Подшипники качения:		Передача зубчатая реечная	
радиальный			
радиально-упорный односторонний			
радиально-упорный двухсторонний		Передача ходовым винтом с гайкой: неразъемной	
Ременная передача:		разъемной	
плоским ремнем			
		Муфты:	
плоским ремнем перекрестная		кулачковая односторонняя	
клиновидным ремнем		кулачковая двухсторонняя	

Продолжение табл. 4.1

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
конусная		Концы шпинделей станков:	
дисквая односторонняя		центровых	
дисквая двухсторонняя		патронных	
обгонная односторонняя		прутковых	
обгонная двухсторонняя		сверлильных	
Тормоза:		расточных с планшайбой	
конусный		фрезерных	
колодочный		шлифовальных	
ленточный		Электродвигатели:	
дисковый		на лапках	
		фланцевые	
		встроенные	

4.3. ОСНОВНЫЕ УЗЛЫ И МЕХАНИЗМЫ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫХ СТАНКОВ

В состав этих станков входят следующие основные узлы и механизмы: передняя (шпиндельная) бабка; задняя бабка; суппортная группа; фартук; коробка подач; станина с направляющими; система охлаждения и смазывания (рис. 4.1).

Станина — основная часть станка, на который монтируют его узлы, механизмы и детали. Станины бывают горизонтальные, вертикальные и наклонные. В токарно-винторезных станках применяют горизонтальные станины. Основным требованием, предъявляемым к станинам, является длительное обеспечение правильного взаимного положения и перемещения узлов, смонтированных на ней, при всех предусмотренных режимах работы станка в нормальных эксплуатационных условиях. Базой станины являются ее направляющие, на которые устанавливают как подвижные (каретка, задняя бабка), так и неподвижные (перед-

няя бабка) узлы. Станина должна отвечать необходимым требованиям по прочности, жесткости, виброустойчивости, а также обеспечивать удобство для отвода стружки и СОЖ.

Литые станины изготовляют из серого чугуна СЧ20, СЧ30, СЧ35, СЧ40, модифицированного, сорбитно-перлитного чугуна, поддающегося закалке ТВЧ, а сварные станины — из стали Ст3 или Ст5. Сварные станины легче литых, но уступают последним по параметрам жесткости и виброустойчивости. Для обеспечения точности работы всех узлов станка необходимо сохранение неизменности формы станины. Для этого станину подвергают термической обработке — старению, в результате которой происходит снятие внутренних напряжений.

Наиболее ответственной частью станины являются направляющие, которые обеспечивают заданную траекторию движения рабочих органов, несущих инструмент, относительно других узлов станка.

Направляющие воспринимают силы, действующие при резании. Они должны иметь высокую износостойкость, необходимую жесткость и небольшую силу трения, чтобы обеспечить точность перемещения и стабильность положения узлов. В настоящее время кроме направляющих скольжения используют направляющие качения, аэро- и гидродинамические направляющие, позволяющие значительно уменьшить силы трения.

Наиболее распространенным материалом для направляющих скольжения, выполняемых как одно целое со станиной и подвижным узлом, является серый чугун. Износостойкость направляющих повышают поверхностной закалкой до твердости HRC 40—55. Стальные направляющие выполняют накладными, обычно закаленными до твердости HRC 52—62. Используют также накладные направляющие из синтетических материалов (текстолита, нейлона, различных полимеров).

Передняя или шпиндельная бабка служит для ступенчатого изменения частоты вращения шпинделя (с обрабатываемой заготовкой) при постоянной частоте вращения привода главного движения (электродвигателя). Частоту вращения изменяют с помощью различных зубчатых пар или электромагнитных муфт, соединяющих валы. Коробка скоростей должна обеспечивать расчетные ряды частот вращения шпинделя, регламентируемых стандартом. К недостаткам коробок скоростей, в частности, относятся невозможность бесступенчатого регулирования частоты вращения шпинделя, возникновения вибраций и шума на некоторых частотах.

В зависимости от кинематики коробки скоростей выполняются с зубчатыми колесами, с передвигными зубчатыми колесами, с кулачковыми муфтами, с фрикционными муфтами.

При создании токарных станков обычно используют различные способы переключения передач, обеспечивая наиболее оптимальные условия компоновки коробок скоростей и их обслуживания. Коробки скоростей с электромагнитными и другими муфта-

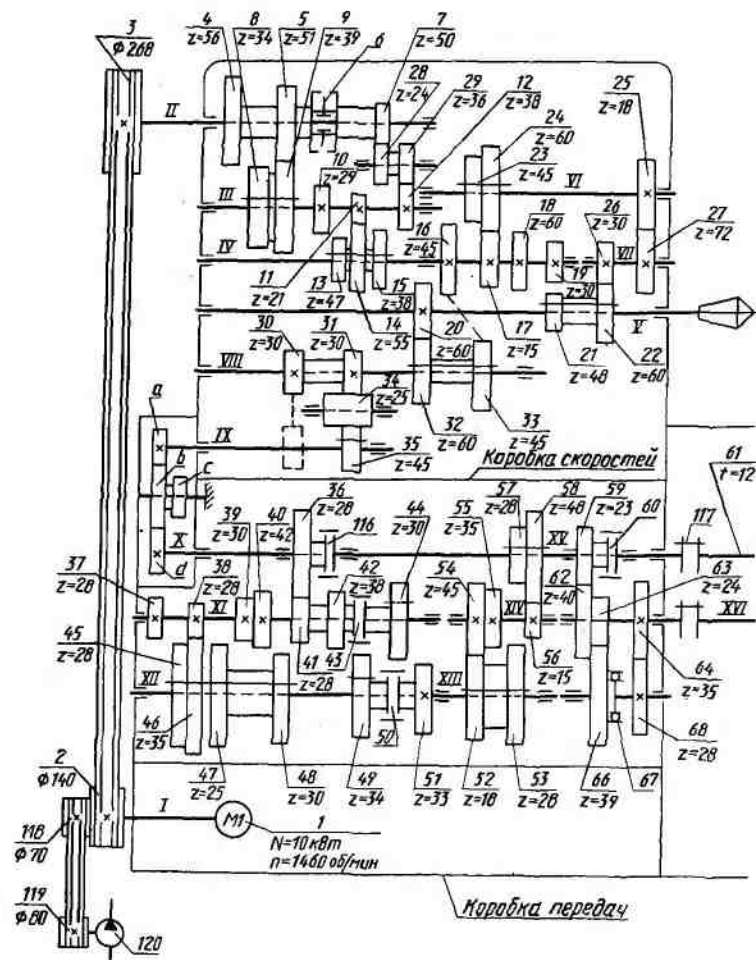


Рис. 4.2. Кинематическая схема коробки скоростей и коробки подач станка мод. 16K20

ми, позволяющими применять дистанционное управление. применяются в токарных станках с ЧПУ.

Для унификации привода главного движения токарных станков и, в частности, станков с ЧПУ выпускают унифицированные автоматические коробки скоростей мощностью 1,5—55 кВт с числом ступеней 4—18.

Рассмотрим работу коробки скоростей токарно-винторезного станка мод. 16K20, представленной на рис. 4.2. Главное движение — вращение шпинделя осуществляется от электродвигателя *M1* через клиноременную передачу со шкивами 2 и 3 и коробку скоростей. На валу II коробки скоростей установлена двухсто-

ронная фрикционная муфта 6. Для получения прямого вращения шпинделя муфту смещают влево; при этом вращение передается по следующей цепи: зубчатые колеса 4—8 или 5—9, 10—13 или 11—14, либо 12—15, вал IV, колеса 18—21 или 19—22, шпиндель V. От вала IV вращение можно передать через перебор 16—23 или 17—24, 25—27, 26—27 при перемещении вправо блока 21—22 на шпинделе. Переключая блоки колеса, можно получить 12 вариантов зацепления колес при передаче вращения с вала IV непосредственно на шпиндель и 12 вариантов — при передаче вращения через перебор.

Реверсирование шпинделя выполняют перемещением муфты 6 вправо. Вращение с вала II на вал III передается через колеса 7—28, 29—12 и шпиндель получает обратное движение.

Кинематика коробки скоростей позволяет получить на шпинделе четыре ряда скоростей: два с пределами 12,5—40 и 50—160 об/мин при использовании переборов 1 : 32 и 1 : 8 и два с пределами 200—630 и 500—1600 об/мин при использовании переборов 1 : 2 и 1,25 : 1.

Шпиндель станка монтируют на прецизионных роликоподшипниках с предварительным зазором. Передний конец шпинделя имеет фланец с отверстиями, выполненными по стандарту, что обеспечивает быструю смену патрона.

Техническая характеристика коробки скоростей

Конусное отверстие в переднем конце шпинделя	Морзе 5
Диаметр отверстия, мм	52
Диаметр фланца, мм	170
Число рядов скоростей шпинделя	23
Частота вращения шпинделя, об/мин	12,5—1600

Механизм коробки скоростей позволяет нарезать резьбы резцом с шагом, увеличенным в 2,8 и 3,2 раза; правые и левые резьбы; многозаходные резьбы с числом заходов 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30, 60 при работе с переборами 1 : 2; 1 : 8; 1 : 32.

Коробки подач предназначены для сообщения вращения ходовому валу и ходовому винту токарного станка. Ходовой вал и ходовой винт используют для автоматической продольной и поперечной подачи суппортов станка. С помощью ходового винта осуществляют нарезание резьб резцами.

Коробки подач бывают: с зубчатыми передачами, служащими для настройки подач; со сменными колесами при постоянном расстоянии между осями валов; с передвижными колесами и блоками колес; со встроеными ступенчатыми конусами (наборами) колес и вытяжными шпонками; с накидным колесом; с гитарами сменных колес; с механизмами типа меандр.

Коробки подач со встроеными конусами колес и вытяжными шпонками (рис. 4.3, а) компактны, дают возможность расположить в одной группе до 10 передач, в том числе с косозубыми колесами. Коробки подач с вытяжными шпонками применяют в небольших по размеру станках.

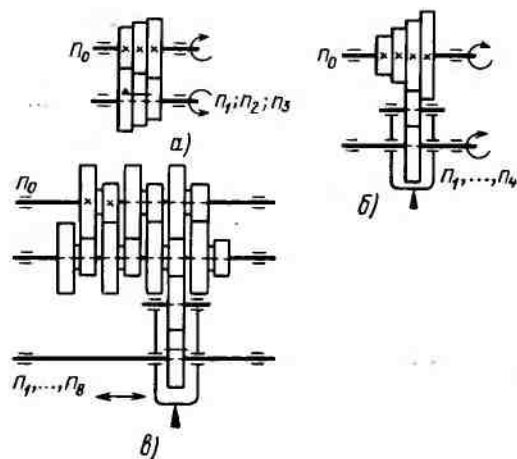


Рис. 4.3. Схемы коробки передач:

а — с встречными конусами колес и выжимными шпонками,
б — с накидным колесом, в — типа меандр

Коробки с накидным колесом (рис. 4.3, б) широко применяют в коробках передач станков высокой точности. Недостатки таких коробок — низкая жесткость и точность сопряжения включенных колес, возможность засорения передач при наличии выреза в корпусе коробки.

Механизмы типа меандр (рис. 4.3, в) состоят из ряда одинаковых блоков по два зубчатых колеса и передвижной каретки с накидным колесом на третьем валу. Преимущество такого механизма — большой

диапазон регулирования; недостаток — вращения всех блоков колес, в том числе и колес, не участвующих в передаче движения.

Коробка передач станка мод. 16К20 выполнена как самостоятельный узел и размещена слева на передней стенке станины (под шпиндельной бабкой). Движение от шпиндельной бабки через сменные колеса коробки передач передается механизму коробки передач.

Механизм коробки передач дает возможность нарезать все виды резьб и обеспечивает подачи для обработки деталей методами обычного, скоростного и силового точения. Механизм коробки передач позволяет получить 24 продольные и 24 поперечные подачи. Для осуществления быстрых перемещений каретки станка и суппорта в коробке передач смонтирована муфта свободного хода, которая при включении электродвигателя быстрых перемещений автоматически отключает ходовой вал от механизма коробки передач.

Механизм подачи сообщает движение суппорту по четырем кинематическим цепям: винторезной, продольной и поперечной подач, быстрого перемещения. Вращение вала VIII (рис. 4.3) от шпинделя V передается через зубчатые колеса 20—32, а при нарезании резьбы с увеличенным шагом — от шпинделя V через звено увеличения шага (колеса 22—26, 27—25, 23—16 или 24—17) и через колеса 16—33.

С вала VIII движение передается через реверсивный механизм (с колесами 30—35 или 31—34—35) на IX, далее через сменные колеса а — б — d или а — б — с — d на входной вал X коробки передач. Переключением муфт 116, 60, 43 и 50, а также пере-

становкой блочных зубчатых колес 57 и 58, 45 и 46, 47 и 48, 52 и 53 осуществляются различные комбинации соединения колес 36—64 коробки подач. От выходного вала XV коробки подач вращение может быть сообщено либо ходовому винту 61, либо ходовому валу XVI. В первом случае через муфту 60, во втором случае через колеса 59—62, 63—66, муфту обгона 67 и колеса 68—64.

При нарезании резьбы подача суппорта осуществляется от ходового винта 61 через маточную гайку, закрепленную в фартуке. Необходимый шаг резьбы можно получить переключением зубчатых колес и муфт в коробке подач или установкой сменных колес а, б, с, d на гитаре станка. В последнем случае муфтами 116 и 60 механизм коробки подач отключается. Для предупреждения поломок при перегрузках служит муфта 117.

Шпиндели являются разновидностью валов и служат для закрепления и вращения приспособления, несущего заготовку.

Для обеспечения необходимой точности обработки в течение заданного срока службы шпиндели должны обладать жесткостью, стабильностью положения оси при вращении, износостойкостью опорных, посадочных и базировочных поверхностей, виброустойчивостью.

Для удовлетворения указанных требований шпиндели, как правило, изготавливают из легированных сталей 40Х, 20Х, 18ХГТ, 40ХФА, 38ХВФЮА и др., подвергаемых соответствующей термической обработке (цементации, азотированию, объемной и поверхностной закалке, отпуску).

В отдельных случаях полые шпиндели большого диаметра изготавливают из чугуна.

Для закрепления инструмента или приспособления передние концы шпинделей стандартизованы. В качестве опор шпинделей применяют подшипники скольжения и качения.

В современных станках опоры скольжения шпинделей конструируют с использованием смазочного материала (гидростатические и гидродинамические) и газовой смазки.

Гидростатические подшипники обеспечивают высокую точность вращения шпинделя, имеют большую жесткость и обеспечивают режим трения смазочного материала при скольжении на малых скоростях скольжения (рис. 4.4).

Для опор шпинделей станков нормальной точности находят применение подшипники скольжения в виде двух вкладышей (располагаемых в корпусе и крышке) и втулок.

Подшипники качения, в том числе высокоточные, устанавливаемые с предварительным натягом) в качестве опор шпинделей широко применяют в станках различных типов.

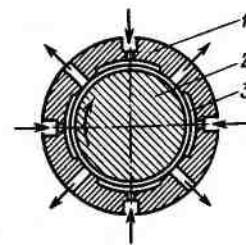


Рис. 4.4. Гидростатический подшипник:

1 — корпус подшипника, 2 — шайка шпинделя, 3 — карман, создающий несущую поверхность подшипника; стрелками показано направление подвода и отвода смазочного материала под давлением

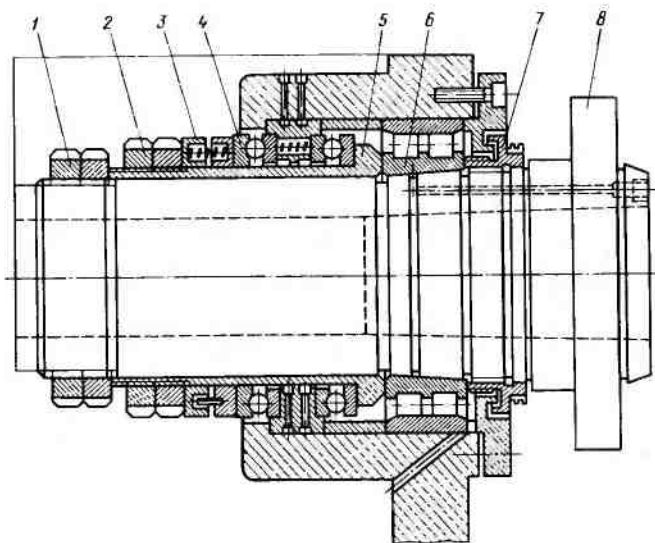


Рис. 4.5. Передняя опора шпинделя токарно-винторезного станка на подшипниках качения:

1, 2 — гайки, 3 — устройство предварительного натяга упорных подшипников, 4 — упорный подшипник, 5 — втулка, 6 — внутреннее кольцо подшипника, 7 — лабиринтное уплотнение, 8 — шпиндель

На рис. 4.5 показана передняя опора шпинделя токарно-винторезного станка на подшипниках качения.

Задняя бабка токарного станка предназначена для поддержания обрабатываемых на станке заготовок малой жесткости, а также для крепления режущего инструмента (сверл, зенкеров, разверток, метчиков).

Основными частями задней бабки (рис. 4.6) являются корпус 4, основание 17 и пиноль 2. Последняя совместно с центром может перемещаться вдоль своей оси в корпусе 4. От проворота пиноль удерживается шпонкой 19, которая входит в паз *a* пиноли.

Осевое перемещение пиноли производят вручную маховиком 9, закрепленным на ходовом винте 5. Последний входит в маточную гайку 6, жестко связанную с пинолью 2. Осевые усилия, действующие на пиноль, воспринимаются упорным шарикоподшипником 7. В конце хода пиноли назад выжимается задний центр 1. Закрепление пиноли в корпусе бабки производится рукояткой 3 посредством втулочно-винтового зажима 18.

Рычаг 8 служит для закрепления задней бабки на направляющих станины станка. При повороте рычага 8 по стрелке *b* эксцентрик оси 10 перемещает вверх стяжку 12 с винтом 13. Последний приподнимает правый конец рычажной планки 14, которая, будучи связана с болтом 15 с корпусом бабки, нажимает через сферическую головку болта 21 на прижим 16. Прижим 16, опи-

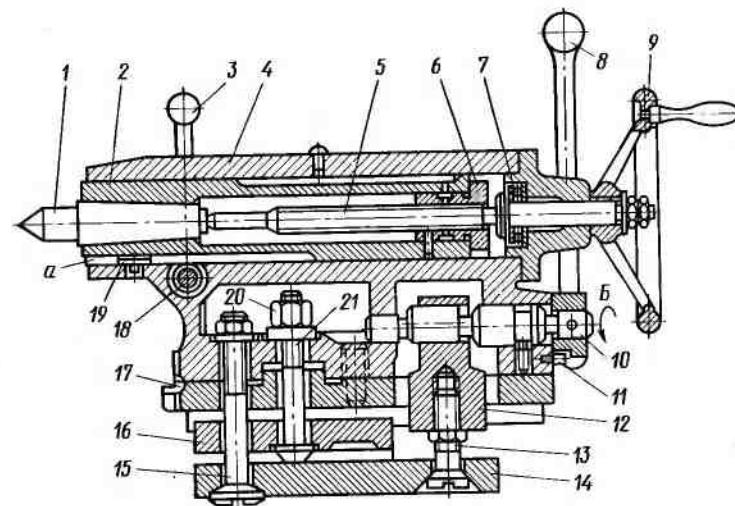


Рис. 4.6. Задняя бабка токарно-винторезного станка

раясь на нижние плоскости направляющих станины, надежно закрепляет бабку. Упор 11 служит для ограничения хода рычага 8 и соответственно поворота эксцентрика оси 10. Для производства особо тяжелых работ задняя бабка может быть дополнительно закреплена болтом 21 и гайкой 20.

Возможность поперечного смещения корпуса задней бабки по основанию 17, осуществляемого специальными винтами, позволяет обрабатывать на станке пологие конусы.

Конусное отверстие в пиноли задней бабки	— Морзе 5
Наибольшее продольное перемещение пиноли	— 150 мм
Поперечное смещение корпуса бабки	— ± 15 мм

Ходовой вал токарного станка служит для осуществления продольных и поперечных автоматических подач режущего инструмента (резца), закрепленного в резцедержателе верхнего суппорта. Ходовой винт используют при нарезании резцом внутренней и наружной резьбы.

Ходовой винт и ходовой вал получают движение от шпиндельной бабки через сменные колеса коробки передач и механизм коробки передач, состоящий из скользящих блоков колес.

Фартук токарного станка мод. 16К20 включает в себя четыре пары кулачковых муфт, позволяющих производить прямой и обратный ход каретки и суппорта. Направление перемещения каретки и суппорта совпадает с направлением включения рукоятки, расположенной на фартуке. В корпусе фартука смонтирована маточная гайка, включаемая рукояткой при нарезании резьбы. Конструкция механизма выключения подач предусматривает возможность работы по жесткому упору, ограничивающему про-

дольное перемещение каретки и снабженному винтом тонкой регулировки. Точность выключения по упору 0,05 мм. В фартуке предусмотрены блокировки, предохраняющие от одновременного включения продольной и поперечной подач.

Суппортная группа станка крестовой конструкции может осуществлять перемещение резцедержателя с инструментом в продольном направлении по направляющим станины и в поперечном направлении по направляющим каретки.

Верхняя часть суппорта, несущая на себе поворотный четырехгранный резцедержатель, имеет независимое ручное перемещение по направляющим поворотной части суппорта и может быть повернута на угол $\pm 90^\circ$. Разжим резцедержателя, поворот его в нужное положение и фиксация осуществляются рукояткой. Конструкция резцедержателя обеспечивает точность фиксации 0,005 мм. Нажатием кнопки, встроенной в рукоятку управления ходом каретки и суппорта, включается электродвигатель быстрых перемещений суппорта, который расположен в нише правой части станины. Для определения величины перемещения верхних и поперечных салазок в суппорте предусмотрены масштабные линейки с визирами.

Ниже рассмотрена кинематика фартука и суппортной группы токарно-винторезного станка мод. 16K20.

Для передачи движения механизму фартука служит ходовой вал XVI (рис. 4.7). По нему, вдоль шпоночного паза скользит зубчатое колесо 65, передающее вращение через колеса 69, 70, 71 (при включенной муфте 72) и червячную пару 73—74 валу XVII. Для получения продольной подачи суппорта и его реверсирования включают одну из кулачков муфт (77 или 84). Тогда вращение от вала XVII передается зубчатыми колесами 75—83—76 и 79—92 (или 85—92) валу XVIII и далее ременному колесу 94, которое, перекатываясь по неподвижно связанной со станиной станка рейке 95, осуществляет продольное перемещение суппорта.

Поперечная подача и ее реверсирование осуществляются включением муфт 87 или 90. В этом случае от вала XVII через передачи 75—86 и 88—93—98—96 (или 75—86—89) и 91—93—98—96 вращение передается винту 97, который сообщает движение поперечной каретки суппорта.

Для осуществления быстрого перемещения суппорта ходовому валу XVI сообщается быстрое вращение от электродвигателя 113 через клиноремennую передачу 114—115. Механизм подачи суппорта через коробку подач при этом можно не включать, так как в цепи привода ходового вала установлена муфта обгона 67. С помощью ходовых винтов 109 и 112 можно вручную через колеса 110—111 непосредственно перемещать резцовые салазки. Станок может быть оснащен механическим приводом салазок. В этом случае от ходового вала XVI через механизм фартука и колеса 65—98 подключается колесо 99 вала XIX, а затем через колеса 100—108 движение передается винту 109

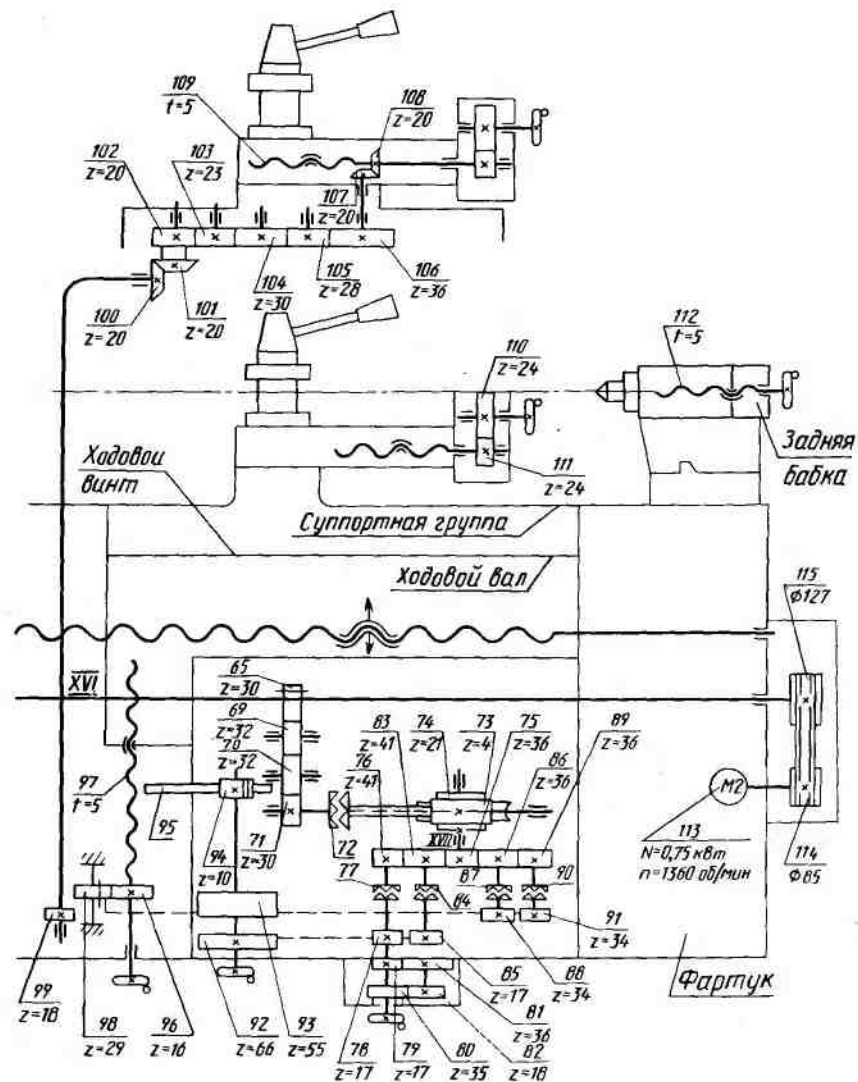


Рис. 4.7. Кинематическая схема суппортной группы и фартука токарно-винторезного станка мод. 16K20

резцовых салазок. Через клиноремennую передачу 118—119 от вала I подключен насос смазки 120.

Системы смазывания предназначены для уменьшения потерь на трение, повышения износостойкости и обеспечения нормально допустимой температуры трущихся поверхностей. Существуют индивидуальный и централизованный способы смазывания, которые делятся на периодически действующие и непрерывные.

Техническая характеристика суппортной группы

Наибольшее перемещение суппорта, мм:	
продольное	640, 930, 1330, 1930
поперечное	300
Наибольшее перемещение верхних резцовых салазков, мм	150
Наибольший угол поворота резцовых салазков	$\pm 90^\circ$
Число позиций резцедержателя	4
Наибольшие размеры державки резца, мм	25×25

В систему смазывания входят устройства для подвода необходимого количества смазочного материала и распределения его по всей рабочей поверхности в трущихся парах, уплотняющие устройства, устройства для очистки смазочного материала, контрольные и сигнальные устройства.

В качестве смазочных материалов в станкостроении нашли применение жидкие минеральные масла и в некоторых случаях густые консистентные смазочные материалы. В циркуляционной системе смазывания необходима надежная очистка масла; это достигается с помощью фильтров. Наибольшее распространение получили пластинчатые, войлочные и сетчатые фильтры. В наиболее ответственных случаях ставят магнитные фильтры. Надежная работа системы смазывания может быть обеспечена при условии контроля за правильностью действия отдельных ее частей. Обычно контролируют уровень, давление и расход масла.

Подача СОЖ к режущим кромкам инструмента в процессе резания увеличивает стойкость инструмента, улучшает обрабатываемость и в конечном счете способствует повышению производительности. С помощью СОЖ также отводится мелкая стружка и охлаждается обрабатываемая деталь.

Режущий инструмент охлаждают, как правило, поливом его охлаждающей жидкостью (рис. 4.8). Система охлаждения включает в себя резервуар-отстойник 1, насос 2, подающий охлаждающую жидкость в систему, и устройства 3, направляющие жидкость непосредственно в зону резания. Устройство 4 служит для сбора отработанной жидкости и возвращения ее в резервуар. Переливной клапан 5 сбрасывает излишки жидкости в резервуар.

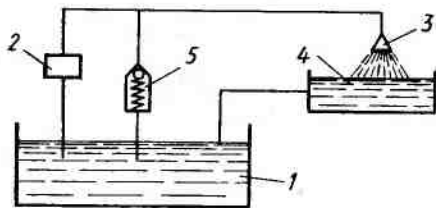


Рис. 4.8. Охлаждение инструмента поливом охлаждающей жидкости:

1 - резервуар-отстойник; 2 - насос, 3 - устройство, направляющее жидкость в зону резания, 4 - устройство для сбора отработанной жидкости, 5 - переливной клапан

для сбора отработанной жидкости и возвращения ее в резервуар. Переливной клапан 5 сбрасывает излишки жидкости в резервуар.

В качестве охлаждающих жидкостей применяют чаще всего 5 %-ный раствор соды в воде, эмульсии и осерненные масла. Для подачи жидкости используют центробежные и шестеренные насосы.

Контрольные вопросы

1. Классификация станков токарной группы.
2. Основные технические характеристики токарно-винторезных станков.
3. Основные узлы и механизмы токарно-винторезных станков.

ГЛАВА 5

НАЛАДКА ТОКАРНЫХ СТАНКОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ СЛОЖНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

5.1. МНОГОИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ НАЛАДКА

Обработка деталей на токарных станках с многоинструментальной наладкой позволяет обрабатывать различные поверхности заготовки как последовательно, так и параллельно. В результате повышается производительность труда благодаря уменьшению основного и вспомогательного времени, а также повышается точность обработки.

Многоинструментальная наладка осуществляется на многорезцовых токарных станках, токарно-револьверных станках, многошпиндельных автоматах и полуавтоматах, имеющих целый ряд суппортов для закрепления режущего инструмента. На токарно-револьверных станках инструмент закрепляют как на поперечных суппортах, так и в револьверной головке.

Режущий инструмент, расположенный на поперечных суппортах, обычно используют для отрезания заготовки и прорезания канавок, а также для снятия фасок. На револьверной головке крепят концевой инструмент (сверла, зенкеры, развертки), а также режущие инструменты, установленные в специальных державках.

В качестве примера рассмотрим многоинструментальную наладку при обработке детали на токарно-револьверном станке с револьверной головкой, ось которой расположена вертикально.

На рис. 5.1 приведена схема наладки токарно-револьверного станка для обработки болта из пруткового инструмента. Обработку осуществляют за пять переходов: 1) точение резцами, закрепленными в револьверной головке; 2) подрезание торца болта и снятие фаски; 3) нарезание резьбы; 4) снятие фаски с

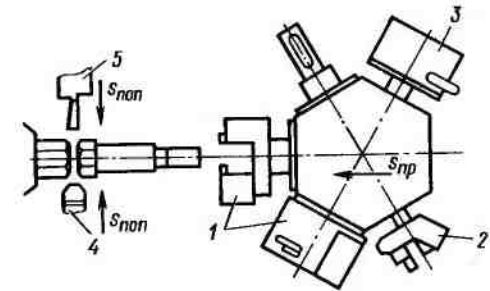


Рис. 5.1. Схема наладки револьверного станка для обработки болта из шестигранного прутка:

1 - точение, 2 - подрезание конца болта и снятие фаски, 3 - нарезание резьбы, 4 - снятие фаски, 5 - отрезание готовой детали

головки болта резцом, расположенным на поперечном суппорте;
5) отрезание готовой детали отрезным резцом, установленным на поперечном суппорте.

5.2. НАЛАДКА НА ОБРАБОТКУ КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Способы обработки таких поверхностей следующие: широким резцом; поворотом верхнего суппорта по контуру; смещением задней бабки; путем согласования величины продольной и поперечной подачи резца; с помощью конусной линейки.

Наружные и внутренние конусы длиной до 15 мм обрабатывают резцом, главную режущую кромку которого устанавливают под требуемым углом к оси конуса, осуществляя при этом продольную или поперечную подачу. Этот способ применяют в том случае, когда обрабатываемая заготовка жесткая, угол наклона конуса большой, а точности угла конуса, шероховатости поверхности и прямолинейности образующей не предъявляют высоких требований (рис. 5.2).

Получение конической поверхности поворотом верхнего суппорта (рис. 5.3) заключается в том, что резцовые салазки поворачивают на угол α , определяемый по формулам из табл. 5.1. Так как подача осуществляется вручную, данный способ используют при обработке конусов длиной до 50 мм.

Обработку конических поверхностей осуществляют также путем смещения (в поперечном направлении) корпуса задней бабки относительно ее основания на величину h (рис. 5.4), определяемую по формулам из табл. 5.2. Этот способ применяют для заготовок относительно большой длины с малым углом уклона. Заготовку при этом закрепляют только в центрах. Учитывая неизбежный износ центровых поверхностей (даже при малых углах конуса), обработку ведут следующим образом: сначала черновую, а затем после правки центровых отверстий — чистовую.

Конические поверхности получают с помощью специальных приспособлений, имеющих копирующую линейку 2, укрепленную на задней стороне станины на кронштейнах 1 (рис. 5.5).

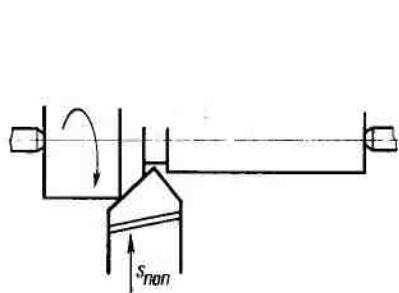


Рис. 5.2. Обработка конуса широким резцом

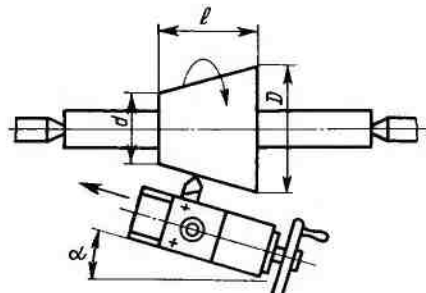


Рис. 5.3. Обработка конуса поворотом резцовых салазок

5.1. Формулы для вычисления элементов конуса

Элементы конуса	Расчетные формулы	Элементы конуса	Расчетные формулы
K	$K = (D - d)/l$ $K = 2 \operatorname{tg} \alpha$	d	$d = D - 2l \operatorname{tg} \alpha$ $d = D - Kl$
α	$\operatorname{tg} \alpha = (D - d)/(2l)$ $\operatorname{tg} \alpha = K/2$	i	$i = K/2$ $i = (D - d)/(2l)$ $i = \operatorname{tg} \alpha$
D	$D = Kl + d$ $D = 2l \operatorname{tg} \alpha + d$		

Примечание. $\operatorname{tg} \alpha$ и угол α по заданному $\operatorname{tg} \alpha$ находят по тригонометрическим таблицам.

Ее можно устанавливать под требуемым углом к линии центров токарного станка. По линейке скользит ползун 3, соединенный через палец 4 и кронштейн 5 с поперечной кареткой суппорта. Винт поперечной подачи каретки разобран с гайкой. При продольном перемещении всего суппорта ползун 3 будет двигаться по неподвижной линейке 1, сообщая одновременно поперечное смещение каретке суппорта. В результате двух движений резец образует коническую поверхность, конусность которой будет зависеть от угла установки копирующей линейки (см. табл. 5.2).

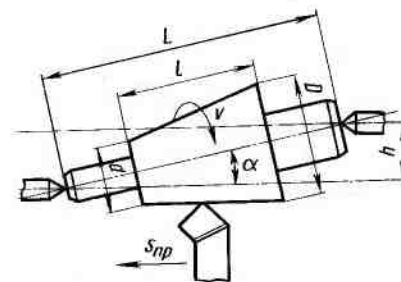


Рис. 5.4. Обработка конуса путем смещения задней бабки

Копирующую линейку применяют при обработке заготовок любой длины с малым углом конуса до 12° . Чтобы устранить влияние зазора между копирующей линейкой и охватываемой ее ползуном на точность конической поверхности, продольную подачу включают несколько раньше, чем резец окажется против начала конуса.

Комбинирование автоматической продольной подачи суппорта и автоматической поперечной подачи верхней каретки суппорта используют при обработке длинных деталей, у которых длина образующей конуса значительно превышает длину хода верхней каретки суппорта. При этом верхнюю каретку необходимо повернуть на угол β к линии центров: величину β рассчитывают по формуле из табл. 5.2.

Конические поверхности можно обрабатывать и с помощью гидроконирующего суппорта, который обеспечивает высокие производительность и качество обработки конусов любой длины

5.2. Настройка токарного станка при обработке конических поверхностей

Способы настройки токарного станка	Расчетные формулы
1. Поворотом верхней части суппорта на угол α	$\operatorname{tg} \alpha = (D-d)/(2l)$ — для усеченного конуса; $\operatorname{tg} \alpha = D/(2l)$ — для полного конуса
2. Поперечным смещением корпуса задней бабки относительно основания на величину h	$h = (D-d)/2$ и $h = lK/2$ — для полного конуса; $h = (L/l)[(D-d)/2]$; $h = lK/2$; $h = l \operatorname{tg} \alpha$ — для усеченного конуса
3. С помощью копирующей линейки	Величина смещения копирующей линейки $C = (H/l)(D-d)/2$; угол поворота конусной линейки $\operatorname{tg} \alpha = (D-d)/(2l)$, где H — расстояние от оси закрепления конусной линейки до ее конца, мм
4. Комбинированием продольной и поперечной автоматических подач	Синус угла поворота верхней части суппорта $\sin \beta = \operatorname{tg} \alpha (S_{np}/S_0 + 1)$, где S_{np} — продольная подача суппорта; S_0 — подача верхней каретки

и с любым углом. Гидрокопирующей суппорт устанавливают на суппорте токарного станка вместо поперечных салазок. Нижние салазки копирующей суппорта расположены под углом 45° к оси шпинделя станка. Гидравлическая схема копирующей суппорта приведена на рис. 5.6.

Масло от насоса 1 через фильтр 2 и неподвижный шток поршня поступает в верхнюю (меньшую по объему) полость цилиндра 3, а затем через отверстие 4 — в нижнюю полость цилиндра. Выходя из цилиндра по трубопроводу 5, масло попадает в полость следящего золотника 6 и затем сливается в бак. Золотник 6 с помощью пружины 7 прижимает рычажный наконечник 9

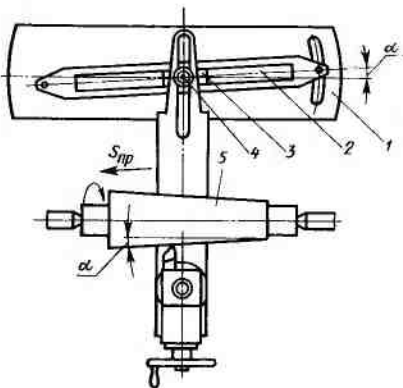


Рис. 5.5. Обработка конуса с помощью копирующей линейки

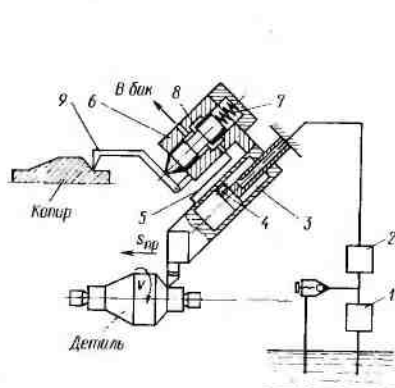


Рис. 5.6. Схема гидравлического суппорта

(щуп) к копиру. Между золотником и расточкой в корпусе образуется кольцевое проходное сечение δ , величина которого изменяется при перемещении золотника.

5.3. СРЕДСТВА И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Конические поверхности измеряют с помощью угловых мер, шаблонов, угольников, конусных калибров, шариков, синусных и тангенсных линеек, универсальных микроскопов (координатным методом), оптических делительных головок, угломеров с нониусом и др.

Наиболее часто конусы измеряют угловыми мерами и угольниками. Угловые меры (плитки) комплектуют в наборы по 5, 19, 36 и 94 шт., из которых выбирают соответствующие плитки или блоки для измерения заданных углов (не менее 10°), представляющие собой трех- или четырехгранные призмы с одним или четырьмя рабочими углами.

С помощью плиток устанавливают наибольший просвет между сторонами измеряемого конуса и угловой меры (или отсутствие просвета) и сравнивают на глаз с набором просветов, размеры которых известны (при просвете 5—10 мкм) или же оценивают с помощью щупов (при просвете свыше 30 мкм).

Углы у конических валов и втулок измеряют угломерами. Для повышения точности отсчета угломеры снабжены нониусами или оптическими приспособлениями.

Для проверки угла конусности вала применяют конусные калибры-втулки, а для проверки угла конусных втулок — конусные калибры-пробки.

Вдоль образующей конуса вала проводят карандашом прямую линию и осторожно вводят вал внутрь конусного калибра-втулки. Приложив некоторое осевое усилие для плотного прилегания конических поверхностей вала и втулки, поворачивают их относительно друг друга на небольшой угол. Если образующая конуса вала прямолинейна и угол конуса выполнен правильно, то графит карандаша равномерно распределится по всей длине конуса; в противном случае образуются только отдельные пятна.

При проверке внутреннего конуса карандашную линию проводят на калибре-пробке.

5.4. НАЛАДКА НА ОБРАБОТКУ ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

В конструкциях современных турбин, автомобилей, металлорежущих станков, самолетов применяют детали со сложной фасонной поверхностью, например лопатки турбин, лопасти гребных винтов, кулачки и т. д.

Способы обработки таких поверхностей на токарных станках описаны ниже.

1. Обычными резцами (без копира) с комбинированием продольной и поперечной ручных подач. Этот способ применяют

главным образом при небольшом числе обрабатываемых заготовок, когда не оправдываются расходы на изготовление фасонного резца или копировального приспособления. Способ малопроизводителен, требует от токаря высокой квалификации и внимательности. Точность обработки невысокая, шероховатость неравномерная по поверхности обработанной детали.

2. Фасонными резцами. Этот способ, рациональный при обработке поверхностей небольшой длины (до 50 мм), весьма производителен, но требует изготовления фасонных резцов, что является трудоемкой и сложной работой.

3. Обычными резцами при помощи приспособлений с круговой подачей или поводковых устройств. Этот способ применяют при обработке сферических и радиусных поверхностей средних размеров.

4. Специальными (кольцеобразными и подобными им) режущими инструментами. Этот способ используют при обработке сферических поверхностей.

5. Обычными резцами при помощи копировальных приспособлений. Такой способ используют при обработке различных фасонных поверхностей. Способ производительный. Обеспечивает высокую точность обработки и малую шероховатость поверхности.

Фасонные резцы подразделяются: по форме на плоские, круглые (дисковые) и призматические; по установке относительно обрабатываемой заготовки на радиальные и тангенциальные (только для круглых и призматических).

Стержневые фасонные резцы применяют преимущественно при обработке заготовок небольшими партиями, так как затачивание таких резцов обычно приводит к искажению профиля.

Более широкое применение имеют призматические радиальные фасонные резцы, работающие с поперечной подачей. Применяются довольно широко. Недостатком их является сложность изготовления.

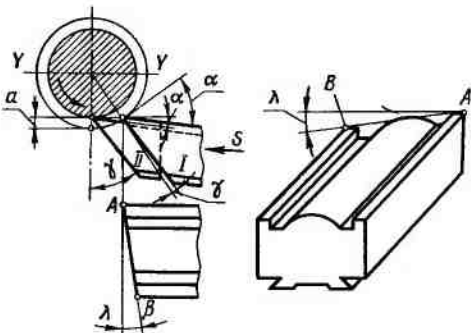


Рис. 5.7. Обработка заготовки фасонным призматическим тангенциальным резцом

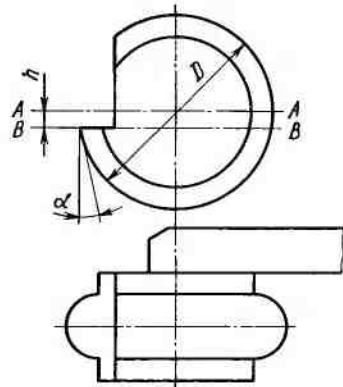


Рис. 5.8. Круглый радиальный фасонный резец

Фасонные призматические тангенциальные резцы (рис. 5.7) в отличие от радиальных имеют подачу по касательной к обрабатываемой поверхности. Применяются в основном при чистовой обработке, так как при снятии больших припусков разница в углах резания в начале и конце обработки (см. положение резца I и II на рис. 5.7) очень велика. Преимущество тангенциальных резцов заключается в возможности наклонного расположения режущей кромки АВ. В результате обработка осуществляется не сразу по всей длине заготовки, а постепенно. Вследствие этого уменьшается сила резания, что позволяет обрабатывать широкие заготовки с меньшим усилием резания.

Круглые тангенциальные фасонные резцы предназначены для работы с продольной подачей и применяются главным образом на револьверных станках. Фасонный профиль образуется по винтовой линии при поверхности. Заточка производится по передней поверхности, расположенной ниже оси резца.

Круглые радиальные фасонные резцы (рис. 5.8), применяемые наиболее широко, предназначены для работы с поперечной подачей и закрепляются в специальных державках на поперечном суппорте. Углы резания обеспечиваются специальной заточкой и установкой оси резца выше оси обрабатываемой заготовки на величину h , которая зависит от диаметра резца и заднего угла α (табл. 5.3).

Скорости резания и подачи при обработке фасонными резцами приведены в табл. 5.4.

Фасонные поверхности обрабатывают так же, используя специальные приспособления.

5.3. Высота понижения оси обрабатываемой заготовки (детали) относительно оси круглого радиального фасонного резца

Задний угол α резца, град	Высота h понижения, мм, при диаметре резца, мм						
	20	25	30	35	40	45	60
10	1,8	2,2	2,6	3,0	3,5	3,9	4,4
12	2,0	2,6	3,1	3,7	4,2	4,7	5,2

5.4. Скорости резания при обработке фасонными резцами

Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин
0,01	54	0,06	22
0,02	38	0,07	20
0,03	31	0,08	19
0,04	27	0,09	18
0,05	24	—	—

В качестве примера на рис. 5.9 показаны приспособления для обработки сферической поверхности на станине и суппорте токарного станка.

Приспособление, устанавливаемое на станине токарного станка, состоит из шаблона 2 (рис. 5.9, а), радиус которого равен радиусу обрабатываемой полусферы заготовки 1. При включении продольной подачи копирный палец 3, прикрепленный к резцедержателю, передвигается по радиусу шаблона. При этом резец 4 описывает кривую, образуя на заготовке сферическую поверхность такого же радиуса.

Приспособление, устанавливаемое на суппорте станка (рис. 5.9, б), применяют при обработке небольших партий заготовок с наружными сферическими поверхностями. Резец 1 и копирный палец 2 закреплены в резцедержателе. Копир 3, представляющий собой диск с радиусом, равным радиусу обрабатываемой сферы, закреплен на каретке суппорта или люнете. Резец и копирный палец устанавливают таким образом, чтобы они касались наивысших точек сферы на заготовке и копира. Сферическая поверхность обрабатывается при автоматической поперечной подаче и ручной продольной подаче.

Приспособление для растачивания сферических поверхностей (рис. 5.9, в) состоит из оправки 3, резцовой державки 2, тяги 5

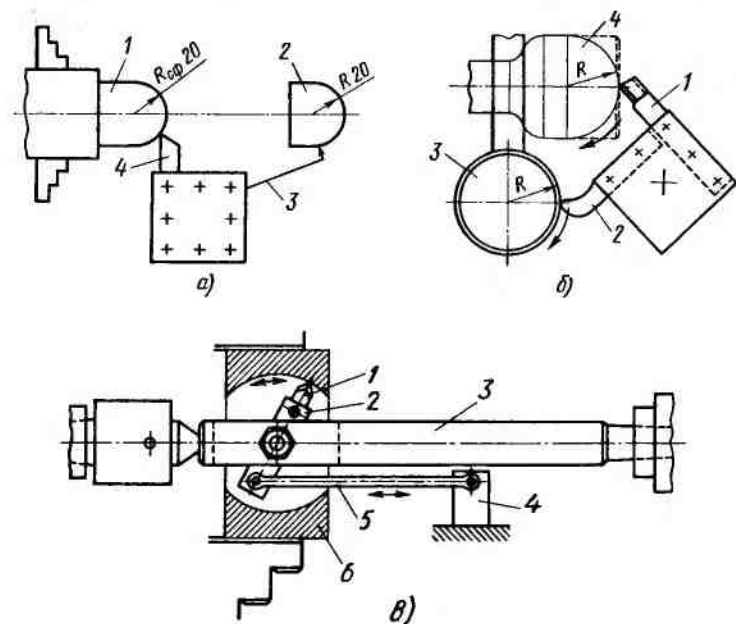


Рис. 5.9. Приспособления для обработки сферических поверхностей:

а — устанавливаемое на станине; 1 — заготовка, 2 — шаблон, 3 — копирный палец, 4 — резец; б — устанавливаемое на суппорте; 1 — резец, 2 — копирный палец, 3 — копир, 4 — заготовка; в — для растачивания; 1 — резец, 2 — резцовая державка, 3 — оправка, 4 — колодка, 5 — тяга, 6 — заготовка

и колодки 4. Заготовку 6 с предварительно расточенным цилиндрическим отверстием закрепляют в патроне. Оправку 3 вставляют конусным хвостовиком в пиноль задней бабки и с противоположной стороны поддерживают вращающимся центром, установленным в шпинделе. Державка 2 с закрепленным в ней резцом 1 шарнирно соединена с оправкой и может поворачиваться вокруг оси шарнирного болта при помощи тяги 5. Тяга присоединяется к колодке 4, закрепленной на суппорте станка.

Резец устанавливают на радиус сферы. При продольной подаче колодка 4 через тягу поворачивает державку с резцом в том или другом направлении. Вершина резца описывает дугу окружности, обрабатывая при этом во вращающейся заготовке сферическую поверхность.

При обработке деталей с коническими и фасонными поверхностями используются токарные станки, оснащенные гидравлическими копировальными суппортами (см. рис. 5.6), которые устанавливают на суппорте станка вместо поперечных салазок.

5.5. СРЕДСТВА И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Основным видом дефектов при обработке фасонных поверхностей на токарных станках является несоответствие профиля обработанной поверхности профилю, заданному чертежом. Погрешности профиля возникают по следующим причинам: при обработке обычными резцами с ручной подачей в продольном и поперечном направлении — из-за низкой квалификации рабочего и его невнимательности; при обработке по копиру — из-за погрешности изготовления самого копира или потери профиля резца после его переточки; при обработке фасонными резцами — из-за погрешностей профиля инструмента или изменения его геометрических параметров вследствие неправильной установки. Для предупреждения дефектов по этой причине необходимо убедиться в правильности профиля фасонного резца с помощью различных шаблонов и оптических приборов. Реже погрешности фасонных поверхностей могут возникать в результате неправильной установки заготовки на токарном станке (относительно режущего инструмента (отсутствие занижения оси заготовки), неправильной установки резца на глубину резания).

Несоответствие шероховатости поверхности, заданной по чертежу, возникает в результате тех же причин, что и при точении цилиндрических и конических поверхностей. Исправление подобных дефектов практически невозможно, поэтому в процессе резания необходимо: не превышать величину подачи на оборот заготовки, указанную в операционных картах; не доводить резец до большого затупления; не осуществлять обработку фасонными резцами на токарных станках пониженной жесткости и виброустойчивости.

Контроль шероховатости поверхностей осуществляют бесконтактным способом с помощью образцов, а также контактными

средствами с помощью специальных приборов, которые работают по принципу «ощупывания» измеряемой поверхности с помощью алмазной иглы, имеющей маленький радиус закругления.

Все приборы, работающие по этому принципу, делят на профилометры и профилографы. Профилометры позволяют по шкале определять значение измеряемого параметра шероховатости. Профилографы позволяют осуществить запись макро- и микро-профиля поверхности.

Контрольные вопросы

1. Преимущества многоинструментальной оснастки.
2. Последовательность наладки токарного станка при обработке наружных и внутренних цилиндрических поверхностей.
3. Способы обработки конических поверхностей на токарных станках.
4. Способы обработки фасонных поверхностей на токарных станках.
5. Инструмент для получения фасонных поверхностей на токарных станках.

ГЛАВА 6

ОТДЕЛОЧНАЯ (ФИНИШНАЯ) ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ

6.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОТДЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКЕ. РЕЖУЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ СО СНЯТИЕМ СТРУЖКИ

К финишной обработке поверхностей относятся такие виды обработки, как алмазное точение и растачивание, тонкое шлифование, копирование алмазным инструментом, притирка, доводка (суперфиниширование), обкатывание наружных и внутренних поверхностей шариками и роликами, вибронакатывание, а также накатывание рельефного узора на поверхности детали.

Отделочная обработка направлена на формирование поверхности слоя детали с заданными свойствами, уменьшение шероховатости, повышение точности размеров, а также придания поверхности детали товарного вида.

Тонкое (алмазное) точение используют при обработке наружных цилиндрических и конических поверхностей, а также торцов заготовок. При этом достигается шероховатость поверхности $Ra = 0,32 \div 1,25$ мкм и точность обработки 5—6 квалитета. Алмазное точение осуществляют с малой подачей (0,02—0,05 мм/об), малой глубиной резания (0,05—0,15 мм) и высокой скоростью резания (300—3000 м/мин). Резание с малыми сечениями стружки и, следовательно, с малыми силами резания позволяет обтачивать заготовки с высокой точностью.

Для алмазного точения применяют специальные станки повышенной точности, для которых характерны: высокая частота вращения шпинделя (2000—6000 об/мин); малые подачи (0,02—0,05 мм/об); высокая точность вращения шпинделя (радиальное

биение не более 0,005 мм); высокая точность и большая жесткость всех элементов станка; отсутствие вибраций в процессе обработки (достигается использованием ременных передач).

В качестве режущего инструмента используют резцы, оснащенные пластинами из твердых сплавов ТЗ0К4 (для обработки стали) и ВК2 и ВК3 (для обработки чугуна), а также резцы, оснащенные эльбором и алмазом (для обработки высокопрочных сплавов).

Для тонкого растачивания также используют специальные станки повышенной точности и жесткости. Режимы тонкого растачивания: скорость резания 120—250 м/мин (при обработке чугуна), 300—400 м/мин (при обработке бронзы), 500—1500 м/мин (при обработке алюминиевых сплавов); глубина резания 0,05—0,15 мм; подача 0,01—0,08 мм/об. К достоинствам тонкого растачивания относятся: отсутствие (по сравнению с хонингованием и шлифованием) на обработанной поверхности абразивных зерен; точность обработки 5—6 квалитета при овальности и конусности отверстий не более 0,01 мм; простота конструкции режущего инструмента; достигаемая шероховатость обработанной поверхности $Ra = 0,08 \div 0,32$ мкм.

Основным методом отделочной обработки наружных и внутренних поверхностей является шлифование, обеспечивающее точность обработки 5—6 квалитета и шероховатость обработанной поверхности $Ra = 0,05—0,32$ мкм. В серийном и массовом производстве целесообразно производить предварительное, а затем чистовое (тонкое) шлифование мелкозернистыми кругами. Тонкое шлифование (точность обработки 5-го квалитета, шероховатость обработанной поверхности $Ra = 0,04 \div 0,16$ мкм) осуществляют при большой частоте вращения круга, малой частоте вращения заготовки и малой глубине резания (0,005—0,02 мм) с использованием СОЖ; продольная подача 0,2—0,3 ширины круга; толщина срезанной стружки 2—5 мкм; припуск на обработку 10—15 мкм; последние ходы выполняют методом выхаживания, т. е. без подачи шлифовального круга на глубину резания.

Для получения фасонных поверхностей методом копирования используют алмазные инструменты, изготовленные методом гальванопластики или гальваностегии. Сущность копирования методом электрохимического шлифования состоит в сочетании двух процессов: алмазного шлифования и электрохимического растворения металлов. Выступающие алмазные зерна создают необходимый зазор между металлической связкой круга и обрабатываемой поверхностью. Электролит, находящийся постоянно в зоне контакта, не дает короткого замыкания. Технологический процесс алмазного электрохимического шлифования позволяет получать фасонные поверхности сложной формы, обеспечивая при этом высокие качество обработанной поверхности и производительность.

Для окончательной отделки предварительно отшлифованных поверхностей заготовок служит притирка. Наружные цилиндри-

ческие поверхности притирают притиром, на который предварительно наносят абразивный микропорошок с маслом или специальную пасту. Применяют абразивные порошки из электрокорунда, наждака, окиси хрома, окиси железа. Пасты для притирки, состоящие из абразивных порошков и химических активных веществ, ускоряют процесс притирки, так как входящие в них химически активные вещества образуют на обрабатываемой поверхности мягкую оксидную пленку, легко удаляемую абразивными зернами. В ряде случаев применяют шаржированные притиры, в поверхность которых внедрены абразивные частицы.

В единичном производстве наружные цилиндрические поверхности притирают на токарном станке, используя в качестве инструмента разрезную втулку (чугунную, медную, бронзовую или свинцовую), выточенную по размеру притираемой заготовки. Втулку, предварительно смазанную ровным слоем абразивного порошка с маслом или доводочной пастой, вставляют в металлическую обойму, одевают на заготовку, а затем равномерно перемещают вдоль вращающейся заготовки. Подобным образом притирают и отверстия с помощью специальной втулки-притира, имеющей прорез с одной стороны и устанавливаемой на токарном станке с помощью конической оправки. Во время притирки оправка с втулкой-притиром вращается, а заготовке сообщается (вручную) возвратно-поступательное движение вдоль оси притира. Припуск на притирку 2,5—10 мкм на сторону; частота вращения заготовки (или втулки-притира) 10—20 м/мин.

В крупносерийном и массовом производстве для притирки коротких цилиндрических заготовок используют специальные притирочные станки, оснащенные в качестве инструмента двумя чугунными дисками, между которыми находятся заготовки, свободно уложенные в гнезда. При вращении обоих дисков (или только нижнего диска) создается движение качения и скольжения заготовок. На поверхности дисков наносят абразивные смеси и пасты. Точность обработки при притирке в пределах 5-го качества (и точнее), шероховатость обработанной поверхности $Ra = 0,32 \div 0,01$ мкм.

Доводка (суперфиниширование) предназначена в основном для обработки наружных цилиндрических поверхностей. При доводке уменьшается шероховатость поверхности, но не исправляются ее геометрические формы. В качестве инструмента используют головку с абразивными брусками. Рабочие движения: вращение заготовки; продольное передвижение брусков и их колебательное движение вдоль оси заготовки. Главное рабочее движение — колебательное движение головки с абразивными брусками (рис. 6.1) с малым ходом (2—6 мм) и значительным числом двойных ходов в минуту (400—1000). При суперфинишировании каждое отдельное зерно абразива не проходит дважды по одному и тому же пути.

Давление абразивных брусков на обрабатываемую поверхность мало, вследствие чего обрабатываемая поверхность не на-

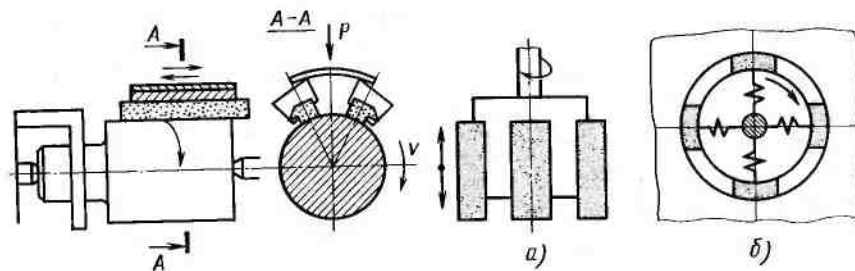


Рис. 6.1. Схема суперфиниширования

Рис. 6.2. Схема обработки хонинговальной головкой:
а — хонинговальная головка, б — хонинговальная головка в работе

гревается и происходит только срезание гребешков, оставшихся после предшествующих операций. После съема всех гребешков процесс прекращается. Зернистость брусков стандартизирована. Охлаждающая жидкость (смесь керосина с маслом) одновременно служит смазочным материалом.

При суперфинишировании съем металла за один оборот заготовки не поддается расчету и время обработки определяется при помощи хронометража при постоянном измерении размера заготовки.

Припуск при суперфинишировании 0,005—0,020 мм; продолжительность обработки 12—30 с, шероховатость обработанной поверхности $Ra = 0,04$ мкм. Поверхности, обработанные суперфинишированием, имеют максимальную износостойкость.

Доводку отверстий осуществляют хонингованием (притирочным шлифованием). В процессе работы хонинговальная головка (хон), оснащенная шестью и более абразивными раздвижными брусками, совершает вращательное и возвратно-поступательное движение вдоль оси обрабатываемого отверстия (рис. 6.2). Зернистость брусков выбирают в зависимости от требуемой шероховатости обработанной поверхности и величины припуска.

Скорость резания при хонинговании 70—80 м/мин (при обработке чугуна и бронзы) и 45—60 м/мин (при обработке стали); скорость возвратно-поступательного движения хона 10—20 м/мин.

Припуск на хонингование на сторону составляет 0,005—0,05 мм (при обработке стали) и 0,01—0,075 мм (при обработке чугуна).

В качестве СОЖ используют керосин или смесь керосина (80—90 %) и веретенного масла (20—10 %).

Точность при хонинговании в пределах 5-го качества, шероховатость обработанной поверхности $Ra = 0,05 \div 0,025$ мкм.

Полирование — это отделочная обработка поверхности мягкими кругами с нанесенным на них мелкозернистым абразивным порошком, смешанным со смазочным материалом. Полировальные круги изготовляют из войлока, фетра, ткани, кожи. Полиро-

ванием достигается малая шероховатость поверхности, но необходимая точность размеров и правильность геометрической формы не достигаются.

6.2. ОБРАБОТКА ДЕФОРМИРОВАНИЕМ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЗАГОТОВКИ

Процесс обкатывания осуществляется свободно вращающимися роликами или шариками, соприкасающимися с вращающейся деталью под давлением. При этом достигается упрочнение поверхностного слоя детали и шероховатость $Ra = 1,25 \div 0,32$ мкм (при исходной шероховатости $Ra = 10,0 \div 2,5$ мкм).

Схемы обработки обкатыванием зависят от формы поверхности, жесткости обрабатываемой заготовки и технологического назначения деталей.

При обкатывании диаметр наружных цилиндрических поверхностей уменьшается, а при раскатывании диаметр отверстий увеличивается. Поверхности жестких деталей обрабатывают односторонними роликовыми оправками (с одним роликом), а менее жестких — многороликовыми устройствами, которые уравновешивают действующие силы давления.

Различают многороликовое обкатывание цилиндрических поверхностей; обкатывание канавок и галтелей; обкатывание торцовых поверхностей; многороликовое раскатывание сферических и конических поверхностей; обкатывание наружных сферических поверхностей; обкатывание дна шлицев и т. д.

Обкатывание роликами производят после чистового точения; при обработке незакаленных поверхностей обкатывание роликами заменяет собой шлифование.

Обкатывание наружных цилиндрических поверхностей производят на токарных, револьверных и карусельных станках, а раскатывание отверстий, кроме указанных, — также на сверлильных и горизонтально-расточных станках; плоские поверхности обкатывают на поперечно-строгальных станках.

Основное условие получения заданной точности и шероховатости обрабатываемой поверхности — создание соответствующего давления на ролик, изготовленный из износостойкого материала высокой твердости. Так, при ширине рабочей части ролика 5 мм и диаметре ролика не более 100 мм усилие на ролик колеблется от 1 до 3 кН. Достигаемая шероховатость поверхности при обкатывании $Ra = 0,8 \div 0,2$ мкм; точность обработки в пределах 8—7-го качества. Обкатные ролики изготовляют из инструментальных и легированных сталей (твердость HRC 58—65).

Конструкция роликовой накатки показана на рис. 6.3. Существенное влияние на результаты обработки оказывает форма ролика. Ролики с цилиндрическим пояском А (рис. 6.4, а) и с открытым радиусом (рис. 6.4, б) применяют для обработки поверхностей со свободным выходом по длине детали; ролики, показанные на рис. 6.4, в, — для обкатывания галтелей и канавок; ролики,

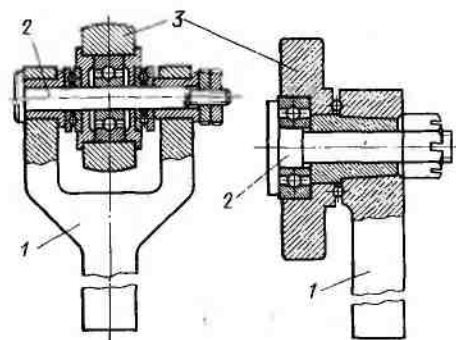


Рис. 6.3. Роликовые накатки:
1 — оправка, 2 — ось, 3 — ролик

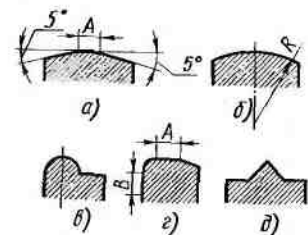


Рис. 6.4. Профили роликов для обкатывания наружных поверхностей

показанные на рис. 6.4, г, — для обработки торцов и уступов; ролики, изображенные на рис. 6.4, д, — для обработки канавок.

Ролик обычно закрепляют в резцедержателе или в оправке шпинделя станка (при раскатывании отверстий) и приводят во вращение. Благодаря силе трения, возникающей между роликом и обрабатываемой заготовкой, поверхность заготовки обкатывается до требуемого качества.

Для поддержания заданного давления процесс обкатывания регулируют и контролируют с помощью специальных тарированных пружин или гидравлических устройств. Основное технологическое время определяют так же, как и при точении. Подача в пределах 0,1—0,2 мм/об.

Наклепывание поверхностей шариками применяют для повышения твердости и уменьшения шероховатости поверхности заготовки. Сущность этого метода заключается в том, что обрабатываемую поверхность подвергают многократным, следующим один за другим ударам шариками. Для этого шарики помещают в гнезда быстровращающегося диска, где шарики под действием центробежной силы смещаются на определенный размер в радиальном направлении и через отверстия на периферии диска наносят удары по обрабатываемой поверхности заготовки. На рис. 6.5 приведены схема процесса наклепывания шариками наружных и внутренних поверхностей.

Наклепывание применяют также для обработки плоских поверхностей, а при использовании копира и для обработки фасонных поверхностей. Для этого вида обработки применяют шлифовальные станки и приспособления, устанавливаемые на токарно-винторезном станке.

Твердость наклепанного слоя и качество обработанной поверхности зависят от силы и числа ударов шариков, а также от исходной твердости обрабатываемого материала. Эти параметры в свою очередь зависят от скорости диска (примерно 25 м/с)

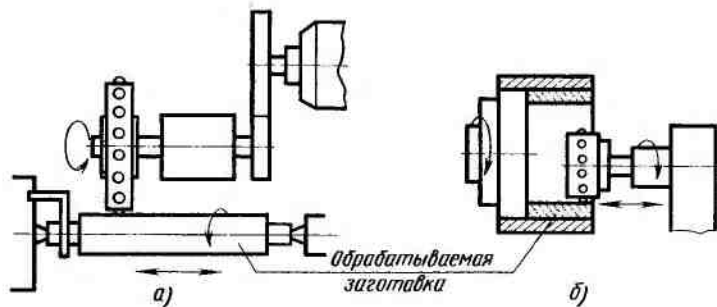


Рис. 6.5. Схема процесса наклепывания шариками наружных (а), и внутренних (б) поверхностей

и обрабатываемой заготовки (30—90 м/мин), а также от расстояния принудительного отталкивания шариков (0,5—0,8 мм), диаметра шарика (7—10 мм) и др. Поверхностная твердость наклепанного слоя повышается на 20—50 %, однако чем выше исходная твердость материала, тем меньше эффект наклепа. Так, например, поверхностная твердость заготовки из стали 45 увеличивается на 18 %, а из стали 25 — на 50 %.

Выбор режима обработки поверхности шариками имеет существенное значение на результат обработки. Неправильный выбор режима обработки может привести к разрушению поверхности заготовки. При обработке шарика обычно смазывают смесью веретенного масла и керосина, а обрабатываемую поверхность — керосином.

Другой способ наклепывания заключается в том, что обрабатываемая поверхность подвергается многочисленным ударам стальной или чугунной дроби, выбрасываемой на поверхность пневматическим или механическим устройством. Пневматические устройства для обдувки дробью работают аналогично пескоструйным аппаратам. В механических устройствах имеется вращающийся с большой скоростью ротор, который выбрасывает дробь на обрабатываемую поверхность заготовки. Эти устройства можно устанавливать на токарных станках, оборудовав их приспособлениями для сбора дроби и ее загрузки в бункер.

Исходя из служебного назначения, при обработке целого ряда деталей их поверхности делают не гладкими, а рифлеными (рукоятки измерительных приборов, головки микрометрических винтов и др.). Рифленую поверхность (простую и перекрестную) получают накатыванием. Для накатывания в резцедержателе суппорта станка закрепляют державку, в которой установлены один (для простой накатки) или два (для перекрестной накатки), ролика из инструментальной закаленной стали с насеченными на них зубцами (рис. 6.6); эти зубцы могут иметь различные размеры и разное направление, что позволяет получить накатку различного профиля и рисунка. При накатывании державку с роли-

ком прижимают к вращающейся заготовке. Ролики начинают вращаться и, вдавливаясь в обрабатываемый материал заготовки, образуют на ее поверхности накатку.

При накатывании длинных поверхностей ролики подают в двух направлениях: перпендикулярно к оси заготовки и вдоль оси. Для получения достаточной глубины накатки нужно вести накатывание в два — четыре хода. Во время накатывания рабочие поверхности роликов смазывают веретенным или машинным маслом.

Для предупреждения дефектов при накатывании роликами необходимо соблюдать следующие правила.

1. В начале накатывания следует проверить, попадают ли зубцы ролика при следующих оборотах в сделанные им насечки.
2. Перед работой необходимо тщательно очистить ролики волоочной щеткой от остатков материала.
3. Во время накатывания рабочие поверхности ролика следует хорошо смазывать веретенным или машинным маслом.
4. В процессе обработки к роликам необходимо прилагать постоянные усилие и подачу.

6.3. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

У обработанных валов измеряют диаметр, общую длину, длину отдельных ступеней, твердость и шероховатость. С помощью индикатора проверяют также биение отдельных шеек относительно общей оси и относительно друг друга.

Цилиндрические отверстия контролируют предельными калибрами-пробками, а также универсальными измерительными инструментами (штангенциркулем, штихмасом, нутромером). Овальность, конусность, бочкообразность, твердость и шероховатость поверхности контролируют специальными и универсальными измерительными устройствами.

Плоские поверхности контролируют линейками, уровнями, поверочными плитами и различными специальными устройствами.

Контроль шероховатости осуществляют как визуально, так и при помощи специальных устройств. При визуальном контроле сравнивают поверхности обработанного изделия с эталонными образцами. Однако визуальный метод можно использовать при оценке шероховатости $Ra = 50 \div 0,4$ мкм. Для оценки шероховатости $Ra = 12,5 \div 0,025$ мкм применяют специальный микроскоп. Для контроля шероховатости $Ra = 6,3 \div 0,2$ мкм применяют пневматический метод, основанный на измерении расхода воздуха, проходящего через неровности поверхности. Приборы, основанные на использовании отражательной способности обработанных поверхностей, которая изменяется в зависимости от высоты микронеровностей, позволяют измерять шероховатость $Ra = 0,1 \div 0,25$ мкм.

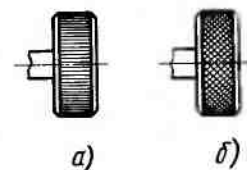


Рис. 6.6. Накатки: а — прямая, б — сетчатая

Особое место в бесконтактных измерениях шероховатости занимают оптические приборы: приборы светового сечения; приборы теневого сечения; микроскоп измерительный интерференционный; микроскоп однообъективный муаровый.

Для контактных методов измерения шероховатости служат профилографы-профилометры, предназначенные для построения профилограмм на специальной бумажной ленте.

Твердость обработанных поверхностей определяют с помощью универсальных приборов по методу Бринеля, Роквелла, Шора, Полюди и др.

При работе на шлифовальных, доводочных и других станках, при отделке поверхностей методом снятия стружки мельчайшие частицы металла и абразивная пыль могут загрязнять воздух, поэтому в цехах или на отдельных станках необходимо устанавливать специальные устройства для отсоса металлической и абразивной пыли. Для предотвращения ранений глаз отлетающими частицами металла или абразивной пыли необходимо носить предохранительные очки или устанавливать у станков щитки. Подводить заготовку в начале обработки к инструменту необходимо осторожно, без ударов, так как это может вызвать разрушение абразивного инструмента. Все абразивные инструменты должны быть закрыты специальными кожухами.

Контрольные вопросы

1. Отделочные виды обработки.
2. Отделочные виды обработки со снятием стружки.
3. Отделочные виды обработки методами пластического деформирования материала заготовки.

ГЛАВА 7

ОБРАБОТКА РЕЗЬБОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ РЕЗЦОМ

7.1. ВИДЫ РЕЗЬБ

Резьбы нашли широкое применение в деталях машин и приборов в качестве присоединительных элементов для обеспечения разъемных соединений. Резьбы классифицируют по следующим признакам: по назначению (крепежная, кинематическая, специальная); по форме профиля (треугольная, трапецеидальная, упорная, круглая, прямоугольная); по форме поверхности (цилиндрическая, коническая); по расположению (наружная, внутренняя); по числу заходов (однозаходная, многозаходная); по направлению винтовой линии (правая, левая).

Резьбы, применяемые для неподвижных соединений, называют крепежными. К этим резьбам предъявляются требования по прочности, а в некоторых случаях и по герметичности.

Резьбы, применяемые в подвижных соединениях для передач

заданного перемещения одной детали относительно другой, называют кинематическими. Эти резьбы также должны удовлетворять прочностным требованиям и, кроме того, обеспечивать необходимую точность перемещений, минимальные потери на трение и т. п. Во всех случаях резьбы должны удовлетворять требованиям собираемости, т. е. свинчиваться свободно или с применением нормированных крутящих моментов.

В СССР применяют следующие стандартизованные типы резьб: метрическая (угол профиля 60°) с крупным и мелким шагом; трубная цилиндрическая (угол профиля 55°); трубная коническая (угол профиля 55°) и дюймовая коническая (угол профиля 60°); трапецеидальная (профиль — равнобочная трапеция с углом 30°); упорная (профиль — неравнобочная трапеция с углом рабочей стороны 3° и нерабочей 30°). Прямоугольная и квадратная резьбы не стандартизованы. Кроме того, применяются резьбы специального назначения.

Комплекс требований к резьбам обеспечивается взаимозаменяемостью резьб на базе стандартизации их профилей, диаметров, шагов, допусков и посадок. В зависимости от направления винтовой поверхности резьбы подразделяют на правые и левые.

Правая резьба образована контуром, вращающимся по часовой стрелке и перемещающимся вдоль оси от наблюдателя.

Левая резьба образована контуром, вращающимся против часовой стрелки и перемещающимся вдоль оси от наблюдателя.

В машиностроении наиболее часто используют правую резьбу.

В соответствии с действующими стандартами метрические резьбы делятся на две группы — с крупным и мелким шагом, различающиеся величиной шага при одном и том же диаметре.

Профиль метрической резьбы — равносторонний треугольник с притупленными выступами и впадинами. Форму впадины резьбы на стержне можно выполнять как по прямой, так и по дуге окружности. Профиль резьбы на стержне отличается от профиля резьбы в отверстии величиной притупления его вершин и впадин.

ГОСТом установлены три ряда диаметров метрической резьбы, причем при выборе метрической резьбы первый ряд предпочтительнее второго, а второй — третьего.

Для приборов точной механики стандартизована метрическая резьба для диаметров от 0,25 до 0,9 мм. Для метрической резьбы введена система допусков и посадок, которая соответствует рекомендациям СЭВ и ISO. Предусмотрены четыре основных отклонения для наружной резьбы, обозначаемые буквами h , q , e , d , и два для внутренней резьбы — H и G . Для наружного диаметра резьбы болта регламентированы степени точности 4; 6 и 8, а для внутреннего диаметра гайки 5; 6 и 7 соответственно.

Обозначение поля допуска диаметра резьбы состоит из цифры, показывающей степень точности, и буквы, обозначающей основное отклонение (например, $6h$, $6q$, $6H$).

Трубная цилиндрическая резьба с углом профиля 55° создана на основе дюймовой системы мер. Несмотря на это трубная резь-

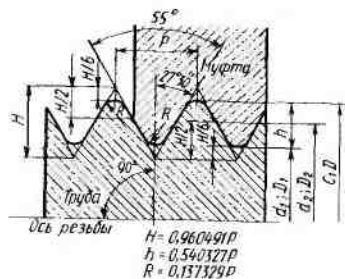


Рис. 7.1. Профиль трубной цилиндрической резьбы:

d — диаметр наружной трубы, D — диаметр наружной муфты, d_1 — диаметр внутренней резьбы, D_1 — диаметр внутренней муфты, d_2 — диаметр средней трубы, D_2 — диаметр средней муфты, P — шаг резьбы, H — теоретическая высота профиля, h — рабочая высота профиля, R — радиус закругления вершины и впадины

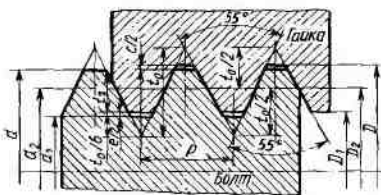


Рис. 7.2. Профиль дюймовой резьбы: P — шаг резьбы, h_0 — теоретическая высота профиля, e — зазор по внутреннему диаметру, c — зазор по наружному диаметру

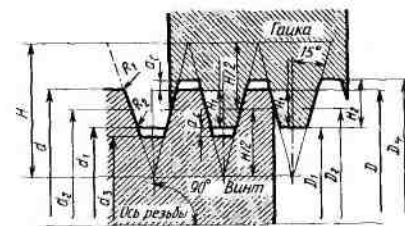


Рис. 7.3. Профиль трапецидальной резьбы

низмах: ходовых винтах станков, винтах суппортов, грузовых прессах, домкратах и др. Профиль трапецидальной резьбы — трапеция с углом профиля 30° . Углы впадины профиля закруглены. Резьба стандартизирована для диаметров от 10 до 640 мм с шагами от 2 до 48 мм. Для каждого диаметра резьбы стандарт предусматривает, как правило, три различных шага.

Кинематические резьбы, применяемые для винтовых пар, имеют гарантированные зазоры по сопрягаемым поверхностям. Зазор необходим для размещения смазочного материала и уменьшения трения, компенсации тепловых деформаций и создания однопрофильного контакта по боковым поверхностям профиля резьбы.

Основным показателем точности резьбы является разность действительного и теоретического перемещения гайки относительно ходового винта с трапецидальной резьбой в осевом направлении.

В отличие от крепежных резьб, где необходимо большое сопротивление самоотвинчиванию, для кинематических резьб и, в частности, для трапецидальных важно иметь малое трение. В соединениях с трапецидальной резьбой посадка гайки по наклонным боковым поверхностям профиля хорошо центрирует детали, а радиальные и осевые зазоры могут быть компенсированы стягиванием разрезной гайки, что невозможно при прямоугольной резьбе, поэтому прямоугольная резьба не рекомендуется к применению. Допуски диаметров трапецидальной резьбы устанавливаются по степени точности, обозначаемой цифрами. Обозначение размера однозаходной резьбы состоит из букв Tr , номинального диаметра резьбы и шага: $Tr40 \times 6$ — трапецидальная резьба диаметром 40 мм и шагом 6 мм. Для левой резьбы обозначение дополняется буквами LH : $Tr40 \times 6LH$ — трапецидальная резьба диаметром 40 мм и шагом 6 мм, левая.

Многозаходные трапецидальные резьбы обозначаются буквами Tr , номинальным диаметром резьбы, числовым значением хода и (в скобках) буквой P с числовым значением шага. Для левой резьбы добавляются буквы LH . Например: $TR 80 \times 40 (P10) LH$ — трапецидальная резьба, диаметр 80 мм, ход 40 мм, шаг 10 мм, левая.

Упорная резьба (рис. 7.4) применяется в тех случаях, когда необ-

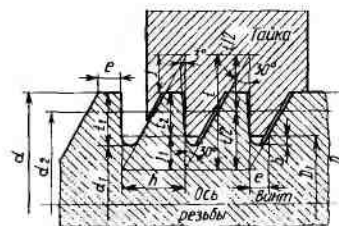


Рис. 7.4. Профиль упорной резьбы

ба является международно признанной резьбой и применяется главным образом в соединениях трубопроводов.

По эксплуатационным характеристикам трубные резьбы делятся на резьбы, не обеспечивающие герметичность соединения, и резьбы для герметических соединений. К первой разновидности относится трубная цилиндрическая резьба (рис. 7.1).

В отличие от других видов резьб номинальный размер трубной резьбы характеризуется не ее наружным диаметром, а числовым значением (в дюймах) условного диаметра отверстия, на поверхности которого нарезана резьба.

В условное обозначение трубной цилиндрической резьбы должны входить буква G , обозначение размера резьбы и класса точности среднего диаметра. Условное обозначение для левой резьбы дополняется буквами LH .

Пример условного обозначения резьбы класса точности A :

$G 1 \frac{1}{2} A$; левой резьбы класса точности B : $G 1 \frac{1}{2} LH - B$. Длина свинчивания резьбы указывается в миллиметрах. Например: $G 1 \frac{1}{2} LH - B - 40$.

Дюймовая резьба имеет профиль с углом 55° с плоскосрезанными вершинами и впадинами (рис. 7.2). Шаг дюймовой резьбы выражается числом ниток резьбы на один дюйм.

На чертежах дюймовая резьба обозначается наружным диаметром в дюймах и классом точности. Например: $1''$ кл.: 2 — резьба дюймовая с углом профиля 55° , наружный диаметр один дюйм, 8 ниток на один дюйм, 2-й класс точности.

Трапецидальная одно- и многозаходная резьба (рис. 7.3) относится к кинематическим резьбам и предназначена для передачи движения. Она применяется в различных винтовых меха-

7.1. Степени точности и отклонения упорной резьбы по ГОСТ 25096—82 (СТ СЭВ 2058—79)

Вид резьбы	Диаметр резьбы	Степень точности	Основные отклонения
Наружная	1	4	
	2	7; 8; 9	
	3	7; 8; 9	
Внутренняя	2	7; 8; 9	Н А Н
	1	4	Н А Н

ходимо обеспечить поступательное перемещение винта и когда большая нагрузка действует всегда в одном направлении; например, при вертикальном перемещении узлов станка, винтовых домкратов большой грузоподъемности, гидравлических прессов и т. п. Эти резьбы обеспечивают повышенный коэффициент полезного действия (КПД) даже по сравнению с трапецидальными резьбами. Обычно применяют упорные резьбы двух типов: 1) с углом наклона боковой стороны 30° ; 2) с углом наклона боковой стороны 45° (усиленная резьба).

Номинальные профили наружных и внутренних резьб стандартизированы.

Допуски диаметров резьбы устанавливают по степени точности, обозначаемой цифрами (табл. 7.1).

В условное обозначение упорной резьбы входят буква *S*, номинальный диаметр резьбы и шаг; например: $S80 \times 10$ — упорная резьба, диаметр 80 и шаг 10 мм.

Для левой резьбы после условного обозначения размера указывают буквы *LH*, например: $S80 \times 10 LH$.

В условное обозначение многозаходной резьбы входят буква *S*, номинальный диаметр, ход, буква *P* (в скобках) и значение шага; например: $S80 \times 20(P10) LH$ — резьба упорная, двухзаходная, диаметр 80 мм, шаг 10 мм, ход 20 мм, левая.

7.2. РЕЗЦЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ РЕЗЬБОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Резьбовые резцы служат для нарезания наружной и внутренней резьбы. Они делятся на стержневые (однониточные и гребенчатые); призматические (однониточные и гребенчатые); круглые или дисковые (однониточные и гребенчатые). На рис. 7.5 показан стержневой однониточный резец.

Резьбовой резец имеет профиль, соответствующий профилю резьбы. Вершина резца, формирующая впадину резьбового профиля, в процессе резания находится в тяжелых условиях нагружения, и прочность ее оказывается недостаточной при нарезании резьбы сразу на всю глубину профиля. Поэтому нарезание резьбы профильным резцом производят за несколько проходов.

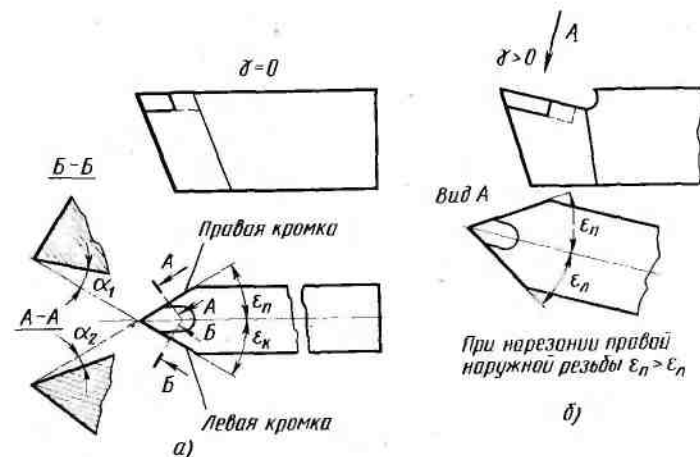


Рис. 7.5. Резьбовые стержневые однониточные резцы: а — с передним углом $\gamma = 0$, б — с $\gamma > 0$

Чтобы при повторных проходах резец возвращался в исходное положение без осевого перемещения, нельзя нарушать кинематическую связь суппортной группы и шпинделя станка, осуществляемую при нарезании резьбы через ходовой винт и падающий червяк. Поэтому перемещение резца в исходное положение осуществляют реверсом вращения шпинделя и перемещением суппортной группы.

В момент реверса вершина резца во избежание поломки не должна находиться в контакте с металлом обрабатываемой заготовки. Для этого необходимо предварительно проточить канавку для выхода резьбового резца. Ширина канавки нормализована и ее значение приводится в справочной литературе. Для того чтобы при реверсе не происходило трение задних поверхностей резца по нарезанной во время предыдущего прохода поверхности резьбы, резец необходимо отводить от обрабатываемой заготовки. На рис. 7.6 приведена схема установки и перемещения профильного резьбового резца в процессе обработки и показана циклограмма перемещения резца.

Перемещение A_2 является рабочим ходом, во время которого снимается очередной слой металла во впадине резьбы. Оно склады-

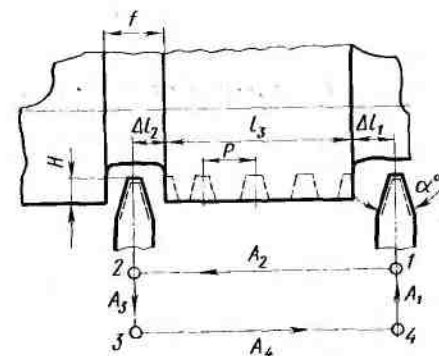


Рис. 7.6. Схема работы профильного резьбового резца

вается из длины l_3 нарезаемой резьбы, а также недобега Δl_1 и перебега Δl_2 . Обратное перемещение A_4 по длине равно рабочему ходу. Поперечная подача A_1 на очередном проходе несколько больше отвода A_3 предыдущего прохода.

Призматические резцы, применяемые для нарезания наружных и внутренних резьб, устанавливают без поворота на угол подъема нарезаемого витка. Для резьб с углом подъема витка $\omega \leq 4^\circ$ задние углы $\alpha_1 = \alpha_2 = 6^\circ$; для резьб с $\omega > 4^\circ$ $\alpha_1 = 10^\circ$, $\alpha_2 = 3 \div 5^\circ$. Для многозаходных резьб $\alpha_1 = 8^\circ + \omega$, а $\alpha_2 = 8^\circ - \omega$. Передний угол на чистовых резьбовых резцах $\gamma = 0^\circ$, а на черновых $\gamma = 5 \div 25^\circ$ в зависимости от обрабатываемого материала.

При нарезании метрических резьб для быстрорежущих резцов угол профиля $\epsilon = 60^\circ$, а для твердосплавных резцов $\epsilon = 59 \div 59^\circ 30'$, так как нарезание резьбы при высоких скоростях резания приводит к искажению ее профиля.

Призматические резцы применяют для нарезания треугольных резьб с углом подъема витка $\omega < 5^\circ$. Задний угол α обеспечивается наклоном резца в державке и составляет 15° . Призматические резцы затачивают только по передней поверхности. Призматический резьбовой резец закрепляют в специальной державке, часто пружинной. Передний угол γ принимают в зависимости от обрабатываемого материала. Призматические резцы применяют только при нарезании резьб с небольшим углом подъема, так как у этих резцов нельзя принимать разные задние углы на боковых сторонах профиля.

Чаще используют круглые резьбовые резцы. Изготовление круглого резца проще призматического, профиль его может быть шлифован на резьбошлифовальном станке. Круглые резцы для наружной резьбы выполняют насадными. Резец устанавливают на державку: для предохранения от проворота он снабжен зубцами на одном или обоих торцах (аналогично круглым фасонным резцам).

Для получения заднего угла $\alpha = 10 \div 12^\circ$, центр резца должен быть установлен выше центра заготовки на величину

$$h_p = R \sin(\alpha + \gamma).$$

У чистовых круглых резьбовых резцов $\gamma = 0^\circ$ в целях уменьшения искажения профиля резьбы. Однако круглый резец не обеспечивает получения точного прямолинейного профиля резьбы даже при $\gamma = 0^\circ$. Для расчета профиля круглого резьбового резца можно использовать способ расчета фасонных резцов по точкам.

Многониточные резцы называют гребенками. Они бывают плоские, призматические, круглые с кольцевой или винтовой нарезкой. Режущая или заборная часть гребенки срезается под углом φ , образуя заборный конус. Благодаря этому нагрузка распределяется между двумя или тремя зубьями гребенки, что позволяет значительно уменьшить число проходов при нарезании. Калибрующая часть гребенки длиной 4–6 витков предназначена для зачистки нарезанной резьбы.

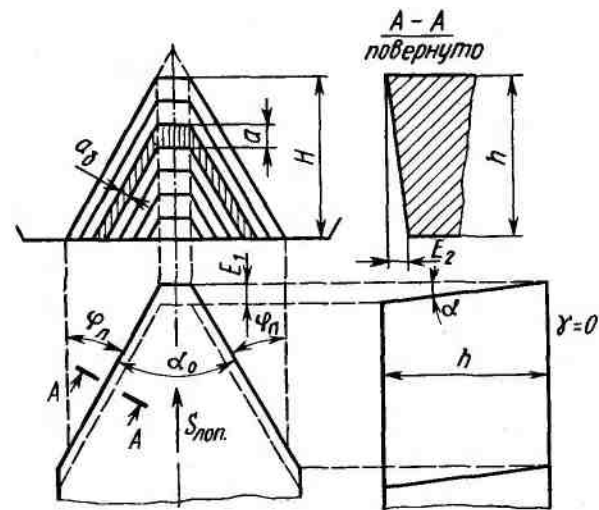


Рис. 7.7. Схема резания профильным резьбовым резцом

Стержневые и призматические гребенки из-за трудности изготовления не получили широкого распространения.

Резьбовые круглые гребенки, у которых витки расположены по винтовой линии, могут применяться и при больших углах ω .

Срезание с заготовки всего припуска и формирование готовой винтовой канавки полного резьбового профиля осуществляется за i рабочих проходов резца. В промежутках между рабочими проходами резьбовому резцу сообщается поперечная подача $s = H/i$, где H — высота нарезаемого резьбового профиля. На схеме последовательного срезания припуска профильным резьбовым резцом (рис. 7.7) показаны положения режущих кромок резца в процессе формирования полного профиля резьбы. Поперечное сечение срезаемого слоя во время одного прохода выделено на схеме штриховкой.

При нарезании профильных резьб (трапецидальной, упорной, прямоугольной) установка передней поверхности резца параллельно оси (рис. 7.8, а) позволяет получить точный профиль резьбы.

Угол профиля резьбы (если передний угол γ получается таким же, как и угол профиля резца). Однако ухудшение условий резания на кромке с отрицательным передним углом γ_1 (а при очень большом угле ω подъема резьбы и ослабление кромки с углом γ_2)

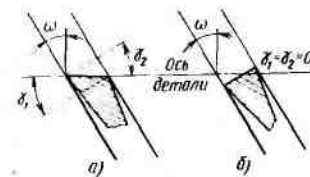


Рис. 7.8. Способы установки резца при нарезании трапецидальной резьбы:

а — передняя поверхность резца параллельна оси детали, б — передняя поверхность резца перпендикулярна к витку резьбы

заставляет применять этот способ установки резца только при чистовом нарезании резьбы с небольшими сечениями стружки.

Установка передней поверхности резца перпендикулярно витку резьбы (рис. 7.8, б) при черновом нарезании позволяет уравнять условия резания на обеих сторонах профиля. Но для обеспечения точного прямолинейного профиля резьбы необходимо придать режущей кромке резца криволинейную форму.

Режимы резания при нарезании резьбы резьбовыми резцами зависят от размеров нарезаемой резьбы, физико-механических свойств материала заготовки и материала режущей части резьбового резца, условий обработки, использования СОЖ, а также вида обработки резьбы.

В табл. 7.2 приведены скорости резания при нарезании метрической резьбы (обрабатываемый материал сталь 45; материал резца сталь Р18; работа осуществляется с использованием СОЖ).

7.2. Скорость резания при нарезании резьбы быстрорежущими резцами

Шаг резьбы p , мм	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0
Скорость резания, м/мин	Черновая обработка					
	36	31	30	27	24	22
	Чистовая обработка					
	64	56	50	48	42	38
	Зачистные ходы					
	4	4	4	4	4	4
Число рабочих ходов	Черновых					
	5	6	7	7	8	9
	Чистовых					
	3	3	4	4	4	4

7.3. Скорости резания и число рабочих ходов при нарезании наружной резьбы на деталях из конструкционной стали резцами, оснащенными пластинками из твердого сплава Т15К6 (работа без охлаждения)

Предел прочности σ_b , МПа	Твердость, НВ	Скорость резания, м/мин				
		Шаг резьбы, мм				
		2	3	4	5	6
550	153—161	187	182	179	176	173
650	179—192	146	142	139	137	135
750	210—220	118	115	113	111	109
850	235—250	107	101	98	95	93
Число рабочих ходов	черновых	3	4	5	7	8
	чистовых	2	2	2	2	2

В табл. 7.3 приведены скорости резания и число рабочих ходов при нарезании наружной резьбы на деталях из конструкционной стали резцами, оснащенными пластинами из твердого сплава Т15К6 (работа без охлаждения).

7.3. НАСТРОЙКА ТОКАРНОГО СТАНКА ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ РЕЗЬБЫ РЕЗЦОМ

У большинства современных токарных станков настройку для нарезания однозаходной резьбы осуществляют зацеплением соответствующих зубчатых колес коробки подач. Различные комбинации зацепления колес выполняют с помощью рукояток коробки подач.

Токарные станки снабжаются таблицей с указанием положения этих рукояток для того или иного шага нарезаемой резьбы.

Для нарезания резьб, не приведенных в таблице, необходимо подобрать сменные зубчатые колеса гитары. В этом случае передаточное отношение сменных колес подсчитывается по формулам:

$$u_{см} = P_{нар}/P_{табл} \text{ — для метрической резьбы;}$$

$$u_{см} = n_{табл}/n_{нар} \text{ — для дюймовой резьбы;}$$

$$u_{см} = m_{нар}/m_{табл} \text{ — для модульной резьбы;}$$

$$u_{см} = P_{табл}/P_{нар} \text{ — для питчевой резьбы,}$$

где P — шаг резьбы; n — число ниток на один дюйм; m — модуль, мм.

При подсчете сменных колес по приведенным выше формулам следует брать по таблице шаг, близкий к шагу нарезаемой резьбы, и установить все рукоятки для нарезания выбранного табличного шага согласно таблице в паспорте станка. Для станка мод. 16К20 рукоятки управления и их положение при нарезании резьб показаны на рис. 7.9 и в табл. 7.4. Нарезание метрических и дюймовых резьб с шагами, указанными в табл. 7.4, возможно только при условии установки сменных шестерен:

$$\frac{K}{L} \cdot \frac{L}{N} = \frac{40}{86} \cdot \frac{86}{64}$$

При этом рукоятками 3, 4, 6 надо установить необходимый тип нарезаемой резьбы; рукоятками 5 и 7 выбрать требуемый шаг; рукоятками 1 и 2 установить рекомендуемую частоту вращения шпинделя станка. Для нарезания модульных и питчевых резьб необходимо установить сменные шестерни:

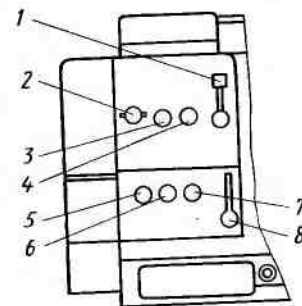


Рис. 7.9. Рукоятки станка мод. 16К20:

1 — установка ряда частоты вращения шпинделя, 2 — установка частоты вращения шпинделя, 3 — установка нормального и увеличенного шага резьбы и положения при делении многозаходных резьб, 4 — установка правой и левой резьбы, 5 — установка деления подачи и шага резьбы, 6 — установка шда работ, 7 — установка величины подачи и шага резьбы, 8 — отключение механизма коробки подач при нарезании резьбы наизякую

$$\frac{K}{L} \cdot \frac{M}{N} = \frac{60}{73} \cdot \frac{86}{36}$$

и все рукоятки поставить в соответствующее положение.

Установкой сменных шестерен $\frac{K}{L} \cdot \frac{L}{N} = \frac{60}{86} \cdot \frac{86}{48}$ создается возможность нарезания метрических и дюймовых резьб с шагом, равным удвоенному шагу, указанному в табл. 7.4.

7.4. ОБРАБОТКА МНОГОЗАХОДНЫХ РЕЗЬБ

Для обработки многозаходных резьб необходимо соответствующим образом настроить динамическую систему станка.

Сменные зубчатые колеса для нарезания многозаходной резьбы подбираются способами, применяемыми для настройки однозаходной резьбы, но вместо шага нарезаемой резьбы во всех случаях берут ход резьбы, который равен шагу, умноженному на число заходов.

Одним из способов деления на заходы является способ деления с помощью верхних салазок, устанавливаемых параллельно оси станка. Этот способ применяют, если винт и гайка верхних салазок суппорта не изношены. После нарезания первой винтовой канавки резьбы резец отводят от заготовки и возвращают в исходное положение. Для нарезания следующей резьбовой канавки перемещают резец в продольном направлении на величину шага резьбы. После чего нарезают вторую канавку и т. д.

Давление на заходы можно производить при помощи градуированного патрона, который устанавливают на шпинделе станка. Поворотная часть патрона по окружности размечена в соответствии с числом заходов. При нарезании соответствующей нитки необходимо повернуть патрон на угол $360^\circ/Z$, где Z — число заходов.

В единичном производстве деление многозаходной резьбы на заходы осуществляют при помощи индикатора (рис. 7.10). Обрабатываемую заготовку 3 закрепляют в патроне и поджимают задним центром. После нарезания первой винтовой канавки резец выводят из нее поперечной подачей. Затем закрепляют в резцедержателе индикатор 4 и, не включая маточной гайки ходового винта, продольной подачей подводят наконечник индикатора к плитке 1 с определенным натягом индикатора по шкале. Запомнив показания индикатора, заменяют плитку 1

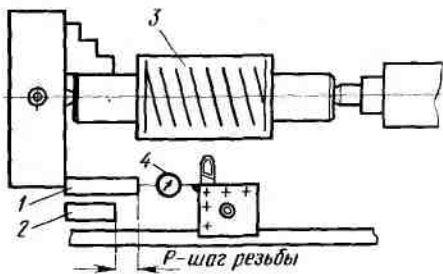


Рис. 7.10. Способ деления резьбы на заходы:

1, 2 — мерные плитки; 3 — заготовка; 4 — индикатор

7.4. Шаги резьб, нарезаемых на станке мод. 16К20

Вид резьбы	Шаг резьбы	Частота вращения шпинделя, об/мин	Шаги нарезаемой резьбы при положении рукояток 5 и 7 (см. рис. 7.9)												
			А			В			С			Д			
			I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
Метрическая, модульная	Нормальный	12,5—160	0,5	—	0,75	—	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3,0	3,5	4,0
		200—630	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8
	Увеличенный	50—160	4	5	6	7	8	10	12	14	16	20	24	28	32
		12,5—40	16	20	24	28	32	40	48	56	64	80	96	112	—
Дюймовая, питчевая	Нормальный	12,5—160	32	40	48	56	16	20	24	28	8	10	12	14	4
		200—630	16	20	24	28	8	10	12	14	4	5	6	7	2
	Увеличенный	50—160	4	5	6	7	2	2,5	3	3,5	1	1,25	1,5	1,75	0,5
		12,5—40	1	1,25	1,5	1,75	0,5	—	—	0,75	—	—	—	—	—

7.5. Число ниток для переключения гайки ходового винта при делении резьбы на заходы

Ход нарезаемого винта, мм	Шаг нарезаемого винта, мм	Число заходов на нарезаемого винта	Число ниток при шаге ходового винта станка, мм			Ход нарезаемого винта, мм	Шаг нарезаемого винта, мм	Число заходов на нарезаемого винта	Число ниток при шаге ходового винта станка, мм		
			4	6	12				4	6	12
4	2	2	—	1	—	24	6	4	—	1	—
6	2	3	1	—	—	16	8	2	2	4	2
8	2	4	—	1	—	32	8	4	2	4	2
6	3	2	—	—	—	40	10	4	—	5	—
9	3	3	3	1	1	24	12	2	3	2	1
12	3	4	—	—	—	36	12	3	3	2	1
8	4	2	1	2	1	48	12	4	3	2	1
12	4	3	1	—	—	32	16	2	4	8	4
16	4	4	1	2	1	48	16	3	4	—	—
10	5	2	—	—	—	40	20	2	5	10	5
15	5	3	5	—	—	80	20	4	5	10	5
20	5	4	—	—	—	48	24	2	6	4	2
12	6	2	—	1	—	72	24	3	6	4	2
18	6	3	3	1	1						

Примечание. В тех случаях, когда число ниток не указано, деление по методу переключения гайки ходового винта не производится.

на плитку 2, размер которой меньше на величину шага резьбы. Винтом верхних салазок суппорта перемещают резцедержатель вместе с резцом и индикатором влево до получения на индикаторе такого же натяга, как и при установке плитки 1. Убрав индикатор и плитку 2 нарезают вторую винтовую канавку резьбы. Этот метод применим для различного числа заходов резьбы; точность обработки соответствует цене деления индикатора.

Предварительное нарезание многозаходных резьб осуществляют одновременным прорезанием нескольких канавок резцами, установленными в резцедержателе на расстоянии, точно соответствующем шагу резьбы.

Метод деления резьбы на заходы заключается в переключении гайки ходового винта. Чтобы произвести деление по этому методу, необходимо определить число ниток ходового винта, на которое должна быть перемещена маточная гайка (табл. 7.5).

7.5. ВИХРЕВОЙ МЕТОД НАРЕЗАНИЯ РЕЗЬБЫ

Все большее распространение находит вихревое нарезание резьбы. Этот способ заключается в том, что при вращении обрабатываемой заготовки и параллельном движении резцовой головки вдоль ее оси (с определенным шагом за один оборот заготовки) осуществляется результирующее движение по винтовой линии. Ось резцовой головки смещена параллельно оси обрабаты-

ваемой заготовки на величину e , поэтому процесс нарезания получается прерывистым (рис. 7.11).

Резцовая головка представляет собой диск, в котором закреплены два, четыре или шесть резцов, профиль которых соответствует профилю нарезаемой резьбы.

При вихревом нарезании режущие кромки каждого резца находятся в контакте с обрабатываемой поверхностью заготовки только на некоторой части окружности. По остальной, большей части окружности резцы проходят по воздуху и охлаждаются, что повышает их стойкость. Вихревое нарезание можно выполнять как на специальных станках, так и на обычных токарных, если оснастить их специальными резцовыми головками с отдельным приводом.

Вершины резцов устанавливают в инструментальной головке по окружности диаметром D_p , большим, чем диаметр d_n нарезаемой резьбы: при $d_n = 30 \div 40$ мм диаметр $D_p = d_n + (6 - 8)$ мм; при $d_n = 41 \div 60$ мм диаметр $D_p = d_n + (8 - 10)$ мм.

Смещение оси вращения инструментальной головки относительно вращения заготовки определяют по формуле $e = D_p - (d_n/2) + t$, где t — глубина профиля резьбы.

Вихревое нарезание производят при сравнительно высоких режимах обработки. Так, ходовые винты из стали 40Г резцами, оснащенными пластинами твердого сплава, нарезают со скоростью 250—300 м/мин при подаче 0,2—0,5 мм/об (резца).

По сравнению с фрезерованием вихревое нарезание резьбы резцами с пластинами из твердого сплава и с применением охлаждения более производительное, дает малую шероховатость поверхности и снижает деформации резьбы. Уменьшить шероховатость и повысить точность резьбы можно увеличением числа резцов в головке и специальным распределением между ними элементов обработки резьбы. Так, при применении головки из четырех резцов два противоположно расположенных резца обрабатывают поверхность по внутреннему диаметру, третий — профилирует резьбу, а четвертый — зачищает резьбу и снимает заусенцы.

Применение инструментальных головок с тангенциальным расположением резцов при вихревом нарезании еще более эффективно. Вихревое нарезание может быть применено для нарезания винтов 3—4-го классов точности или как предварительная операция для нарезания винтов более высоких классов точности.

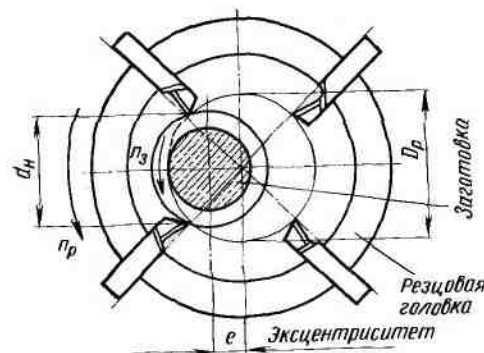


Рис. 7.11. Схема вихревого нарезания наружной резьбы

7.6. ПРИМЕНЕНИЕ СОЖ ПРИ ОБРАБОТКЕ РЕЗЬБ

При нарезании резьбы резцами используют СОЖ, которые повышают качество нарезаемой резьбы, уменьшают шероховатость исполнительных поверхностей резьбы, а также увеличивают стойкость режущего инструмента. В табл. 7.6 приведены СОЖ для нарезания резьбы в зависимости от обрабатываемого материала.

7.6. СОЖ для нарезания резьбы в зависимости от обрабатываемого материала

Обрабатываемый материал	СОЖ	Обрабатываемый материал	СОЖ
Конструкционная и инструментальная стали	Эмульсия Сурепное масло Компаундированное масло	Чугунное литье	Без охлаждения Сурепное масло Керосин
		Бронза Латунь Алюминий	Без охлаждения Сурепное масло Без охлаждения Эмульсия
Легированные стали	Сульфозфрезол Эмульсия		
Стальное литье	Сурепное масло		

Контрольные вопросы

1. Какая резьба называется правой и левой?
2. Какие показатели характеризуют профиль резьбы?
3. Какие используются резцы для нарезания резьбы?
4. Вихревой метод нарезания резьбы.
5. Способы настройки станка на нарезание многозаходной резьбы.

ГЛАВА 8

ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ И ВЫПОЛНЯЕМЫЕ НА НИХ РАБОТЫ

8.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ФРЕЗЕРОВАНИИ

Фрезерование — процесс механической обработки, при котором режущий инструмент — фреза — совершает вращательное движение (со скоростью резания v), а обрабатываемая заготовка — поступательное (со скоростью подачи s). При фрезеровании образуется прерывистая стружка переменного сечения. Режущие зубья могут располагаться на цилиндрической и на торцовой поверхности фрезы. Каждый зуб фрезы является простейшим инструментом — резцом. Фрезы, как правило, — многозубый инструмент.

Поверхности и режущие кромки зубьев цилиндрических фрез (рис. 8.1, а): 1 — передняя поверхность; 2 — главная режущая кромка; 3 — главная задняя поверхность; 4 — вспомога-

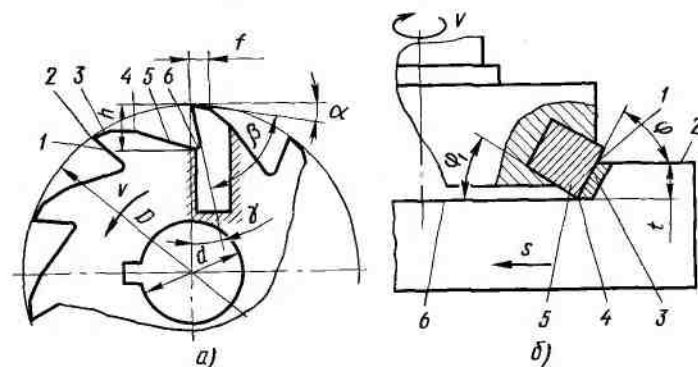


Рис. 8.1. Зуб фрезы:
а — цилиндрический, б — торцовый

тельная задняя поверхность; 5 — спинка зуба; 6 — канавка. Главная режущая кромка цилиндрической фрезы (вспомогательная режущая кромка у таких фрез отсутствует) может быть прямолинейной (по образующей цилиндра), наклонной к образующей цилиндра и винтовой. У зубьев торцевых фрез различают (рис. 8.1, б): главную режущую кромку 1, расположенную под углом φ к направлению подачи; вспомогательную режущую кромку 5, расположенную под углом φ_1 к направлению подачи; переходную режущую кромку 4, соединяющую кромки 1 и 5.

В зависимости от поверхности, по которой выполняется затачивание, зубья фрезы бывают затылованные (имеющие форму задней поверхности, которая обеспечивает постоянство профиля режущей кромки при повторном затачивании) (рис. 8.2, а) и незатылованные (остроконечные, затачиваемые по задней поверхности) (рис. 8.2, б).

Элементы фрезы (см. рис. 8.1, а). Высота h — расстояние между режущей кромкой зуба и дном канавки, измеренное в радиальном сечении фрезы перпендикулярно к ее оси; ширина фаски 3 — расстояние от режущей кромки по линии пересечения задней поверхности зуба с его спинкой, измеренное в направлении, перпендикулярном к режущей кромке.

Окружной шаг зубьев — расстояние между одноименными точками режущих кромок двух смежных зубьев, измеренное по дуге окружности с центром на оси фрезы и в плоскости, перпендикулярной к этой оси. Величина K затылования — понижение кривой затылования между режущими

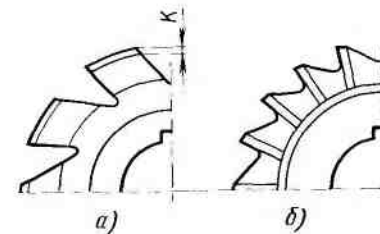


Рис. 8.2. Форма зуба фрезы

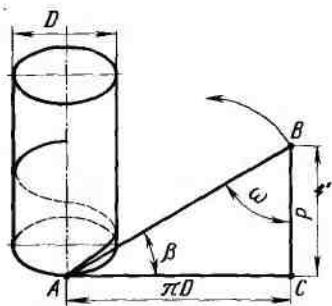


Рис. 8.3. Схема образования винтовой линии

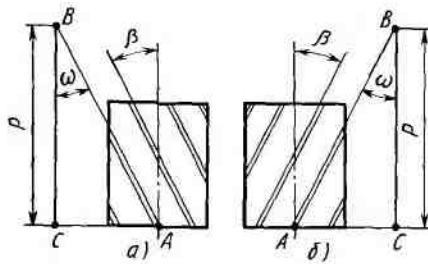


Рис. 8.4. Направление винтовых канавок

кромками двух соседних зубьев (см. рис. 8.2, а) — выемка для отвода стружки, ограниченная передней поверхностью одного зуба и задней поверхностью и спинкой соседнего зуба. Канавка может быть прямой и винтовой: прямая направлена параллельно оси фрезы; винтовая — по винтовой линии.

Если гибкий треугольник ABC (рис. 8.3) накручен на цилиндр так, чтобы катет $AS = \pi D$ совпал с основанием цилиндра диаметром D , то гипотенуза AB образует на цилиндре винтовую линию (левую или правую). Шаг P винтовой линии — величина ее подъема, за один оборот вокруг цилиндра. $P = \pi D \operatorname{tg} \beta$, где β — угол подъема винтовой линии. Угол наклона винтовой линии $\omega = 90^\circ - \beta$.

Правая винтовая канавка направлена по винтовой линии с подъемом слева направо (рис. 8.4, а), а левая — с подъемом справа налево (рис. 8.4, б). Профиль канавки в нормальном сечении — линия пересечения поверхности канавки с плоскостью, нормальной к режущей кромке. Профиль канавки в поперечном сечении — линия пересечения поверхности канавки с плоскостью, перпендикулярной к оси фрезы (торцовой плоскостью).

Элементы режимов резания при фрезеровании. *Скорость резания*, м/мин: $v = \pi D n$, где D — диаметр фрезы, мм; n — частота вращения фрезы, об/мин.

Подачи при фрезеровании: подача S_z на зуб, мм/зуб — величина перемещения стола станка с обрабатываемой заготовкой или фрезы за время поворота ее на один зуб; обратная подача S_o , мм/об, — величина перемещения стола с обрабатываемой заготовкой или фрезы за один оборот фрезы ($S_o = S_z z$, где z — число зубьев фрезы); минутная подача S_m , мм/мин, — величина перемещения стола с обрабатываемой заготовкой или фрезы за одну минуту ($S_m = S_o n = S_z z n$). Стойкость фрезы T , мин, — время работы фрезы.

На фрезеруемой заготовке различают обрабатываемую поверхность 2, поверхность резания 3 и обработанную поверхность 6

(см. рис. 8.1, б). Глубина t резания при фрезеровании, мм, — расстояние между обработанной и обрабатываемой поверхностями (см. рис. 8.1, б). Ширина фрезерования, мм, — это поверхность заготовки, обработанная за один рабочий ход.

8.2. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СТАНКАХ ФРЕЗЕРНОЙ ГРУППЫ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Фрезерные станки в единой системе классификации станков составляют шестую группу, поэтому обозначение (шифр) любого фрезерного станка начинается с цифры 6. Различают две основные группы фрезерных станков: 1) общего назначения или универсальные (вертикально-фрезерные, горизонтально-фрезерные, продольно-фрезерные); 2) специализированные (шлицефрезерные, шпоночно-фрезерные, карусельно-фрезерные, копировально-фрезерные, резьбофрезерные и др.). По конструктивным особенностям эти станки подразделяются на консольные (стол расположен на подъемном кронштейне — консоли), бесконсольные (стол перемещается на неподвижной станине в продольном и поперечном направлениях) и непрерывного действия (карусельные и барабанные).

В единичном, мелко- и среднесерийном производстве наиболее распространены консольные фрезерные станки. Универсальный консольный горизонтально-фрезерный станок (рис. 8.5, а) имеет горизонтальный шпиндель 2 и выдвижной хобот 1, на который устанавливают серьгу 3, поддерживающую оправку с фрезой. Консоль 4 перемещается по направляющей стойки 5. На консоли расположены салазки 6 и стол 7.

Широкоуниверсальный консольный горизонтально-фрезерный станок (рис. 8.5, б) помимо горизонтального шпинделя имеет шпиндельную головку 1, которая может поворачиваться на хоботе в двух взаимно перпендикулярных направлениях, благодаря чему шпиндель с фрезой можно устанавливать под любым углом к плоскости стола и к обрабатываемой заготовке. На головке 1 монтируют накладку 2 для сверления, рассверливания, зенкерования, растачивания и фрезерования.

Консольный вертикально-фрезерный станок (рис. 8.5, в) имеет вертикальный шпиндель 3, который размещен в поворотной шпиндельной головке 2, установленной на стойке 1. Бесконсольные вертикально- и горизонтально-фрезерные станки (рис. 8.5, д и е), служащие для обработки крупногабаритных деталей, имеют салазки 2 и стол 3, которые перемещаются по направляющим станины 1. Шпиндельная головка 5 перемещается по направляющим стойки 6. Шпиндель 4 имеет осевые перемещения при установке фрезы.

Продольно-фрезерные станки (рис. 8.5, ж) предназначены для обработки крупногабаритных плоскостей. На станине 1 установлены две вертикальные стойки 6, соединенные поперечиной 7. На направляющих стоек смонтированы фрезерные головки 3 с

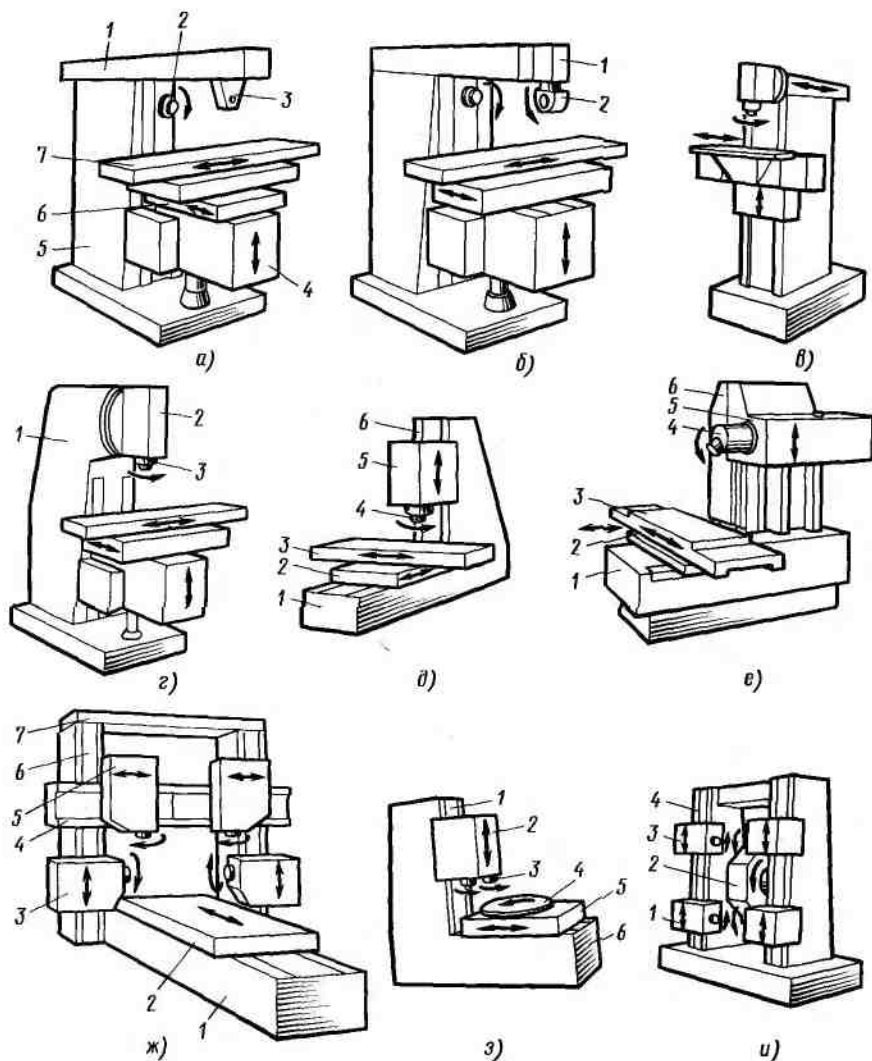


Рис. 8.5. Фрезерные станки:

а — универсальный консольный горизонтально-фрезерный, *б* — широкоуниверсальный консольный горизонтально-фрезерный, *в* — широкоуниверсальный бесконсольно-фрезерный, *г* — консольный вертикально-фрезерный, *д* — бесконсольный вертикально-фрезерный, *е* — бесконсольный горизонтально-фрезерный, *ж* — продольно-фрезерный, *з* — карусельно-фрезерный, *и* — барабанно-фрезерный

горизонтальными шпинделями и траверса (поперечина) 4. На последней установлены фрезерные головки 5 с вертикальными шпинделями. Стол 2 перемещается по направляющим станины 1.

Карусельно-фрезерные станки (рис. 8.5, *з*), предназначенные для обработки поверхностей торцовыми фрезами, имеют один или несколько шпинделей 3 для черновой и чистовой обработки. По

направляющим стойки 1 перемещается шпиндельная головка 2. Стол 4, вращаясь непрерывно, сообщает установленным на нем заготовкам движение подачи. Стол с салазками 5 имеет установочное перемещение по направляющим станины 6. Барабанно-фрезерные станки (рис. 8.5, *и*) используются в крупносерийном и массовом производстве. Заготовки устанавливаются на вращающемся барабане 2, имеющем движение подачи. Фрезерные головки 3 (для черновой обработки) и 1 (для чистовой обработки) перемещаются по направляющим стоек 4.

8.3. КЛАССИФИКАЦИЯ И КОНСТРУКЦИЯ ФРЕЗ

По технологическому признаку различают фрезы для обработки плоскостей, пазов, шлицев, фасонных поверхностей, тел вращения, зубчатых и резьбовых поверхностей, разрезания материала и др.

По конструктивным признакам фрезы подразделяют следующим образом: 1) по расположению зубьев на исходном цилиндре (торцовые, цилиндрические, дисковые, двухсторонние, угловые, фасонные, концевые и др.); 2) по конструкции зуба (с острозаточенными и затылованными зубьями); 3) по направлению зуба (с прямыми, наклонными, винтовыми, равнонаправленными зубьями); 4) по конструкции фрезы (цельные, составные, со вставными зубьями, сборные); 5) по способу крепления (насадные, концевые с коническим или цилиндрическим хвостовиком); 6) по виду инструментального материала режущей части (из быстрорежущей стали, твердых сплавов, режущей керамики, сверхтвердых материалов). Основные типы фрез показаны на рис. 8.6.

Цилиндрические и торцовые фрезы предназначены для обработки плоскостей. Дисковые фрезы (пазовые, двухсторонние, трехсторонние) применяют для фрезерования пазов, уступов и боковых плоскостей. Прорезные и отрезные фрезы используют для прорезания узких пазов и разрезания материалов. Концевые фрезы применяют для обработки пазов, уступов и плоскостей шириной $B \leq 0,8 D$, где D — диаметр концевой фрезы. Угловые фрезы применяют в основном для фрезерования стружечных канавок режущих инструментов и сколов. Фасонные фрезы предназначены для фрезерования фасонных поверхностей.

Фрезы изготовляют цельными и сборными (корпус из конструкционной стали, а режущие зубья из быстрорежущей стали или твердого сплава). Цилиндрические фрезы диаметром до 90 мм, торцовые насадные фрезы диаметром до 110 мм, дисковые трехсторонние фрезы с мелким зубом, дисковые пазовые, угловые, фасонные, отрезные, прорезные, концевые и шпоночные фрезы изготовляют цельными. Цилиндрические торцовые и дисковые фрезы диаметром более 75 мм и торцовые фрезерные головки изготовляют со вставными зубьями.

Широкое распространение получили сборные фрезы со вставными ножами из быстрорежущей стали или твердого сплава

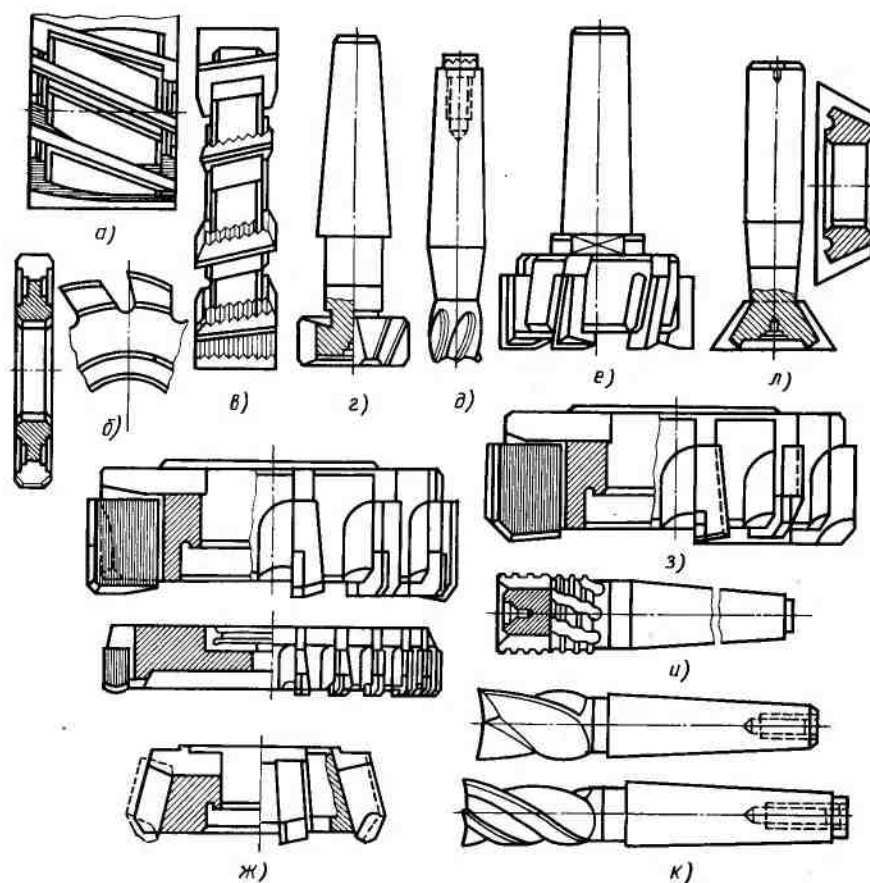


Рис. 8.6. Основные типы фрез:

а — цилиндрическая, б — дисковая, в—г — Т-образная, д — концевая, е — торцовая с хвостовиком, ж — торцовая насадная, з — торцовая ступенчатая, и — концевая обдирочная, к — шпоночная, л — угловая

(рис. 8.7, а—е) и с механическим креплением режущих пластин. Для одновременного фрезерования нескольких поверхностей применяют набор фрез, состыкованных с помощью цилиндрических выточек на торцах фрез. Широко применяют сборные конструкции фрез с неперетачиваемыми твердосплавными пластинами. Механическое крепление пластин дает возможность их поворота для обновления режущей кромки и позволяет использовать фрезы без перетачивания. После полного износа пластина быстро заменяется новой. Торцовые фрезы общего назначения оснащаются круглыми, шестигранными, пятигранными, четырехгранными, трехгранными твердосплавными пластинами. Торцовая фреза (рис. 8.8) состоит из корпуса 1, клиньев 2 и 3, режущей пластины 4, вставки 5 и опоры 6.

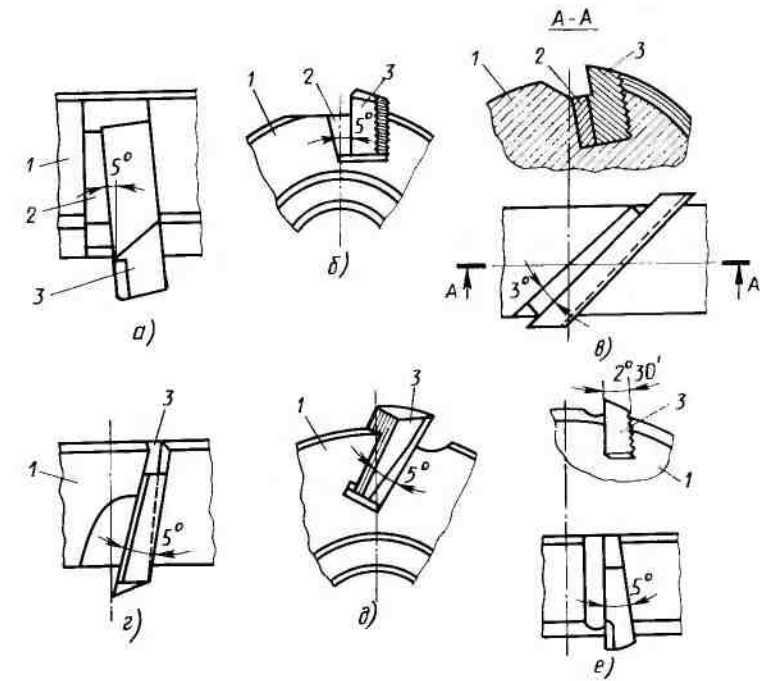


Рис. 8.7. Фрезы со вставными ножами:
1 — корпус фрезы, 2 — клин, 3 — нож

При фрезеровании с большими припусками используют резцовые головки ступенчатого резания. Такие фрезы позволяют снимать припуск 18—22 мм за один рабочий ход вместо двух или трех при фрезеровании обычными фрезами. Припуск делится между отдельными зубьями фрезы, поэтому фрезерование протекает без вибраций. Выпускают торцовые фрезы с механическим креплением пластин из композита; эти фрезы позволяют снимать припуск 4—16 мм при скорости резания 800—2000 м/мин и подаче 2000—3000 мм/мин.

Конструкция фрезы определяет способ ее закрепления на станке. Фрезы с осевым отверстием крепят на оправках и называют насадными. Фрезы, имеющие цилиндрический или конический хвостовик, называют хвостовыми. Насадную фрезу 1 (цилиндрическую, дисковую, угловую и т. д.) закрепляют на центральной оправке 2 (рис. 8.9, а), которую устанавливают в коническое отверстие шпинделя 3 и за-

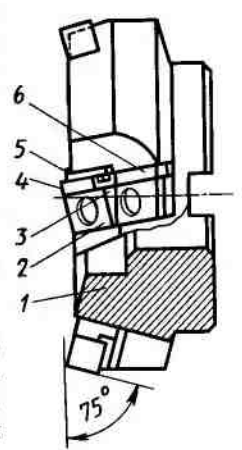


Рис. 8.8. Торцовая фреза с механическим креплением режущих пластин из твердого сплава

тягивают болтом 4. Сухари 5, входящие в пазы фланца шпинделя и отправки, удерживают ее от проворота. Вращение фрезы передается через шпонку 6. Правый конец оправки поддерживают подшипники 7 серьги 8. Осевое положение фрезы на оправке фиксируют гайкой 9 и установочными кольцами 10. Этот способ закрепления используют в основном на горизонтально-фрезерных станках. Торцовые и дисковые фрезы закрепляют на кольцевой оправке 11 с помощью шпонки 12 и винта 13 (рис. 8.9, б). Фрезы с коническим хвостовиком закрепляют или непосредственно в коническом отверстии шпинделя, или через переходную втулку 14 (рис. 8.9, в). Торцовые фрезы могут закрепляться непосредственно на шпинделе винтами 15 (рис. 8.9, г). Для закрепления

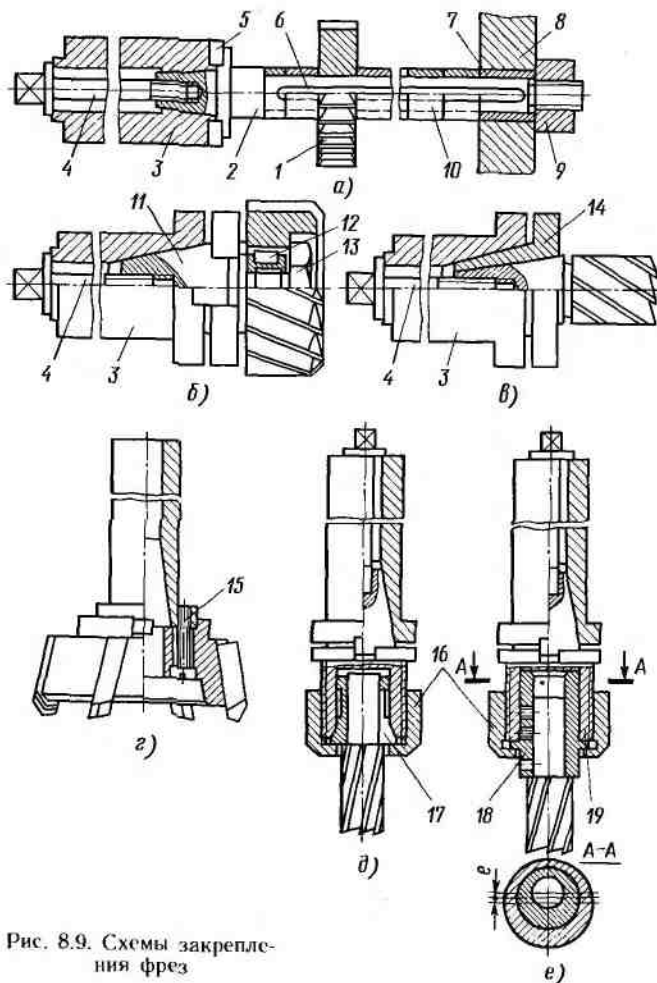


Рис. 8.9. Схемы закрепления фрез

фрез с цилиндрическим хвостовиком используют различные по конструкции патроны: цанговые (рис. 8.9, д), с регулируемым эксцентриситетом втулки 18 и корпуса оправки 19 (рис. 8.9, е), которые устанавливают в шпинделе станка как концевые оправки. При закручивании гайки 16 последняя вжимает цангу 17, которая закрепляет фрезу.

8.4. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ И СХЕМЫ ФРЕЗЕРОВАНИЯ

При цилиндрическом фрезеровании ось фрезы параллельна обрабатываемой поверхности; работа осуществляется зубьями, расположенными на цилиндрической поверхности фрезы. При торцовом фрезеровании ось фрезы перпендикулярна к обработанной поверхности; в работе участвуют зубья, расположенные как на торцовой, так и на цилиндрической поверхности фрезы. Торцовое и цилиндрическое фрезерование можно выполнять двумя способами: встречным фрезерованием, когда направление подачи s противоположно направлению вращения фрезы (рис. 8.10, а), и попутным фрезерованием (рис. 8.10, б), когда направление подачи s совпадает с направлением вращения фрезы.

При встречном фрезеровании нагрузка на зуб фрезы увеличивается постепенно, резание начинается в точке 1 и заканчивается в точке 2 с наибольшей толщиной a_{max} срезаемого слоя (рис. 8.10, а).

При попутном фрезеровании зуб начинает резание со слоя наибольшей толщины, поэтому в момент входа зуба в контакт с обрабатываемой заготовкой наблюдается явление удара. При встречном фрезеровании процесс резания происходит спокойнее, так как толщина срезаемого слоя возрастает плавно и, следовательно, нагрузка на станок возрастает постепенно. Попутное фрезерование следует выполнять на станках, имеющих достаточную жесткость и виброустойчивость, и главным образом при отсутствии зазора в сопряжении ходовой винт—гайка продольной подачи стола.

При обработке заготовок с черной поверхностью (по корке) попутное фрезерование применять не следует, так как при врезании зуба фрезы в твердую корку происходит преждевременный износ и выход из строя фрезы. При фрезеровании заготовок с предварительно обработанными поверхностями попутное фрезерование предпочтительнее встречного, что объясняется следующим. При попутном фрезеровании заготовка прижимается к столу, а стол к направляющим, благодаря чему повышаются жесткость

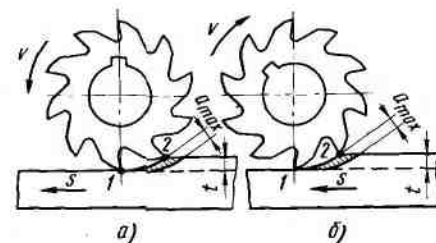


Рис. 8.10. Схемы встречного (а) и попутного (б) фрезерования

инструмента и качество обработанной поверхности. При встречном же фрезеровании фреза стремится оторвать заготовку от поверхности стола.

Как при попутном, так и при встречном фрезеровании можно работать при движении стола в обоих направлениях, что позволяет выполнять черновое и чистовое фрезерование за одну операцию.

Для фрезерования заготовку устанавливают и закрепляют на столе станка. В единичном и мелкосерийном производстве для этого применяют универсальные приспособления (машинные тиски, прижимные планки и т. д.), а в серийном и массовом — специальные приспособления. На рис. 8.11 показаны схемы фрезерования поверхностей на универсальных фрезерных станках.

При фрезеровании на горизонтально-фрезерных станках, как правило, используют продольную S_{np} и режу поперечную S_n и вертикальную S_v подачи. На вертикально-фрезерных станках используют продольную и поперечную подачи в зависимости от пространственного расположения обрабатываемой поверхности, а вертикальную подачу практически не используют. Вертикальные поверхности на горизонтально-фрезерных станках (рис. 8.11, а) обрабатывают торцовыми насадными фрезами или фрезерными головками, а на вертикально-фрезерных (рис. 8.11, з) — концевыми фрезами.

Горизонтальные поверхности обрабатывают цилиндрическими фрезами на горизонтально-фрезерных станках (рис. 8.11, б) и торцовыми насадными фрезами на вертикально-фрезерных станках (рис. 8.11, в).

Узкие наклонные поверхности на горизонтально-фрезерных станках получают угловой фрезой (рис. 8.11, д). Широкие наклонные поверхности удобнее обрабатывать на вертикально-фрезерных станках с поворотной шпиндельной головкой (рис. 8.11, е) торцовой насадкой или концевой фрезой. Уступы и прямоугольные пазы на горизонтально-фрезерных станках обрабатывают соответственно дисковыми двухсторонними (рис. 8.11, ж) и трехсторонними (рис. 8.11, з) и на вертикально-фрезерных станках — концевыми (рис. 8.11, з, к) фрезами. Фасонные поверхности обрабатывают фасонными фрезами (рис. 8.11, л). Пазы типа «ласточкин хвост» и «Т-образные» обрабатывают на вертикально-фрезерных станках: сначала фрезеруют прямоугольный паз концевой фрезой, а затем концевой угловой (рис. 8.11, м) или Т-образной фрезой (рис. 8.11, п).

На горизонтально-фрезерных станках шпоночные пазы обрабатывают дисковыми фрезами (рис. 8.11, о), а на вертикально-фрезерных — концевыми или шпоночными фрезами (рис. 8.11, н). Одновременную обработку нескольких поверхностей выполняют набором фрез (рис. 8.11, у).

На продольно-фрезерных станках торцовыми и насадными фрезами обрабатывают вертикальные, горизонтальные, наклон-

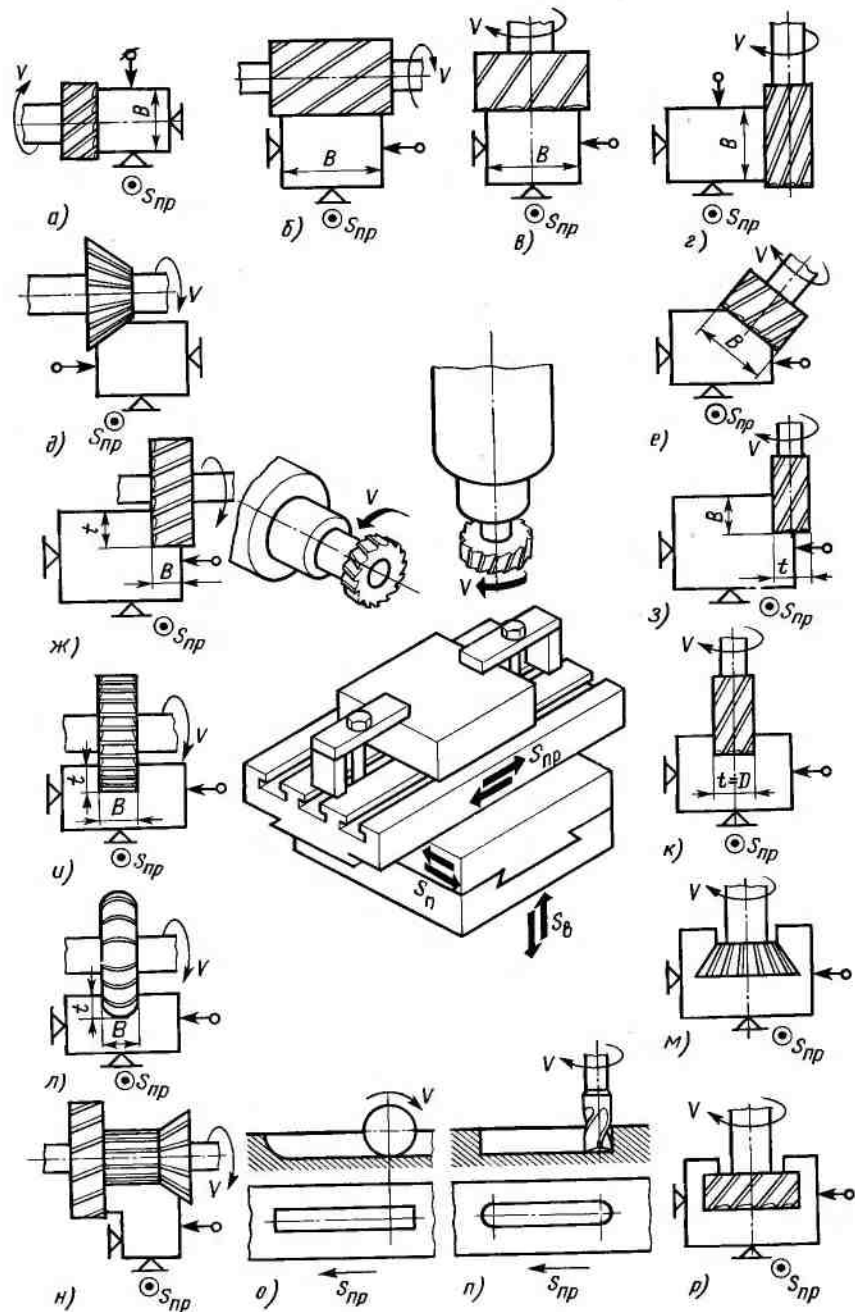


Рис. 8.11. Схемы фрезерования поверхностей

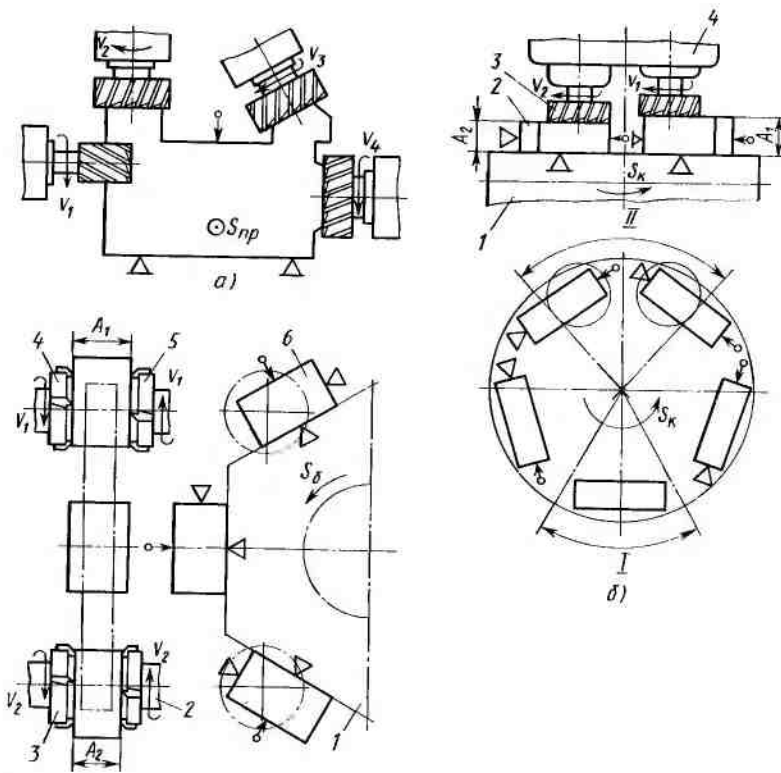


Рис. 8.12. Схемы фрезерования:

a — на продольно-фрезерном станке, *б* — на карусельно-фрезерном станке; 1 — стол, 2 — заготовка, 3 — фреза, 4 — фрезерная головка; I — зона загрузки, II — зона обработки, *в* — на барабанно-фрезерном станке; 1 — барабан, 2, 3, 4, 5 — фрезы, 6 — заготовка

ные поверхности, уступы и пазы. Можно вести одновременную обработку нескольких поверхностей (рис. 8.12, *a*). Для обработки пазов используют соответствующие угловые и концевые фрезы. На карусельно-фрезерных станках обработку горизонтальных поверхностей (в основном торцовыми насадными фрезами) ведут при непрерывном вращении стола (рис. 8.12, *б*). Одна фреза выполняет черновую обработку в размер A_1 , вторая — окончательную обработку в размер A_2 . У барабанно-фрезерных станков стол-барабан имеет горизонтальную ось вращения; фрезы верхних фрезерных головок выполняют предварительную обработку (рис. 8.12, *в*) в размер A_1 , а фрезы нижних головок — окончательную обработку в размер A_2 . Вертикальные поверхности обрабатывают торцовыми насадными фрезами со вставными ножами, а сложные фасонные поверхности — на копировально-фрезерных станках.

8.5. ПРИМЕНЕНИЕ СОЖ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Чтобы обеспечить максимальную стойкость инструмента, минимальную шероховатость обработанной поверхности, минимальные вибрации и т. д., при фрезеровании используют СОЖ — эмульсионные (Укринол-1; РЗ-СОЖ-8; сульфорицинат Е) и масляные (МР-1, МР-4, МР99, ОСЧЗ-Аквол-2). С увеличением содержания эмульсола смазочный эффект СОЖ возрастает, улучшается качество обработанной поверхности. Поэтому при черновом фрезеровании следует применять СОЖ с меньшим содержанием эмульсола, а при чистовом фрезеровании — СОЖ с большим содержанием эмульсола или также углеводородные СОЖ. Следует отметить, что СОЖ и способы их применения, эффективные для одних видов обработки и групп материалов, могут быть малоэффективны для других видов обработки и материалов и даже оказывать вредное влияние. Поэтому для каждого кон-

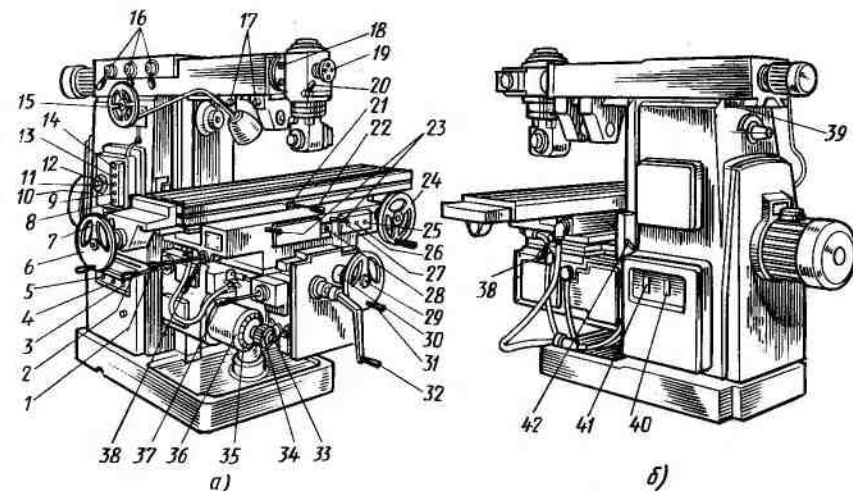


Рис. 8.13. Общий вид станка мод. 6P82Ш:

1, 22 — рукоятки включения продольных перемещений стола, 2, 37 — рукоятка включения поперечной и вертикальной подачи стола, 3 — переключатель ввода «Выключено — включено», 4 — переключатель насоса охлаждения «Включено — выключено», 5 — переключатель вращения горизонтального шпинделя «Влево — вправо», 6, 24 — маховички ручного продольного перемещения стола, 7 — рукоятка переключения скоростей горизонтального перемещения шпинделя, 8, 27 — кнопка «Стоп», 9, 26 — кнопка «Пуск шпинделя», 10 — стрелка указателя частоты вращения шпинделя, 11 — указатель частоты вращения шпинделя, 12, 25 — кнопка «Быстро стоп», 13 — кнопка «Импульс шпинделя», 14 — переключатель освещения, 15 — маховичок ручного перемещения хобота, 16 — рукоятки переключения скоростей шпинделя поворотной головки, 17 — механизм зажима сервы, 18 — механизм зажима гильзы и шпинделя, 19 — маховичок выдвижения гильзы шпинделя, 20 — рукоятка зажима гильзы и шпинделя, 21 — звездочка механизма автоматического цикла, 22 — рукоятка включения продольной подачи стола, 23 — механизм зажима стола, 28 — переключатель ручного или автоматического управления стола, 29 — маховичок ручных поперечных перемещений стола, 30 — лимб механизма поперечных перемещений стола, 31 — кольцо понюса, 32 — рукоятка ручных вертикальных перемещений стола, 33 — кнопка фиксации грибка переключения подачи, 34 — грибок переключения подачи, 35 — указатель подачи стола, 36 — стрелка указателя подачи стола, 38 — рукоятка зажима салазок на направляющих консоли, 39 — винт зажима головки, 40 — реверсивный переключатель направления вращения шпинделя накладной головки, 41 — переключатель управления «Автоматический цикл — ручное управление — работа с круглым столом», 42 — рукоятка зажима консоли

кретного случая необходимо выбирать СОЖ, соответствующую применяемому инструментальному и обрабатываемому материалам, виду и режиму обработки.

8.6. КОНСОЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ

Станки предназначены для выполнения различных фрезерных работ, а также сверлильных и несложных расточных работ в единичном и серийном производстве. К ним относятся станки моделей 6Р82, 6Р82Г, 6Р83, 6Р83Г, 6Р82Ш, 6А54, 6Р12, 6Р13, 6Р12Б, 6Р13Б и др.

На рис. 8.13, а, б. 8.14 и 8.15 показаны соответственно общий вид, основные узлы и кинематическая схема широкоуниверсального консольного горизонтально-фрезерного станка мод. 6Р82Ш.

Привод горизонтального шпинделя (главного движения) осуществляется электродвигателем M_1 (рис. 8.15) через зубчатые передачи. Число ступеней частот вращения равно числу вариантов передаточных отношений от электродвигателя до шпинделя, т. е. $3 \times 3 \times 2 = 18$. Минимальная частота вращения $n_{\min} = 1460 \cdot (27/53) \cdot (16/38) \cdot (17/46) \cdot (19/69) = 31,5$ об/мин; максимальная $n_{\max} = 1460 \cdot (27/53) \cdot (22/32) \cdot (38/26) \cdot (82/38) = 1600$ об/мин.

Шпиндель поворотной головки приводится во вращение от электродвигателя M_2 через зубчатые передачи. Число ступеней вращения $2 \times 3 \times 2 = 12$; $n_{\min} = 1430 \cdot (28/72) \cdot (34/66) \cdot (21/59) \times (28/28) \cdot (19/19) = 50$ об/мин; $n_{\max} = 1430 \cdot (52/48) \cdot (51/49) \times (28/28) \cdot (19/19) = 1600$ об/мин.

Привод подачи стола в поперечном и продольном направлениях осуществляется через зубчатые передачи от электродвигателя

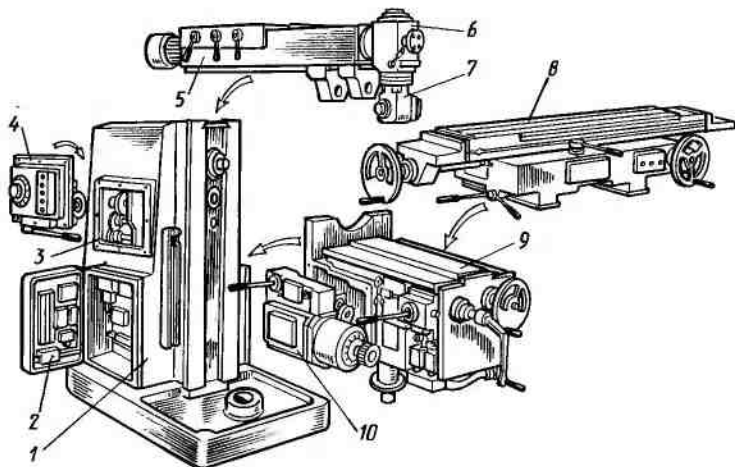


Рис. 8.14. Основные узлы станка мод. 6Р82Ш:

1 — станка, 2 — электрооборудование, 3 — коробка скоростей, 4 — коробка переключения, 5 — хобот, 6 — поворотная головка, 7 — накладная головка, 8 — стол и салазки, 9 — консоль, 10 — коробка подачи

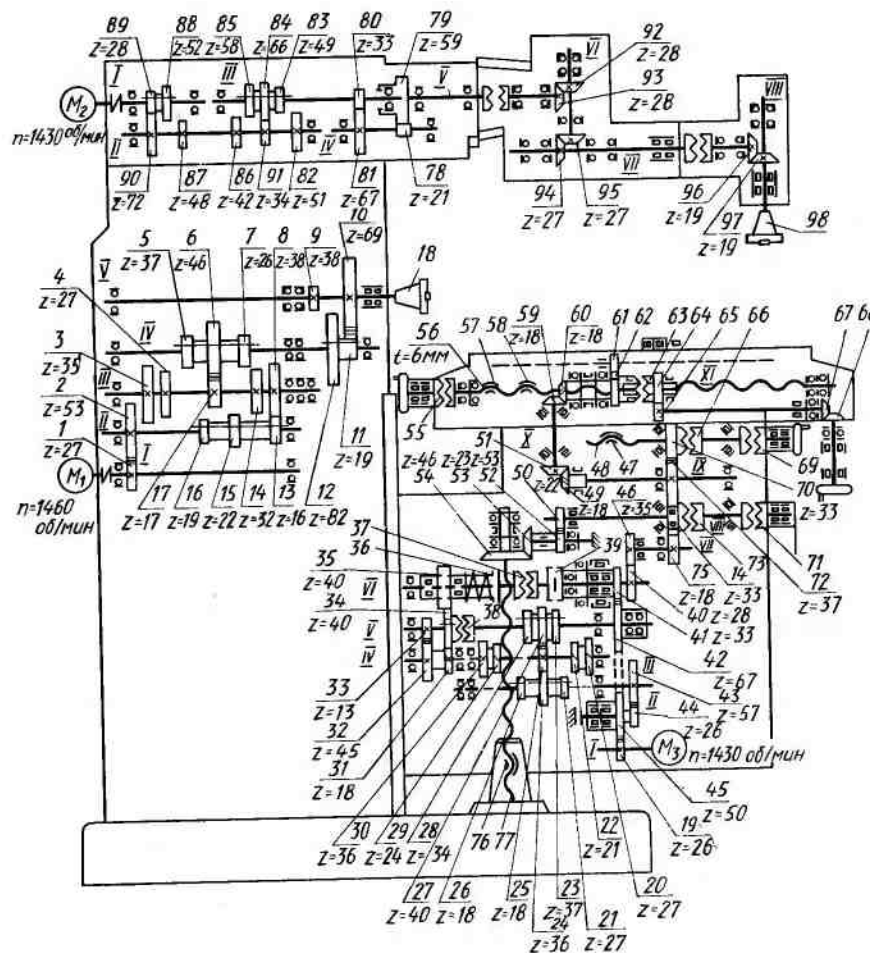


Рис. 8.15. Кинематическая схема станка мод. 6Р82Ш:

1—17 — кинематическая цепь механизма движения горизонтального шпинделя 18 (коробка скоростей). 19—45 — кинематическая цепь коробки подачи, 46—77 — детали механизмов передач продольного, поперечного вертикального перемещения стола, 78—97 — кинематическая цепь механизма движения шпинделя поворотной головки 98

M_3 . Минимальная подача стола в указанных направлениях $S_{\min} = 1430 \cdot (26/50) \cdot (26/57) \cdot (18/36) \cdot (18/40) \cdot (13/45) \cdot (18/40) \times (28/35) \cdot (18/33) \cdot (33/37) \cdot (18/16) \cdot (18/18) \cdot 6 = 25$ мм/мин; максимальная $S_{\max} = 1430 \cdot (26/50) \cdot (26/57) \cdot (36/18) \cdot (24/24) \times (40/40) \cdot (28/35) \cdot (18/33) \cdot (33/37) \cdot (18/16) \cdot (18/18) \cdot 6 = 1250$ мм/мин. Ускоренная подача стола в продольном и поперечном направлениях $s_1 = 1430 \cdot (26/33) \cdot (28/35) \cdot (18/33) \cdot (33/37) \cdot (18/16) \cdot (18/18) \times 6 = 3000$ мм/мин. Максимальная подача стола в вертикальном направлении $S_{\max} = 1430 \cdot (26/50) \cdot (26/57) \cdot (36/18) \cdot (24/34) \times (40/40) \cdot (28/35) \cdot (22/33) \cdot (23/46) \cdot 6 = 416$ мм/мин; минимальная

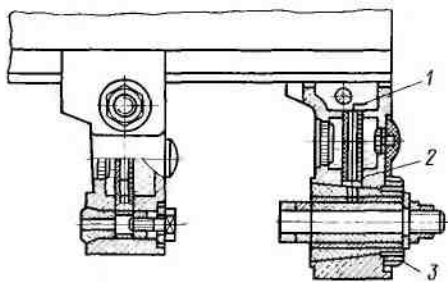


Рис. 8.16. Хобот с серьгами

$S_{н. мин} = 1430 \cdot (26/50) \times$
 $\times (26/57) \cdot (18/36) \cdot (18/40) \times$
 $\times (13/45) \cdot (18/40) \cdot (28/35) \times$
 $\times (18/33) \cdot (22/33) \cdot (23/46) \times$
 $\times 6 = 8,3 \text{ мм/мин.}$ Устано-
 вочная подача стола в вер-
 тикальном направлении
 $s_{v. н} = 1430 \cdot (26/33) \cdot (28/35) \times$
 $\times (18/33) \cdot (22/33) \cdot (23/46) \times$
 $\times 6 = 1000 \text{ мм/мин.}$

Ниже описаны узлы станка мод. 6Р82Ш.

Станина, служащая для размещения всех узлов и механизмов станка, жестко крепится на основании и фиксируется штифтами.

Хобот (рис. 8.16), в котором монтируют коробку скоростей привода шпинделя поворотной головки, перемещается по направляющим станины вращением маховика 15 при отжатом зажиме 39 (см. рис. 8.13). На направляющих хобота могут быть установлены серьги для поддержки конца фрезерной оправки. Зазор в подшипниках серьги регулируют гайкой 3. Масло в подшипниках поступает из ниши серьги через паз во втулке 2. Подача масла регулируется проволокой 1.

Коробка скоростей горизонтального шпинделя расположена в станине и соединена с валом электродвигателя упругой муфтой.

Шпиндель 11 станка (рис. 8.17) установлен на подшипниках 4, 2, 12. Осевой зазор в шпинделе регулируют подшлифовкой колец 9, 10. Повышенный зазор в подшипнике 4 устраняют подшлифовкой полуколец 5 и гайкой 1 следующим образом. Снимают крышку 3 (или боковую крышку), фланец 6, пружинное кольцо 7, кольцо 8 и вынимают полукольца 5. Гайкой 1 выбирают зазор так, чтобы при работе нагрев подшипников не превышал 60 °С. Замеряют величину зазора между подшипником и

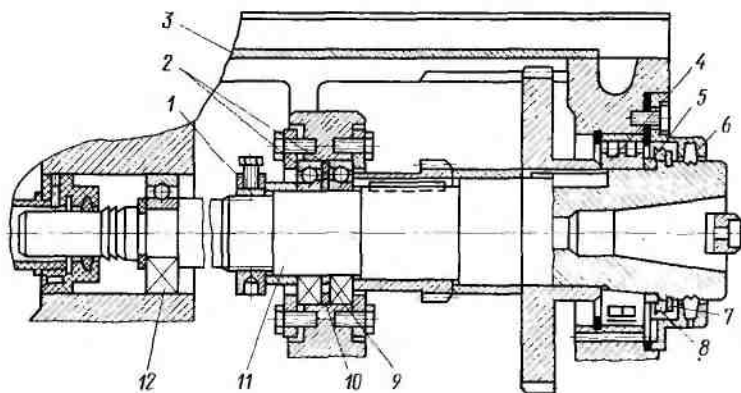


Рис. 8.17. Шпиндель

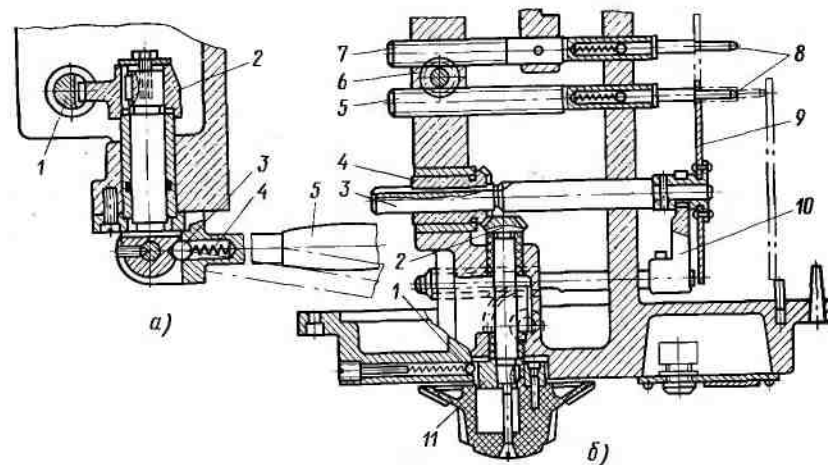


Рис. 8.18. Коробка переключения скоростей:

а — механизм переключения скоростей, б — развертка коробки переключения скоростей

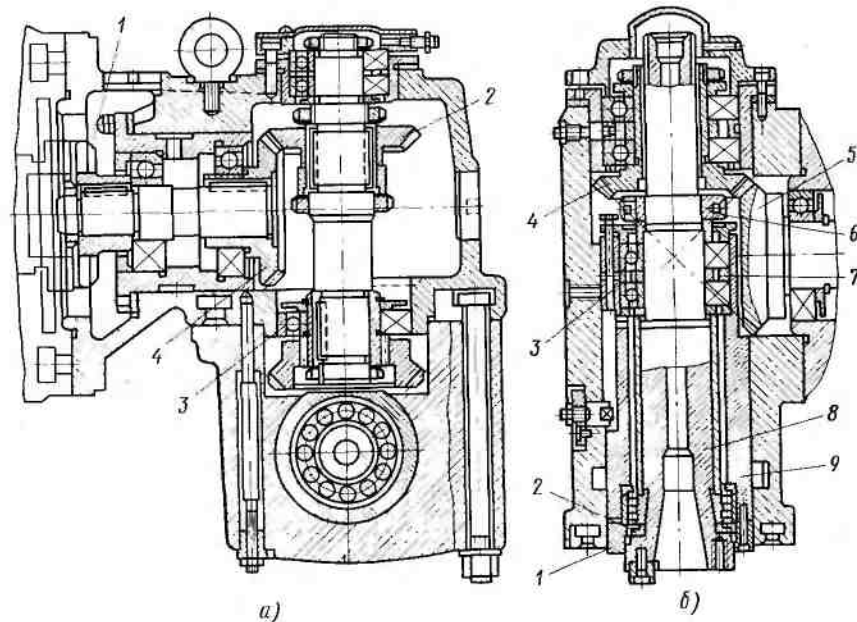


Рис. 8.19. Поворотная головка (а) и разрез по шпинделю поворотной головки (б)

буртом шпинделя и в соответствии с этим подшлифовывают полукольца 5. Затем устанавливают полукольца, монтируют детали 8, 7, 6, 3 и проверяют надежность зажима гайки 1.

Коробка переключения скоростей (рис. 8.18) обеспечивает выбор требуемой скорости без последовательного прохождения промежуточных ступеней. Рейка 1 (рис. 8.18, а), перемещаясь посредством рукоятки через зубчатый сектор 2 (рис. 8.18, а) и вилку 10 (рис. 8.18, б), передвигает в осевом направлении главный валик 3 с диском 9 переключения. На диске выполнено несколько рядов отверстий, расположенных против штифтов 8 реек 5 и 7, попарно соединенных с колесом 6. На одной из каждой пары реек крепится вилка переключения. Рейки передвигаются при нажиме диска на штифты. В конце хода диска вилки занимают положение, соответствующее зацеплению определенных пар зубчатых колес. Лимб при выборе скоростей фиксируется шариком 1 (рис. 8.18, б), попадающим в пазы звездочки 11. Рукоятка 5 (рис. 8.18, а) фиксируется при включении шариком 3 и пружиной 4; при этом шип рукоятки входит в паз фланца. Поворотную головку (рис. 8.19) монтируют на хоботе через промежуточную плиту посредством болтов, входящих в кольцевой Т-образный паз, и центрируют в кольцевой выточке. Шпиндель 8, смонтированный в выдвижной гильзе 9, получает вращение от коробки скоростей через кулачковую муфту 1 и конические колеса 4, 2 и 5, 4. Кольца 7 и 3 служат для регулировки осевого зазора в подшипниках шпинделя, а полукольца 2 и гайка 6 — для уstra-

нения зазора в переднем подшипнике. Выдвижение гильзы осуществляют маховичком.

Накладную головку (рис. 8.20) монтируют на поворотной головке болтами, входящими в Т-образный паз, и жестко фиксируют. Шпиндель 5 получает вращение от шпинделя 1 поворотной головки через конические зубчатые колеса 3, 4. Гайкой 2 регулируют зазор в подшипниках шпинделя.

Коробка подач (рис. 8.21, а) обеспечивает рабочие подачи и установочные перемещения стола, салазок и консоли путем переключения блоков зубчатых колес и передачи вращения на входной вал В через шариковую предохранительную муфту, кулачковую муфту 4 и втулку 3, соединенную шпонкой с муфтой 4 и ва-

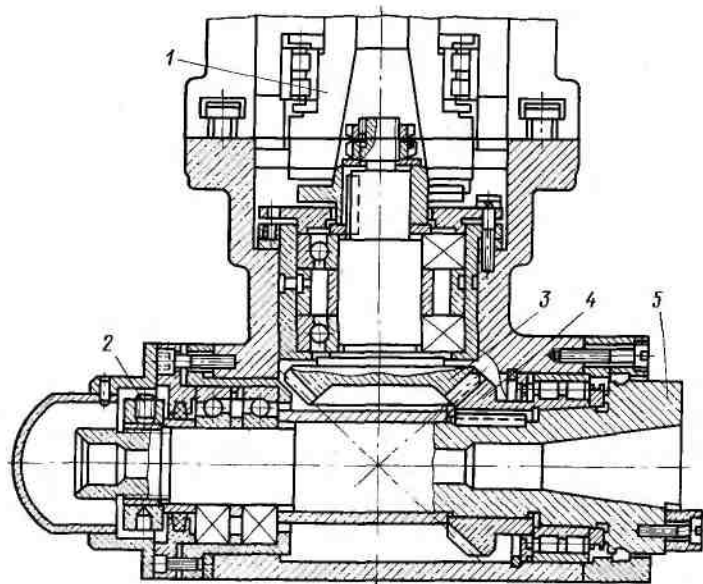


Рис. 8.20. Накладная головка

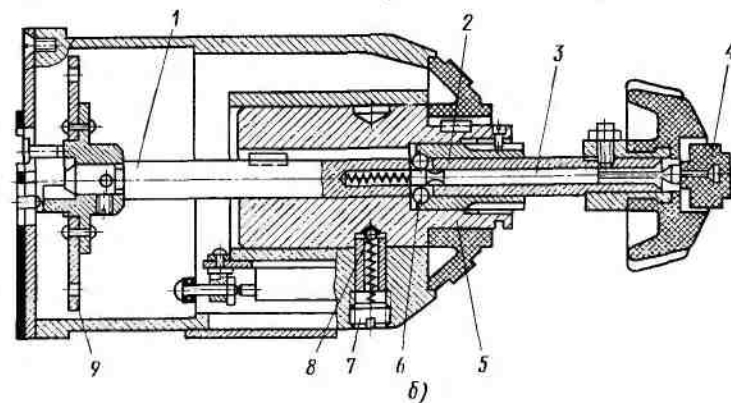
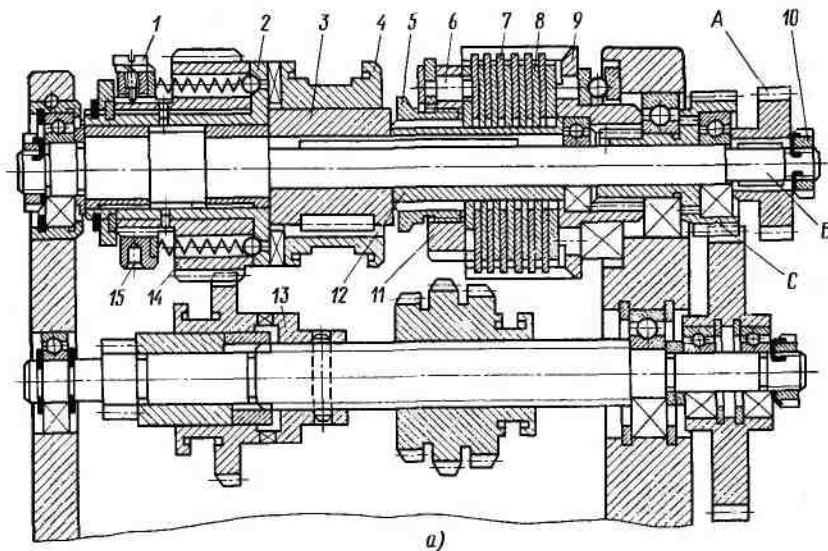


Рис. 8.21. Коробка подач:
а — разрезка, б — механизм переключения подач

лом *B*. Стопор *1* жестко фиксирует положение гайки *15*. Когда механизм подач перегружен, шарики, контактирующие с отверстием муфты *2*, сжимают пружины и выходят из контакта. Колесо *14* при этом проскальзывает относительно муфты *2* и рабочая подача прекращается.

Быстрое вращение передается от электродвигателя (минуя коробку подач) на зубчатое колесо *C*, которое установлено на хвостовике корпуса *9* фрикционной муфты и имеет постоянную частоту вращения. Гайка *10* должна быть обязательно затянута. Корпус *9* вращается свободно. Диски фрикциона соединены (через один) с корпусом *9* и втулкой *12*, соединенной с валом *B*. При нажатии муфты *4* на торец втулки *5* и затем на гайку *11* диски *7* и *8* соединяются и передают быстрое вращение валу *B* и зубчатому колесу *A*.

Механизм переключения подач (рис. 8.21, б) входит в узел коробки подач. Принцип работы механизма аналогичен работе коробки переключения скоростей. Валик *1* при включении запирается шариками *6* и втулкой *2*, что предотвращает смещение диска *9* в осевом направлении. При нажатии на кнопку *4* шарики попадают в кольцевую проточку валика *3* и валик *1* освобождается от фиксации. Диск *9* переключения фиксируется от поворота шариком *8* через втулку *5*, связанную шпонкой с шариком *1*. Винтом *7* регулируют натяжение пружины.

Консоль (рис. 8.22) объединяет узлы цепи подач станка. В ней смонтированы: валы и зубчатые передачи, передающие движение от коробки подач в трех направлениях (к винтам продольной, поперечной и вертикальной подач); механизм включения быстрого хода; электродвигатель подач; механизм включения поперечных и вертикальных подач. Зубчатое колесо *8* вращается от колеса *A* (см. рис. 8.21, а) и передает движение на зубчатые колеса *7*, *4*, *2*, *1* (рис. 8.22, а). Колесо *8* может передавать движение валу только через кулачковую муфту *6*. Далее через цилиндрические и конические зубчатые колеса движение передается на винт *16* (рис. 8.22, б). Зацепление пары *12* и *10* отрегулировано компенсаторами *14*, *15* и зафиксировано винтом, входящим в палец *13*. Втулка *11* не демонтируется. Гайка вертикальных перемещений закреплена в колонне. Колесо *2* через шпонку и шлицы вращает вал *IX* цепи продольного хода. Винт *X* поперечной подачи вращается от колеса *2* и свободно сидящего на валу колеса *1* при включенной муфте поперечного хода. Валы *VII* и *VIII* демонтируются при снятии стопоров у колес *8*, *9*. Салазки демонтируют после снятия вала *IX*, для чего нужно снять верхний щиток на направляющих консоли, выбить штифт *3* и снять вал *IX*. Механизм включения установочных перемещений (рис. 8.23) включает муфту *4* и сжимает диски фрикционной муфты. Рычаг *1* заштифтован на оси *4*. Последняя отжимается в направлении зеркала станины пружиной *6*. Правые гайки *2* служат для регулировки усилия пружины, левые *3*, упираясь в торец втулки *5*, регулируют и ограничивают ход оси. Уступ

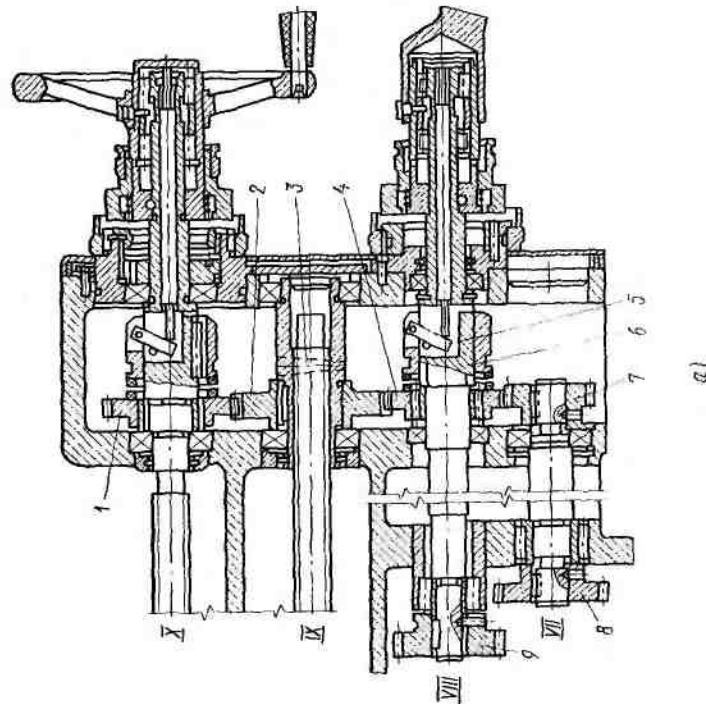
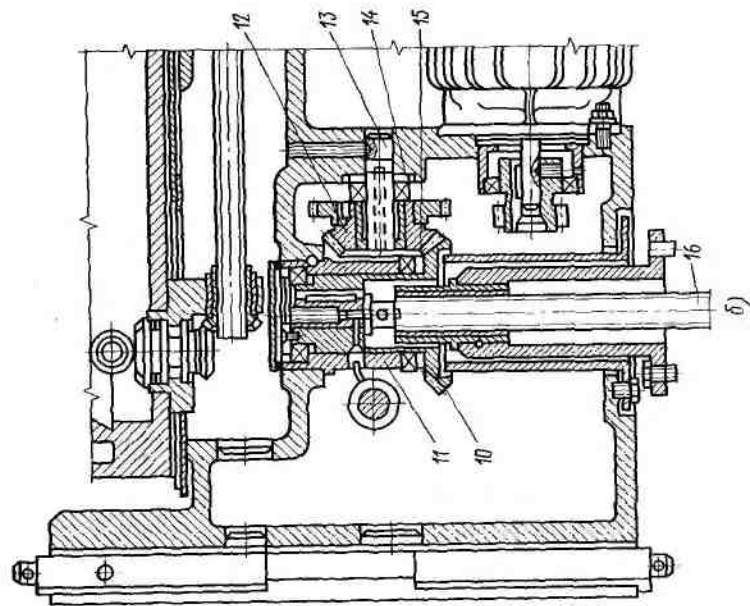


Рис. 8.22. Консоль:
а — развертка, б — разрез

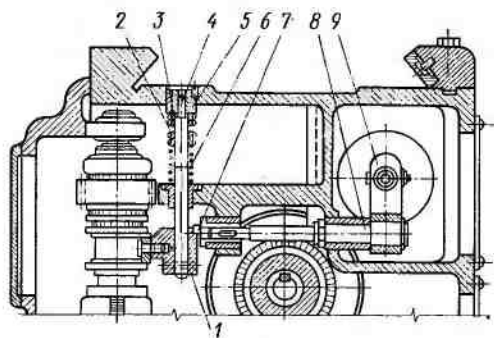


Рис. 8.23. Механизм включения установочных перемещений

рычага 1 упирается в кулачок 7. Рычаг 1 при повороте кулачка 7 перемещается, сжимая пружину 6. Второй конец оси 8 имеет мелкий зуб, обеспечивающий монтаж рычага 9, соединяющего под необходимым углом ось 8 с тягой электромагнита. Последний через тягу и шарнир соединен с вилкой, от которой через гайку и пружину усилие передается на рычаг 9. Таким образом, независимо

от усилия электромагнита усилие на рычаге определяется степенью сжатия пружины.

Механизм включения поперечных и вертикальных подач (рис. 8.24) управляет включениями и выключениями кулачковых муфт поперечной и вертикальной подач от электродвигателя подач. Выполнен в отдельном корпусе. При движении рукоятки 5 вверх, вниз, влево, вправо связанный с ней барабан 1 совершает соответствующие движения и своими скосами рычажную систему управляет включением кулачковых муфт, а через штифты — конечными выключателями, предназначенными для реверса электродвигателя подач. Барабан связан тягой 2 с дублирующей рукояткой. При включениях и выключениях поперечного хода тяга перемещается поступательно, а при включении вертикального хода — поворачивается. Винт 4 и гайка 3 служат для устранения зазоров в системе.

Ходовой винт 1 (рис. 8.25) стола получает вращение через скользящую шпонку гильзы 9, расположенную во втулках 5, 7.

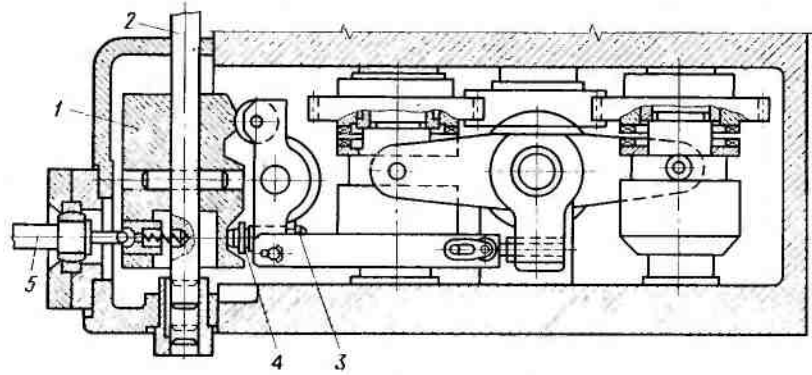


Рис. 8.24. Механизм включения вертикальной и поперечной подач

Гильза 9 вращается от кулачковой муфты 6 через шлицы при ее сцеплении с кулачками втулки 5, связанной с коническим зубчатым колесом 4. На втулке 5 выполнен зубчатый венец, находящийся в зацеплении с зубчатым колесом привода круглого стола. Муфта 6 имеет зубчатый венец для вращения винта продольной подачи от маховичка. Зажим салазок на направляющий консоль осуществляется планшайбой 8. Колесо 9 (рис. 8.26) подпружинено на случай попадания зуба на зуб. Зацепление колес возможно только при расхождении муфты 6 и втулки 5 (см. рис. 8.25). Этим маховичок блокируется при механических подачах. Гайки 2 и 3 ходового винта (см. рис. 8.25) расположены в левой части салазок. Зазор в направляющих консоли и салазок выбирается клиньями. Клинья 1 стола (рис. 8.27) регулируют при ослабленных гайках 2, 4 винтом 3. Зазор в направляющих консоли регулируют клином 6 посредством винта 5. Для контроля регулирования осуществляют ручное перемещение стола.

Механизм включения продольной подачи (рис. 8.28) выполняет включение кулачковой муфты продольного хода, включение и реверс электродвигателя подач. Рукоят-

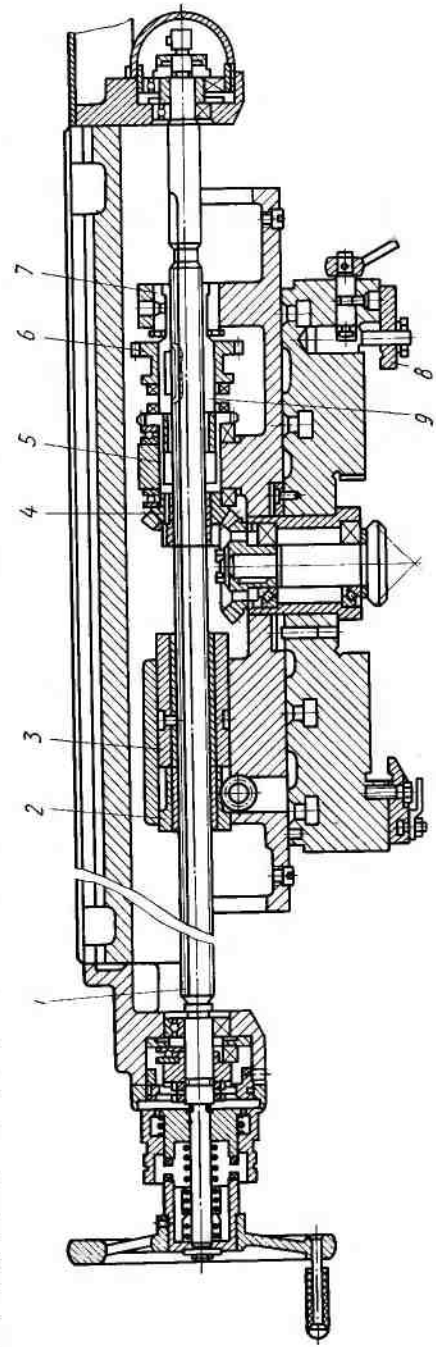


Рис. 8.25. Ходовой винт стола

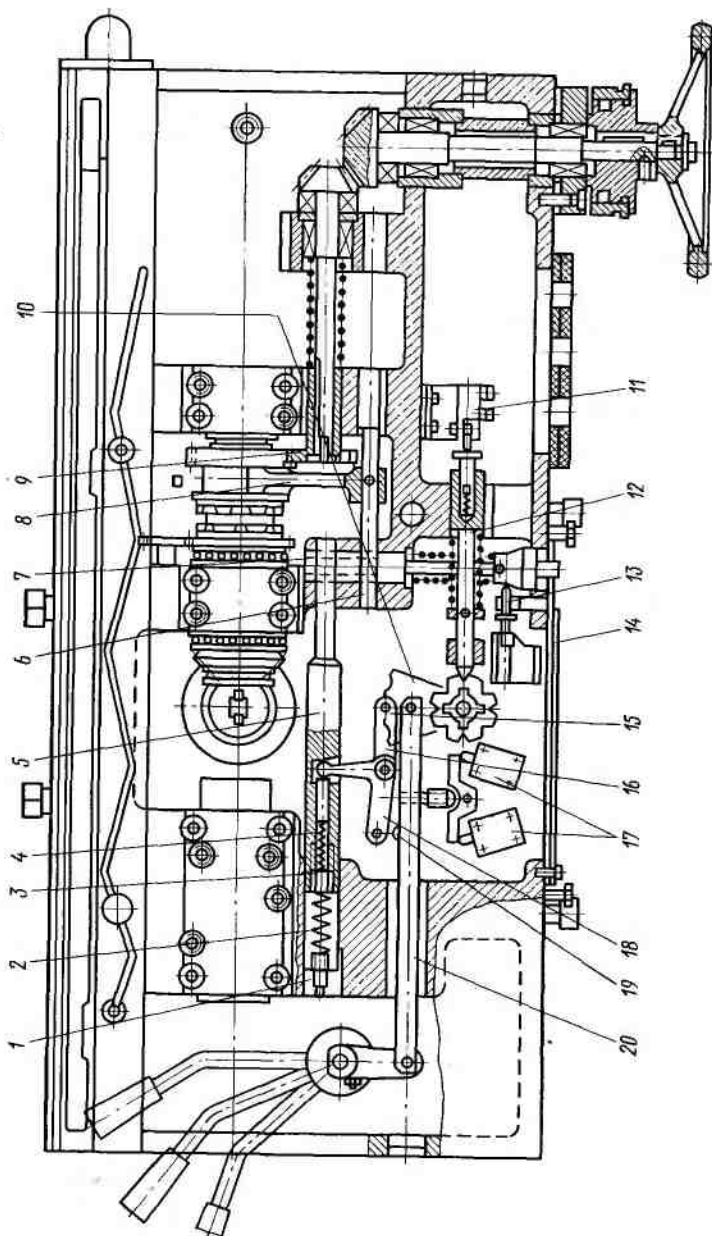


Рис. 8.26. Салазки

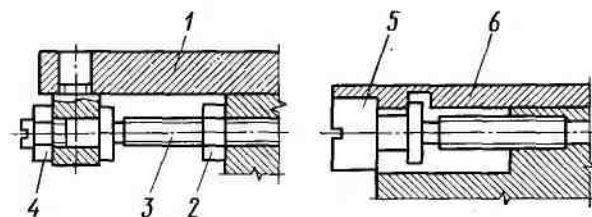


Рис. 8.27. Регулирование клиньев

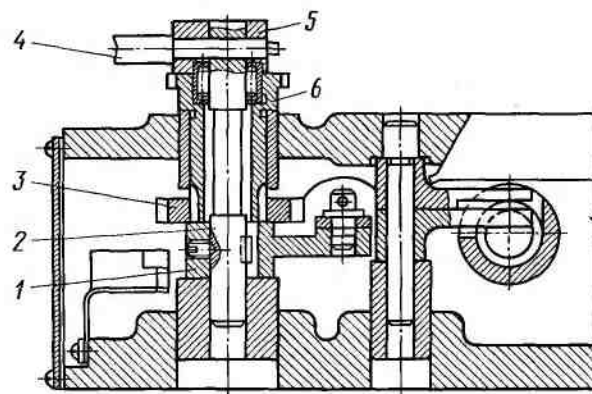


Рис. 8.28. Механизм включения продольной подачи

ка 4 неподвижно соединена с осью 2 и поворачивает рычаг 1, по криволинейной поверхности которого при переключении катится ролик 15 (см. рис. 8.26). В нейтральном положении рычага 10 ролик расположен в средней впадине, при включенном — в одной из боковых впадин. Движение ролика 15 через рычаг 16 передается штоку 5 через колесо 7 — рейке 6 и вилке 8, ведущей муфту 6 (см. рис. 8.25). Пружина 2 (см. рис. 8.26) постоянно нажимает на шток 5. Пружина 4 обеспечивает включение рукоятки при попадании зуба на зуб муфты 6. Пружина 4 регулируется винтом 3 через отверстие пробки 1.

На одной оси с рычагом 16 расположен рычаг 18, служащий для включения муфты 6 кулачком 19, прикрепленным к тяге 20, соединяющий основную рукоятку продольного хода с дублирующей. Конечный выключатель 17 производит включение и реверсирование электродвигателя подачи. Его отключение происходит после выключения муфты 6. На ступице 5 (рис. 8.28) рукоятки продольного хода выполнены выступы, на которые воздействуют кулачки ограничения продольного хода или (при автоматических циклах) кулачки управления продольным ходом. Работу путевых выключателей проверяют при снятой крышке 14.

Механизм автоматического цикла предназначен для управления перемещениями стола от кулачков. На оси рукоятки про-

дольного хода установлены две звездочки, непосредственно связанные со звездочками 6, 5 (рис. 8.28) включения быстрого хода при работе станка в автоматическом цикле. Звездочка 6 вращается от возвратного пружинного кулачка, расположенного на лицевой стороне стола в Т-образном пазу. Звездочка 3 имеет различную глубину впадин, что при ее повороте на 45° обеспечивает различную величину хода штока 12 (см. рис. 8.26), который, воздействуя на конечный выключатель 11, включает электромагнит быстрого хода.

Конечный выключатель имеет две пары контактов, обеспечивающих переключение с быстрого хода на рабочую подачу и наоборот. При быстром ходе шток 12 входит в глубокие впадины, включает быстрый ход и одновременно фиксирует обе звездочки от произвольного поворота. При повороте кулачком звездочек 6, 3 шток выходит на участок постоянной кривизны звездочки 3 и замыкает вторую пару контактов. Попадая во впадины этих криволинейных участков, шток фиксирует звездочки в новом положении, когда оба контакта разомкнуты (включается рабочая подача).

Механизм запирания муфты (рис. 8.29) предназначен для подготовки станка к работе в автоматическом цикле. При нажатии на вал-шестерню 2 рейка 3 расцепляется с зубчатым колесом 4 и зацепляется с валом-шестерней 2. При повороте вала 2 кулачковая муфта перемещается и входит в зацепление с кулачковым зубчатым колесом. С этого момента рукоятка продольного хода включаться не может. Запирание муфты можно выполнить только при среднем (нейтральном) положении рукоятки. Это обеспечивается Т-образным пазом в колесе 4 и штифтом 5, установленным в корпусе салазок. При нажатии на вал-шестерню 2 конусом 1 и пальцем 13 (см. рис. 8.26) размыкаются контакты конечного выключателя, блокирующего цепь включения поперечной и вертикальной подач. Это исключает включение при запертой кулачковой муфте продольного хода двух движений одновременно: стола и салазок или стола и консоли.

Управление станком осуществляется кнопками и рукоятками (см. рис. 8.13). Станок включают в сеть и выключают переключателем 3. Шпиндели включают кнопками 9 или 26, а отключают кнопками 8 и 27. Переключатели 5 и 40 служат для изменения направления вращения шпинделей. При включении шпинделей отключается движение подачи. Нагрев подшипников шпиндельных узлов не должен превышать 59°C . Продольную подачу включают и отключают рукояткой 22

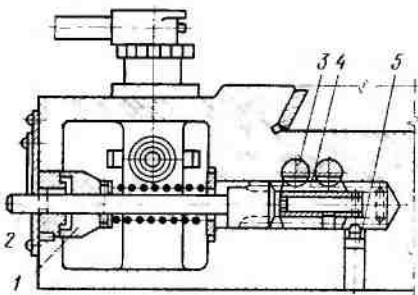


Рис. 8.29. Механизм запирания муфты

(три положения: вправо, влево, среднее) или дублирующей рукояткой 1 при управлении станком сбоку. Рукояткой 37 (дублирующая рукоятка 2) управляют поперечными и вертикальными перемещениями. Она имеет пять фиксированных положений: среднее (нейтральное); к себе, от себя (перемещаются салазки); вниз, вверх (перемещается консоль). Одновременное включение подач исключено электроблокировкой и конструкцией механизма.

Нажатием кнопок 12 или 25 осуществляют быстрое перемещение узлов, которое прекращается при отпускании кнопок. При этом движение рабочей подачи продолжается до выведения рукоятки 37 (или рукоятки 2) в нейтральное положение. Ручное продольное, поперечное и вертикальное перемещение выполняют соответственно маховичками 24, 6, 29 и рукояткой 32. Лимбы отсчета перемещений устанавливаются в начальное для отсчета положение следующим образом: лимб 30 (нажимом) смещают от себя и в данном положении поворачивают до совмещения нулевой риски с указателем отсчета перемещений на кольце 3. Поворотом последнего точно совмещают лимб и указатель. Маховичок 6 заблокирован пружиной от произвольного включения при механической подаче. Специальные блокирующие устройства отключают и блокируют маховички 24, 29 и рукоятку 32 при включении механической подачи. Работа на станке при неисправной блокировке не допускается. Крайние положения стола ограничивают с обеих сторон упорами, которые, нажимая на соответствующие рычаги, выводят рукоятку в нейтральное положение. Продольные перемещения ограничивают упорами, нажимаемыми на выступы рукоятки 22. Положение упоров регулируют их перемещением в пазах планок и стола и установкой с расчетом выключения подач в нужном месте. Работа на станке со снятыми упорами не допускается.

Для повышения жесткости системы осуществляют зажим: хобота в направляющих (винтом 39, переключающим клин); поворотной головки (гайкой 18); серьги на направляющих хобота (гайками 17); салазок на направляющих консоли (рукояткой 38); консоли на направляющих станины (рукояткой 42); стола в направляющих салазок при работе с поперечной подачей (рукояткой 23). При зажатых рукоятках включать механическую подачу запрещено во избежание поломок. Клинья необходимо регулировать раз в месяц.

Переключение частоты вращения горизонтального шпинделя осуществляют так: рукоятку 7 движением вниз выводят из фиксирующего паза и движением на себя поворачивают до отказа; вращением указателя 11 устанавливают необходимую частоту вращения против стрелки указателя 10; поворачивают рукоятку в сторону первоначального положения до упора, включают кнопку 13 «Импульс шпинделя» и досылают рукоятку плавным движением в первоначальное положение. Частоту вращения шпинделя поворотной головки переключают рукояткой 16. Переключения при вращении шпинделя запрещаются.

Поддачи переключают следующим образом: нажимают кнопку 33; отводят грибок 34 на себя до отказа; вращением грибка устанавливают указатель 35 в требуемое положение против стрелки 36; плавным движением грибок досылают вперед до отказа и проверяют его фиксацию. При движении грибка вперед электродвигатель отключается и переключение осуществляется при вращении зубчатых колес.

Наладочный режим работы. При установке переключателей 5 и 40 в нулевое (отключенное) положение, а переключателя 41 в положение ручного управления возможно включение подач при отключенных шпинделях. В этом случае кнопки 8, 27 «Стоп» не работают и выключить подачи можно только рукоятками. Подача включается только после включения шпинделей. При включенном положении рукоятки любой из подач с включением кнопок 9 или 26 «Пуск шпинделя» одновременно включается соответствующая подача. Все движения в станке отключаются кнопками 8 или 27 «Стоп». Такое выключение в процессе обработки допускается в крайних случаях, так как может сломаться режущий инструмент. Обычно рукояткой выключают подачу затем кнопкой — вращение шпинделя.

Ускоренное перемещение стола, салазок или консоли в направлении поворота рукоятки подачи выполняют кнопками 12 или 25 «Быстро стол». Переключатель 41 обеспечивает работу поворотного круглого стола с приводом от механизма подач при неподвижном столе станка. Направление вращения задают рукояткой, расположенной на круглом столе. При нарезании спиралей шпиндель универсальной делительной головки вращается от ходового винта станка, имеющего на правом конце шейку со шпонкой.

Автоматический цикл работы. Управление продольными перемещениями осуществляется от кулачков, установленных в пазу стола. Кулачки воздействуют на выступы рукоятки 22 и звездочку 21. Стол настраивают на следующие автоматические циклы. Полуавтоматический скачкообразный: быстро вправо — подача вправо — быстро влево — стоп. Когда нежелательно возвращать обработанную деталь под фрезой: быстро подача — быстро стоп в правую или левую сторону с возвращением стола на быстром ходу после снятия детали. Маятниковый автоматический цикл: быстро вправо — подача вправо — быстро влево — быстро вправо.

На автоматическую работу станок настраивают следующим образом: переключателем 3 отключают станок от сети; устанавливают переключатели 28 и 41 в положение «Автоматическое управление»; включают станок переключателем 3; устанавливают кулачки в соответствии с принятым циклом. Переключатель 28 устанавливают при нейтральном положении рукоятки 22 нажатием на нее отверткой и поворотом в фиксированное положение «Автоматическое управление».

Переключение с подачи на быстрый ход или с быстрого хода

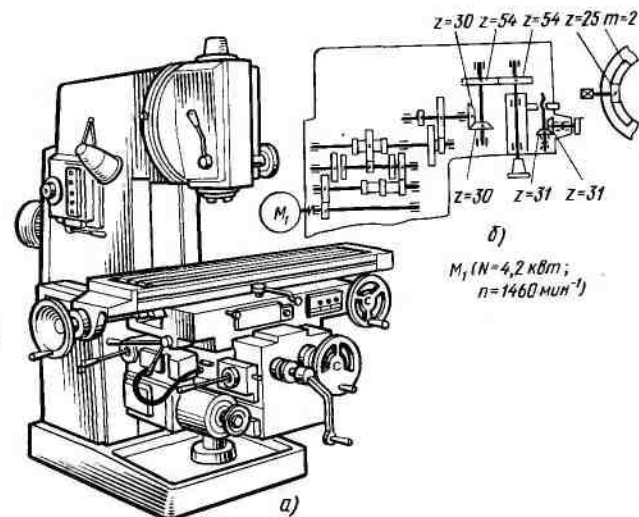


Рис. 8.30. Консольный вертикально-фрезерный станок мод. 6P12 (а) и кинематическая схема поворотной шпиндельной головки (б)

на подачу (при перемещении стола влево или вправо) осуществляется кулачками, действующими на звездочку 21. В режиме ручного управления кулачки нужно снять или переставить на необработанную часть стола. Автоматический цикл включают рукояткой 22 при вращении шпинделя. В автоматическом цикле кнопки 15 и 25 «Быстро стоп» не работают.

Систему охлаждения включают при обработке стальных заготовок быстрорежущими фрезами. Обработка стали и чугуна твердосплавным инструментом выполняется без охлаждения. Резервуар с СОЖ расположен в основании станка. Эмульсия в зону резания подается насосом по пазам и каналам стола и салазок и отводится в основание. Насос охлаждения включают и выключают переключателем 4. Два раза в год систему охлаждения нужно разобрать и промыть под давлением.

Регулирование станка. При эксплуатации для восстановления нормальной работы узлов станок нужно регулировать. Могут появляться неисправности в работе станка. Правила регулировки, причины появления неисправностей и способы их устранения приводятся в паспорте фрезерного станка.

Консольные вертикально-фрезерные станки (рис. 8.30) по конструкции унифицированы с консольными горизонтально-фрезерными станками (см. рис. 8.13) и отличаются от последних отсутствием хобота и конструкцией станины для установки поворотной шпиндельной головки, а также вертикальным расположением шпинделя. Основными узлами являются: станина; пово-

ротная головка; консоль; коробка скоростей со шпинделем; механизм управления; коробка подач; электрооборудование; стол и салазки. Назначение узлов аналогично назначению узлов горизонтально-фрезерных станков. Поворотная головка может поворачиваться в вертикальной плоскости на угол от 0 до 45° в обе стороны. Управление станков (кнопками и рукоятками) осуществляется спереди или сбоку.

8.7. БЕСКОНСОЛЬНЫЕ ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ

Особенности их конструкции: отсутствие консоли; более жесткие станина и стойка; повышенная мощность; червячно-реечный привод. На рис. 8.31, а показан общий вид станка мод. 6А54, а на рис. 8.31, б — его кинематическая схема.

Цепь главного движения: шпиндель вращается от электродвигателя $M1$ через зубчатые передачи. Число ступеней частот вращения шпинделя $4 \cdot 2 \cdot 2 = 16$; минимальная частота $n_{\min} = 1460 \cdot (18/56) \cdot (24/48) \cdot (24/48) \cdot (48/48) \cdot (22/68) = 40$ об/мин; максимальная частота $n_{\max} = 1460 \cdot (18/53) \cdot (36/36) \cdot (40/32) \cdot (48/48) \cdot (60/30) = 1250$ об/мин.

Цепь подач: электродвигатель $M2$; упругая муфта 1, зубчатые передачи на валах VIII, X, XI, XII; предохранительная муфта 2; зубчатая передача 43/54; червячная передача 2/32; дифференциальный механизм 3 (двигатель $M3$ выключен); коническая передача 36/18 дифференциала; вал XV; зубчатые передачи 30/30, 22/44, 44/22; червячно-реечная передача ($m=8$; $z=1$) или муфта 8; цепная передача 24/19; винт ($P=10$ мм). Минимальная и максимальная продольная $S_{пр}$ и поперечная $S_{п}$ подачи; $S_{пр\min} = 1470 \cdot (38/57) \cdot (22/44) \cdot (24/48) \cdot (25/50) \cdot (20/64) \cdot (43/54) \cdot (2/32) \cdot (36/18) \cdot (18/36) \cdot (30/30) \cdot (22/44) \cdot (44/22) \cdot 1 \cdot 3,14 \cdot 8 = 47$ мм/мин; $S_{пр\max} = 1470 \cdot (38/57) \cdot (33/33) \cdot (40/32) \cdot (25/50) \cdot (56/28) \cdot (43/54) \cdot (2/32) \cdot (36/18) \cdot (18/36) \cdot (30/30) \cdot (22/44) \cdot (44/22) \cdot 1 \cdot 3,14 \cdot 8 = 1600$ об/мин; $S_{п\min} = 1470 \cdot (38/57) \cdot (33/33) \cdot (40/32) \cdot (25/50) \cdot (56/28) \cdot (43/54) \cdot (2/32) \cdot (36/18) \cdot (18/36) \cdot (24/19) \cdot 10 = 24$ мм/мин; $S_{п\max} = 1470 \cdot (38/57) \cdot (33/33) \cdot (40/32) \cdot (25/50) \cdot (56/28) \cdot (43/54) \cdot (2/32) \cdot (36/18) \cdot (18/36) \cdot (24/19) \cdot 10 = 770$ мм/мин.

Цепи вспомогательных движений обеспечивают: перемещение шпиндельной бабки по вертикали; ускоренное перемещение стола в продольном и поперечном направлениях и шпиндельной бабки по вертикали. Последняя перемещается по вертикали при включении муфты 5 на валу XV.

Ускоренная подача стола в продольном ($S_{пр.у}$) и поперечном ($S_{п.у}$) направлениях и шпиндельной бабки по вертикали ($S_{в.у}$) осуществляется от электродвигателя $M3$ через муфту 4, червячную передачу 1/32 на вал XIV дифференциала ($i=2$) и далее к червячно-реечной передаче дифференциала подачи: $S_{пр.у} = 2300$ мм/мин; $S_{п.у} = 1160$ мм/мин; $S_{в.у} = 780$ мм/мин. Изменение направления движений узлов станка выполняется реверсированием электродвигателей $M1, M2, M3$. Полуавтоматический

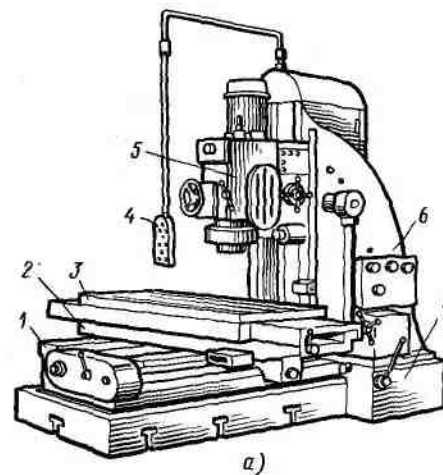
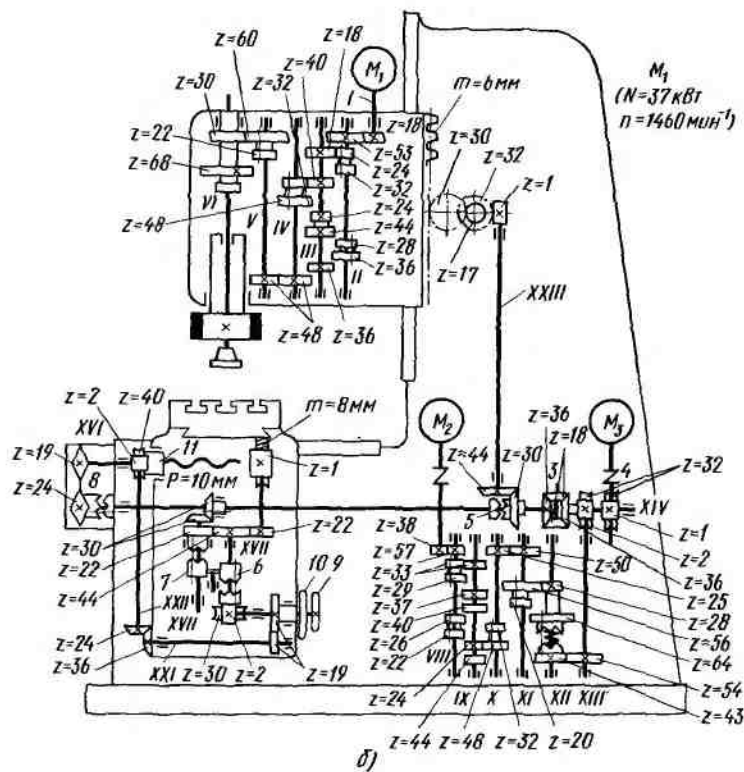


Рис. 8.31. Бесконсольный вертикально-фрезерный станок мод. 6А54: а — общий вид, б — кинематическая схема; 1 — станина, 2 — салазки, 3 — стол, 4 — подвешенный пульт управления, 5 — шпиндельная бабка, 6 — стойка, 7 — коробка подач



цикл работы станка осуществляется от кулачков. Ручное продольное перемещение стола осуществляется вращением маховичка 9, а поперечное — маховичком 10. Муфту 6 включают при ручной, а муфту 7 — при механической подаче стола.

Установочные перемещения (изменение частоты вращения шпинделя и подачи), зажим и освобождение шпиндельной бабки, салазок, гильзы шпинделя, автоматический подъем гильзы шпинделя и блокировка узлов осуществляются гидравлической системой станка (рис. 8.32). Масло из бака 22 через фильтр 21 нагнетается в систему шестеренчатым насосом 20 под давлением 1—1,2 МПа, регулируемым предохранительным клапаном 19. Скорости и подачи переключаются золотниками 23, 24. Масло подводится в полость цилиндров 1—8, в результате чего перемещаются плунжеры П1—П8 с вилками В1—В8, сдвигающие блоки зубчатых колес коробки скоростей. Вилка В1 сблочкирована с вилкой В2, а вилка В5 — с вилкой В6. Переключением золотника 12 включают устройства 9, 10 и 11 зажима шпиндельной бабки, поперечных салазок и гильзы шпинделя соответственно. Смазывание узлов станка осуществляется через клапаны 13. Излишки масла сливаются через клапан 14. Реле давления 16, 17 и манометры Ц5, 18 предназначены для контроля давления в гидросистеме станка.

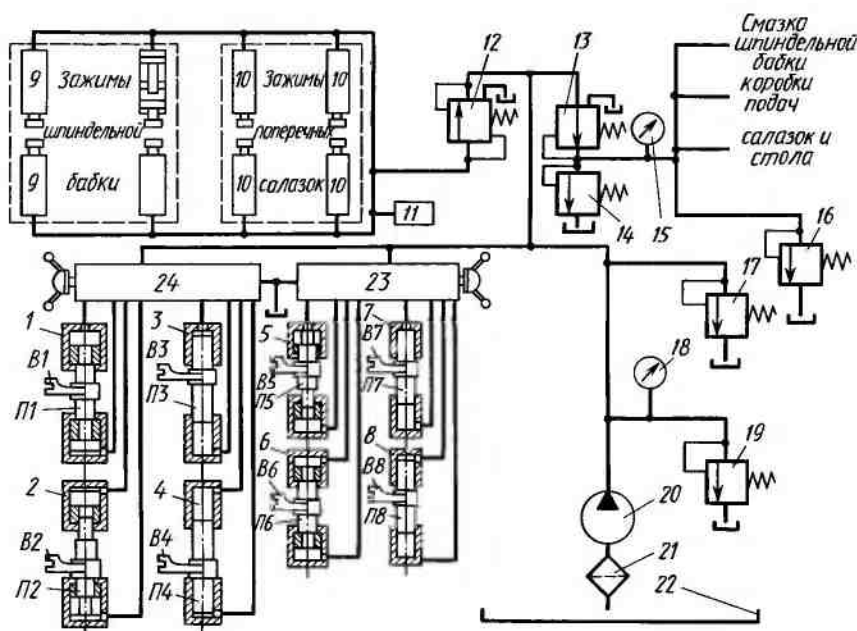


Рис. 8.32. Гидравлическая схема управления вертикально-фрезерным станком мод. 6А54

8.8. ПРОДОЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ

Такие станки, универсальные и предназначенные для обработки крупногабаритных деталей в условиях единичного и серийного производства, делятся на одностоечные и двухстоечные и имеют несколько фрезерных головок, установленных на стойках и траверсе (рис. 8.33). Фрезерование заготовок осуществляется в основном торцовыми твердосплавными фрезами, а также цилиндрическими, концевыми и другими фрезами. Станки обладают высокой мощностью и жесткостью, что позволяет вести обработку с большими сечениями среза.

Кинематическая схема станка мод. 6610 показана на рис. 8.34. Главное движение (вращение шпинделя) осуществляется от электродвигателя М1 через муфту 2, два двойных блока на валу II, двойной блок на валу IV, зубчатую муфту ($z = 40$). Число ступеней частот вращения шпинделя $4 \times 2 \times 2 = 16$; $n_{\min} = 1460 \cdot (23/68) \cdot (21/51) \cdot (18/42) \cdot (22/74) = 25$ об/мин; $n_{\max} = 1460 \cdot (23/68) \cdot (32/39) \cdot (39/36) \cdot (60/33) = 800$ об/мин.

Продольная подача $S_{пр}$ стола 11 осуществляется от электродвигателя М2 через муфту 23, червячную пару 2/27, конические колеса 20/28, червячно-реечную передачу 24; $S_{пр} = 20 \div 2000$ мм/мин.

Вертикальная подача S_v боковых фрезерных головок осуществляется от регулируемого электродвигателя М3 через муфту 25, червячную передачу 2/35, зубчатую муфту 1, коническую пару 30/20, винтовую пару 26; $S_v = 20 \div 1250$ мм/мин.

Горизонтальная подача S_r вертикальных фрезерных головок осуществляется от регулируемого электрооборудования М4 через муфту 14, червячную передачу 2/35, зубчатые передачи 27/27 и 27/18 винтовую пару 13; $S_r = 20 \div 1250$ мм/мин.

Цепи вспомогательных движений. Ускоренное перемещение стола и фрезерных головок обеспечивается теми же кинематическими цепями, что и движение подач при максимальной частоте вращения электродвигателя. Установочное перемещение траверсы осуществляется от электродвигателя М5 через червячную пару 1/30 и винтовые передачи 12; $S_{тр} = 350$ мм/мин. Пиноль 3 перемещается рукояткой 10 через червячную пару 4/24, винт 27 и гайку 28. Фреза и пиноль отводятся от заготовки при подаче масла в гидроцилиндр 8; при этом перемещается поршень-рейка 9, поворачивается гайка-шестерня ($z = 44$) и винт 27 вместе с гайкой 28 и пинолью смещаются вдоль оси.

Механизм зажима траверсы работает от гидроцилиндра 4. При подаче в последний масла перемещаются поршень и гайка 5, вращая зубчатое колесо ($z = 18$) и винт 6, имеющий две резьбы разного шага; в результате гайки 7 сближаются или расходятся, зажимая или разжимая пиноль. Механизм зажима траверсы работает от электродвигателя М6, который вращает червячную пару 1/60; червячное колесо-гайка перемещает винт 19. Последний через шайбу 20 передает усилие на рычаги 21,

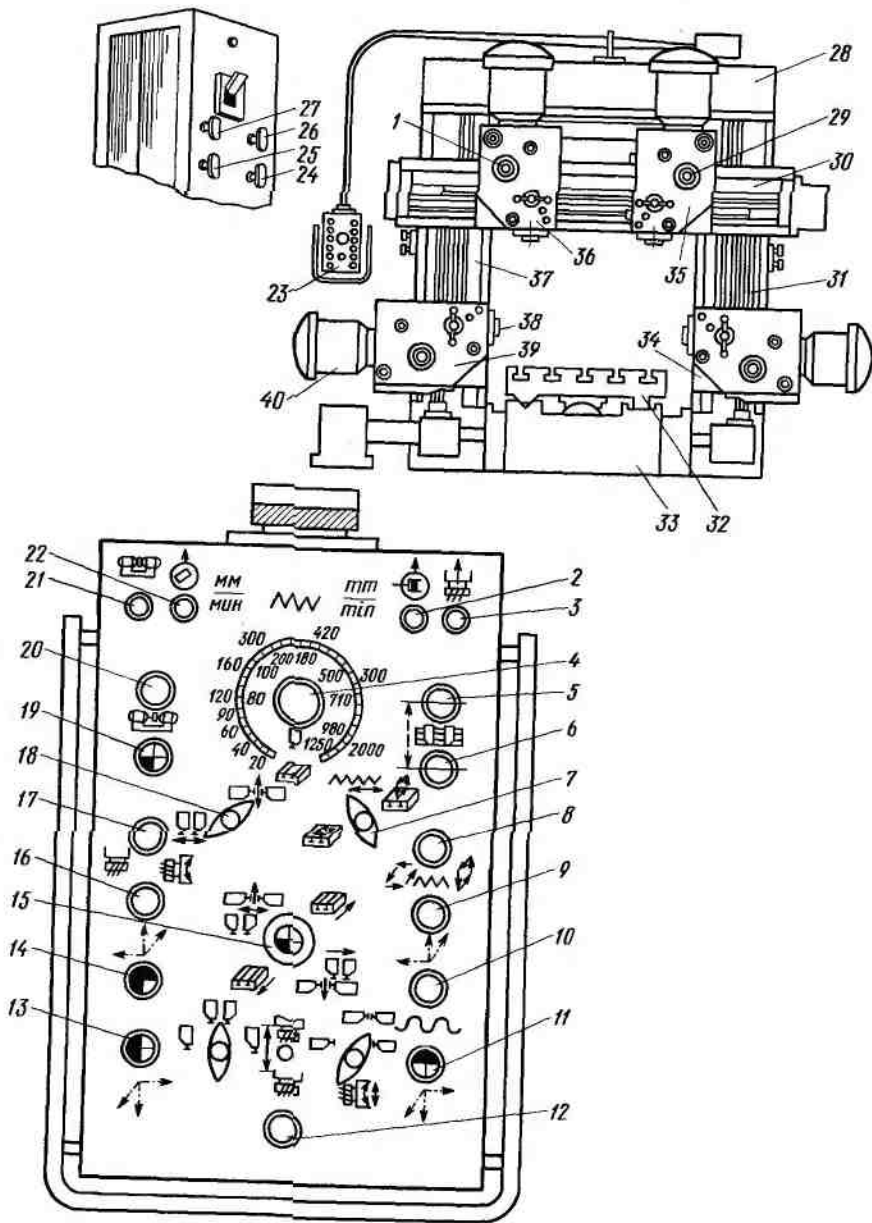


Рис. 8.33. Продольно-фрезерный станок мод. 6610

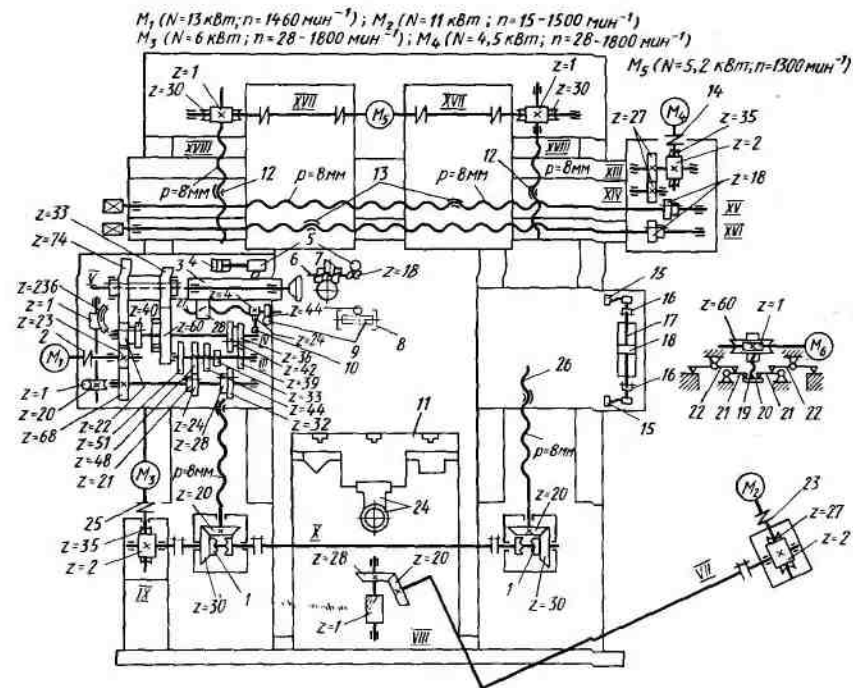


Рис. 8.34. Кинематическая схема продольно-фрезерного станка мод. 6610

а через них — на рычаги 22, зажимающие траверсу. При нажатии на пульте управления кнопки перемещения траверсы автоматически происходит освобождение, перемещение и затем зажим траверсы.

Механизм зажима фрезерной головки работает от гидроцилиндра 17. При поступлении в него масла перемещается поршень 18, поворачивающий рычаги 16; при этом винты 15 зажимают или освобождают фрезерные головки. При нажатии кнопки на пульте управления на перемещение фрезерной головки выполняется освобождение, а в конце перемещения — автоматический зажим головки.

Управление станком производится с подвешенного пульта 23 (см. рис. 8.33), установленного на блоке 28. Частота вращения шпинделя переключается рукояткой 1 (29). Переключатели 24, 25, 26, 27 служат для реверсирования вращения соответствующего шпинделя 38 от электродвигателя 40. Подачу стола 34 и головок 34, 35, 36, 39 регулируют рукояткой 4 реостата (наружная шкала — для стола, внутренняя — для головок). Переключатели 15 регулируют направление подачи стола или головок на направляющих 30, 31, 37. Кнопками 16 и 17 производят пуск и остановку шпинделя; кнопками 8 и 9 — включение и выключение

подач стола и головок; кнопками 10, 11, 13 и 14 — ускоренный ход стола и головок, переключателем 18 и кнопками 16, 17 — установочные перемещения стола и головок. Переключатели 7 задают цикл работы станка. Отключение станка осуществляется кнопкой 12, переключение траверсы вниз и вверх — кнопками 5 и 6, включение и выключение преобразовательного агрегата и гидронасоса стола — кнопками 19 и 20. Лампочки 2, 3, 21, 22 сигнализируют о перегрузке фрезерных головок, отсутствии давления в гидросистеме, отсутствии смазывания направляющих станины 33 и о работе преобразовательного агрегата.

8.9. КОПИРОВАЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ

Предназначены для обработки деталей сложной конфигурации, например штампов, пресс-форм, лопаток турбин и других в крупносерийном и массовом производстве. Обработка ведется концевыми фрезами. Различают контурное и объемное копировальное фрезерование. Контурное фрезерование применяют для обработки фасонных поверхностей замкнутого контура — плоских наружных и внутренних кулачков. Для фрезерования пространственных (объемных) наружных и внутренних поверхностей используют объемное копирование. Копировально-фрезерные станки имеют задающее устройство (ЗУ) (например, шаблон, эталонная деталь, чертеж, модель и др.), связанное через копировальное устройство (щуп, копировальный палец, копировальный ролик, фотоэлемент) с исполнительным органом, который повторяет движение копировального устройства, необходимое для воспроизведения фрезой геометрической формы ЗУ. Используют две схемы работы этих станков: со следящей системой и без нее. В схеме со следящей системой имеется следящий механизм в системе исполнения команд. В ЗУ формируются управляющие сигналы, поступающие в следящий механизм, который сопоставляет заданную программу с выполненной и при их

рассогласовании подает сигнал для кодирования траектории фрезы. В этой схеме имеются также усилительные устройства.

В схеме без следящей системы согласование копировального пальца (щупа) с копиром осуществляется жесткой связью между ЗУ и исполнительным устройством.

На рис. 8.35, а показана схема работы следящей системы. Палец 1 контактирует под определенным давлением с моделью А. При изменении давления палец имеет осевое перемещение, которое передается через шарик втулки 2, в который установлена пружина, касающаяся регулировочного винта. Осевые перемещения пальца управляются в зависимости от действующего на него давления. Эти перемещения через груз 3, подвешенный на пружине 4 и соединенный с втулкой 2, передаются сердечнику 5 трансформатора. Перемещения сердечника в магнитном поле трансформатора изменяют электромагнитные импульсы, поступающие в усилительные устройства и далее в цепь управления электродвигателями подачи.

В механических копировальных устройствах сила резания воспринимается шаблоном (копиром). Следящие копировальные устройства работают с очень малым давлением на шаблоны (копиры или модели), что позволяет использовать простые и дешевые копиры и выполнять фрезерование крутых переходов профиля фасонной поверхности с высокой точностью. При этом обеспечиваются высокая точность и низкая шероховатость обрабатываемых поверхностей при оптимальных режимах фрезерования.

Копировально-фрезерные станки бывают вертикальной (модели 6Р11К-1, 6Р12К-1, 6Р13К-1, 6Т13К-1 и др.) и горизонтальной (модели 6А445, 6Б443 и др.) компоновок. Широкое распространение получили станки с электромеханической, гидравлической, электронной копировальными системами.

По станине (рис. 8.35, б) в продольном направлении перемещается стол 1, на котором расположены угольники 2 и 3 для крепления заготовки и копира. По направляющим стойки 4 перемещается поперечина 5, по которой движется фрезерная головка 6. На ее корпусе установлен копировальный датчик станка. Управление подачи осуществляется в строчном, контурном и трехмерном режимах.

В настоящее время выпускают копировально-фрезерные станки с электронной копировальной системой управления и с ЧПУ. Это позволяет выполнять копировальное фрезерование, фрезерование с ЧПУ и копирование, управляемое с помощью ЧПУ.

8.10. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ФРЕЗЕРНЫХ РАБОТ

На фрезерных станках в зависимости от масштаба изготовления деталей применяют различные универсальные и специальные приспособления. В условиях единичного и мелкосерийного производства используют пневматические и гидравлические за-

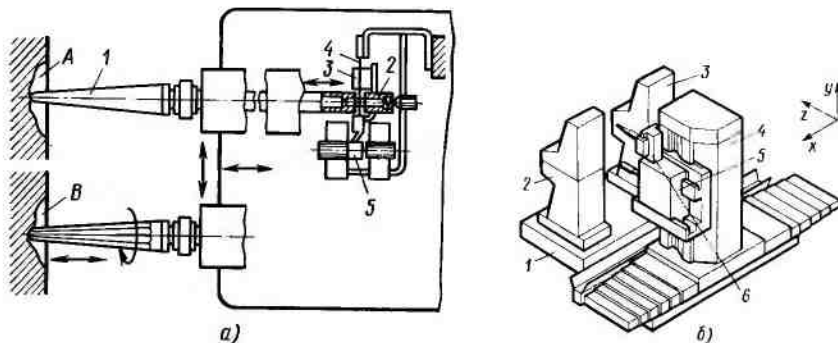


Рис. 8.35. Копировально-фрезерный станок:
а — схема работы следящей системы, б — общий вид станка

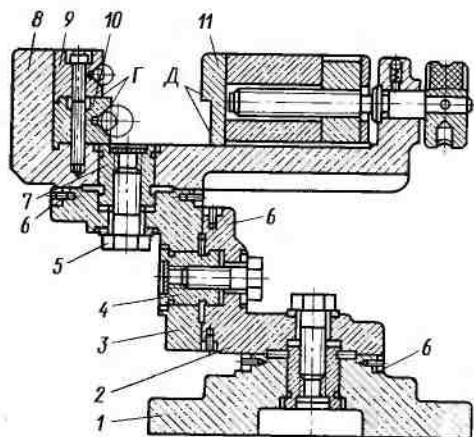


Рис. 8.36. Универсальные поворотные тиски

применением многоместных приспособлений и комбинированных инструментов (наборов фрез, фасонных фрез на общей оправке и др.).

Универсальные поворотные тиски 1 со сменными губками 9, 10, 11 (рис. 8.36) обеспечивают расположение обрабатываемых заготовок в трех взаимно перпендикулярных плоскостях под уг-

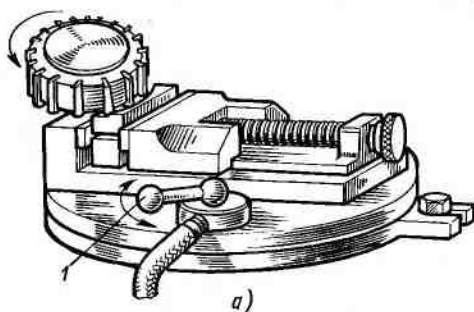
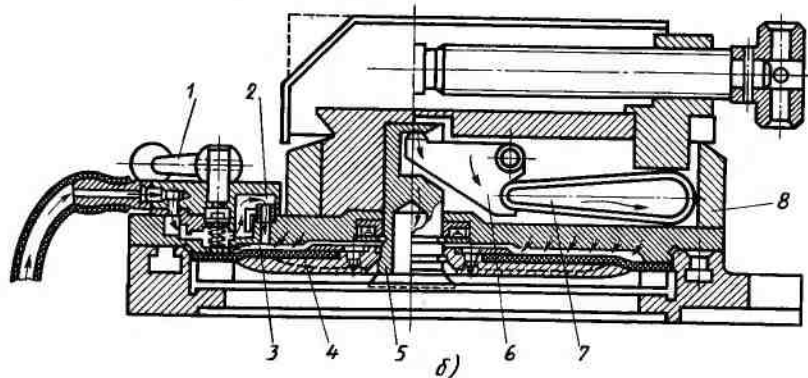


Рис. 8.37. Пневматические тиски



жимные устройства с приставными унифицированными приводами, когда силовой агрегат используют в качестве универсального привода, от которого могут работать различные приспособления. Используют также приспособления с ручным зажимом. Быстродействующие зажимные устройства сокращают вспомогательное время на установку и закрепление обрабатываемых деталей. Комплексная обработка заготовок обеспечивается

лом $\pm 20^\circ$. Круглые валики закрепляют в зависимости от размеров обрабатываемой заготовки. После поворота угольников 2 и 3, а также корпуса 8 на заданный (по лимбам 6) угол поворотные части закрепляют винтами 5 и резьбовыми втулками 4 и 7. Тиски используют для углового фрезерования и шлифования различных деталей. Для точного углового фрезерования и шлифования применяют синусные тиски.

В пневматических тисках (рис. 8.37, а) заготовку закрепляют и освобождают поворотом рукоятки 1 до упора. Сжатый воздух поступает по шлангу от воздухопровода через кран 2 (рис. 8.37, б) и цилиндр 3 и деформирует мембрану 4. Шток 5, перемещаясь в вертикальной плоскости, поворачивает рычаг 6; при этом толкатель 7 и подвижная губка 8 перемещаются. Сила зажима 15—60 кН в зависимости от размера тисков.

Гидравлические тиски (рис. 8.38) состоят из основания 2, корпуса 1 с подвижной губкой 5, корпуса 7 с подвижной губкой 6, гайки 8, винта 9 с поршнем 4. Последний перемещается в отверстии корпуса 1, закрытого крышкой 3. Корпус 1 может поворачиваться на требуемый угол относительно основания 2 и фиксируется винтами 14. Поворот на 30; 60; 90 и 180° фиксируется шариком 11 с пружиной 10. Вращением рукоятки 12 устанавливают губку 6 на расстоянии 3—5 мм от обрабатываемой заготовки. Зажим последней выполняют поворотом рукоятки 15

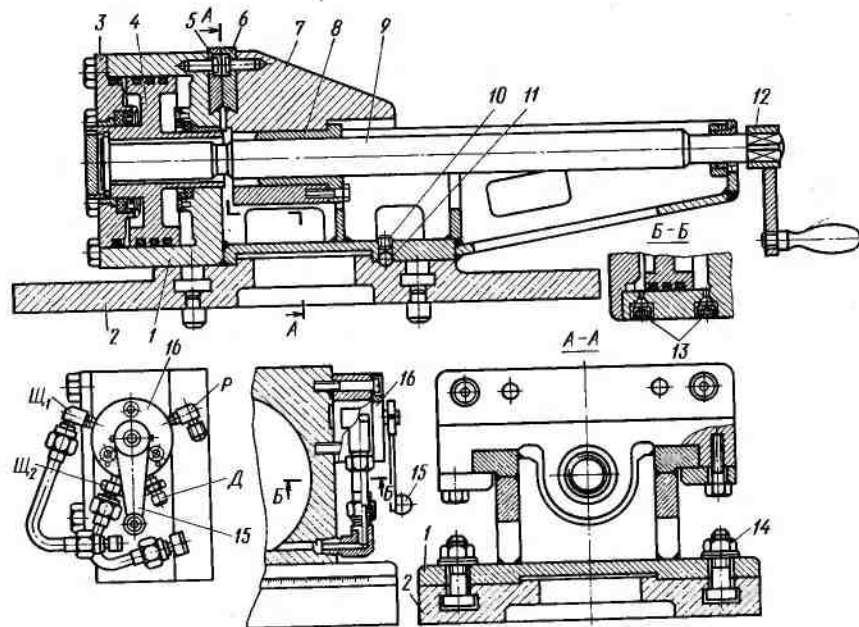


Рис. 8.38. Гидравлические тиски

распределительного крана 16. При этом масло от бака подается под давлением по трубопроводу через штуцер Д, кран 16, штуцеры Ш₁ и Ш₂ в левую или правую полость гидроцилиндра. Одновременно его противоположная полость соединяется с баком через штуцеры Ш₁, Ш₂, распределительный кран и штуцер Р. Поршень перемещает подвижную губку 6 (ход в пределах 10 мм), которая зажимает или освобождает заготовку. Пробки 13 закрывают отверстие для удаления воздуха из гидроцилиндра.

Приспособление для фрезерования торцов (рис. 8.39) на горизонтально-фрезерных станках состоит из корпуса 4, который хвостовиком-шпонкой вставляют в паз стола станка и закрепляют болтом 6 и гайкой 2. Заготовку прижимают к корпусу приспособления так, чтобы ее обрабатываемый торец немного выступал за край стола, и закрепляют двумя прихватами 3, которые можно перемещать в пазах стола. Штифт 1 предотвращает поворот прихвата при закреплении. Приспособление позволяет закреплять одновременно несколько заготовок с упором в угольник 5. Для заготовок шириной более 100 мм используют два комплекта приспособлений.

Универсальное приспособление для фрезерования скосов и фасок на плоских деталях (рис. 8.40) состоит из корпуса 1, поворотного стола 2, зажимных болтов 8 и 14, установочных планок 3 и зажимного регулируемого устройства, обеспечивающего закрепление заготовок различной длины. Регулировку приспособления выполняют перестановкой тяги 11 с ее закреплением в нужном положении планкой 12 и винтом 13. Угол скоса или фаски устанавливают поворотом стола 2 по нониусу. Планки 3 можно закреплять винтами 4 в любом из четырех положений в зависимости от ширины заготовки. Упор 5 фиксируют и закрепляют штифтами 7 и винтами 6. Заготовку закрепляют подвижной губкой 10 и винтами 9.

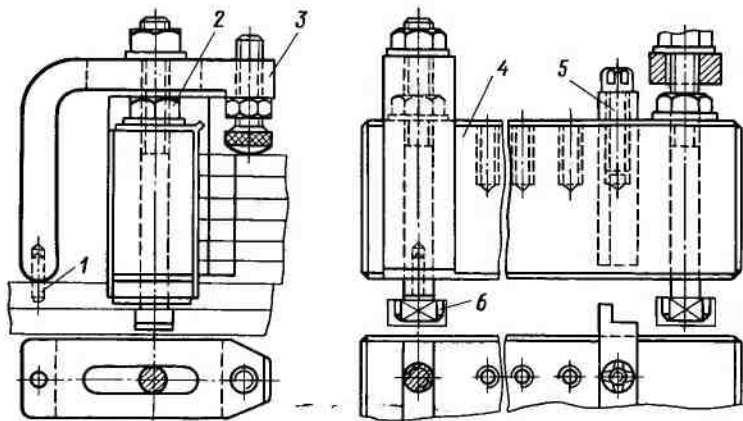


Рис. 8.39. Приспособление для фрезерования торцовых поверхностей

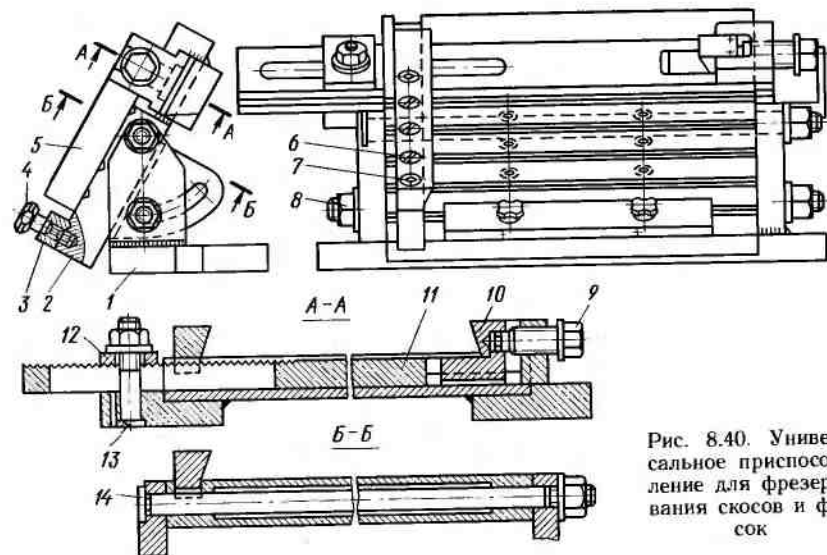


Рис. 8.40. Универсальное приспособление для фрезерования скосов и фасок

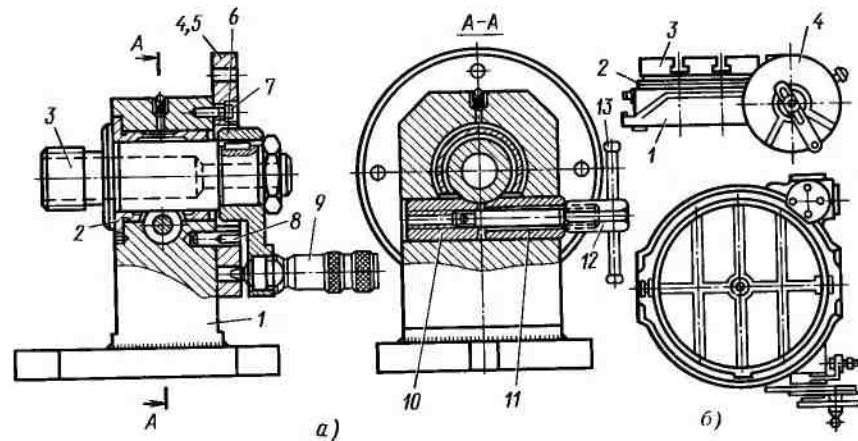


Рис. 8.41. Делительные приспособления

Делительные приспособления (рис. 8.41) применяют для фрезерования лысок, шпоночных пазов, кулачков, зубчатых муфт, квадратов, шестигранников. Обработка таких деталей связана с их поворотом на определенный угол. Обрабатываемую заготовку закрепляют на оправке, конус которой вставляют в отверстие вала 3 (рис. 8.41, а), или в самоцентрирующем патроне, который закрепляют на этом валу. Последний вращается в бронзовой втулке 2, запрессованной в корпусе 1. Деление на 2, 3, 4 и 6 частей осуществляют при повороте вала 3 рычагом 6 за ручку

фиксатора 9, конусная часть которого входит в отверстие делительных дисков 4 или 5, имеющих соответственно 4 и 6 отверстий. Отверстия концентрично расположены относительно оси втулки 2 и вала 3. После деления вал 3 фиксируется сухарями 10 и 11 поворотом ручки 13 с гайкой 12. Сменные диски 4 и 5 фиксируют двумя штифтами 8 и закрепляют винтами 7. Для обработки длинных деталей применяют делительные приспособления с передней и задней бабками.

Круглый поворотный стол (рис. 8.41, б), предназначенный для фрезерования поверхностей под заданными углами и тел вращения, устанавливают на стол станка. На основании 1 расположен круглый стол 3 с крестовыми Т-образными пазами для крепления заготовок. Стол 3 поворачивают вручную на нужный угол посредством червячной передачи. Величину угла поворота отсчитывают по делительному диску 4 или нониусу 2.

Крупные детали крепят непосредственно к столу посредством планок, прихватов, призм, болтов и других зажимных устройств. Детали цилиндрической формы устанавливают в призмах, которые с помощью направляющих шпонок фиксируют в требуемом положении относительно Т-образных пазов стола станка.

8.11. ФРЕЗЕРОВАНИЕ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Различают горизонтальные, наклонные и вертикальные плоские поверхности. К ним предъявляются требования по прямолинейности, плоскостности, точности расположения по отношению к базовой поверхности и шероховатости. Плоскости, как правило, обрабатывают торцовыми или цилиндрическими фрезами. Заготовки устанавливают в тисках или специальных приспособлениях. На подлежащую обработке поверхность наклеивают смазанную маслом полоску бумаги.

Затем ручными подачами сближают заготовку с фрезой на расстояние 5—6 мм. Включают шпиндель станка и плавно сближают заготовку с вращающейся фрезой до их легкого касания (срыв бумажки) и затем при включенном шпинделе ручной продольной подачей выводят заготовку из-под фрезы. По лимбу устанавливают необходимую глубину резания и выполняют врезание фрезы на ручной подаче, затем включают механическую продольную подачу и обрабатывают заготовку на всю длину.

При торцовом фрезеровании вертикальных (торцовых) плоских поверхностей нужно стремиться, чтобы отлетающая стружка падала вниз. Для этого центр фрезы устанавливают на 2—3 мм ниже середины обрабатываемой поверхности. При фрезеровании торцовой поверхности трехсторонней фрезой ее диаметр нужно выбирать с таким расчетом, чтобы расстояние от режущей кромки фрезы, расположенной на цилиндрической поверхности, до поверхности кольца на оправке было больше ширины обрабатываемой поверхности, но и не слишком выходило за нижнюю линию поверхности заготовки.

Плоскостность обработанной поверхности определяют по равномерности просвета между ребром лекальной линейки и этой поверхностью. Перпендикулярность обработанной поверхности относительно смежных с ней плоских поверхностей проверяют угольником по величине просвета между полкой угольника и обработанной плоской поверхностью. Углы обработанных деталей контролируют угольниками, угловыми мерами, коническими калибрами, угломерами и др.

При фрезеровании плоских поверхностей возможны следующие дефекты: 1) дробленая поверхность (причины: не закреплены консоль и серьга; плохо отрегулированы салазки; фреза установлена далеко от опор); 2) волнистая поверхность (причина: большая подача); 3) подрез обработанной поверхности из-за остановки стола при вращающейся фрезе (поэтому останавливать перемещение стола не следует до полного выхода заготовки из-под фрезы).

8.12. ФРЕЗЕРОВАНИЕ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ПАЗОВ, КАНАВOK И УСТУПОВ

Фрезерование трехсторонними фрезами производят следующим образом. Согласно размерам обрабатываемой заготовки подбирают фрезу (ее ширина должна быть равна или чуть больше ширины уступа, а наружный диаметр должен быть минимальным, но таким, чтобы при полной глубине фрезерования уступа оправка с кольцами не касалась заготовки). Включают шпиндель и ручными подачами сближают заготовку с фрезой так, чтобы последняя расположилась под поверхностью уступа и слегка коснулась заготовки.

Затем заготовку отводят и выключают шпиндель. По лимбу вертикальной подачи устанавливают глубину фрезерования (примерно равную $1/3$ глубины уступа, заданной чертежом). Включают шпиндель и ручной поперечной подачей подводят заготовку к фрезе до легкого касания ее боковой поверхности. По лимбу поперечной подачи устанавливают ширину фрезерования уступа (примерно $1/3$ его ширины, заданной чертежом) и фрезеруют уступ на всю длину. Выключают шпиндель и отводят стол в исходное положение. Не снимая заготовки, проверяют ширину и глубину уступа в его начале и конце. Убедившись в правильности настройки, устанавливают требуемую ширину и глубину уступа и фрезеруют его окончательно с одной стороны.

При необходимости фрезерования уступа со второй стороны передвигают стол в поперечном направлении, устанавливают фрезу на ширину уступа и фрезеруют его.

При фрезеровании уступов дисковыми фрезами могут быть следующие дефекты: 1) ширина и глубина уступа не соответствуют чертежным (причины: биение фрезы или неправильный отсчет по шкале лимба); 2) обработанная поверхность уступа не соответствует заданному параметру шероховатости (причина:

неправильно выбраны режимы резания; отсутствие СОЖ; не закалены консоль, салазки; фреза установлена далеко от точек опор).

Фрезерование уступов концевыми фрезами производят так же, как и дисковыми. Диаметр концевой фрезы должен быть больше ширины уступа, а длина режущей части — больше его глубины. Виды и причины дефектов те же.

Уступы можно обрабатывать одновременно набором из двух трехсторонних дисковых фрез, установленных на оправке горизонтально-фрезерного станка, набором из трех фрез (при этом одновременно с двумя уступами обрабатывают и сопрягающую их поверхность).

Метод обработки пазов и канавок и тип используемого инструмента во многом определяются формой и точностью размеров обрабатываемых элементов. При низких требованиях к точности изготовления пазов и канавок их целесообразно обрабатывать дисковыми трехсторонними фрезами. Точные шпоночные канавки, как правило, обрабатывают мерными шпоночными фрезами на вертикально-фрезерных станках.

Пазы для призматических шпонок могут быть закрытыми с двух сторон (глухие), закрытыми с одной стороны и сквозными. Сквозные шпоночные пазы обрабатывают дисковыми трехсторонними фрезами на горизонтально-фрезерных станках, как правило, за один рабочий ход. Для повышения точности паз фрезеруют в 2—3 рабочих хода. Глухие шпоночные пазы фрезеруют стандартными шпоночными фрезами. Сначала фрезу опускают на полную глубину паза, затем включают продольную подачу и фрезеруют паз на заданную длину. Можно обрабатывать шпоночный паз за несколько ходов, используя вертикальную и продольную подачу фрезы.

Пазы для сегментных шпонок обрабатывают стандартными фрезами при подаче (фрезы или заготовки) в направлении глубины паза.

При фрезеровании шпоночных канавок могут возникать следующие дефекты: 1) несовпадение оси шпоночных канавок с осью вала (причина: неправильная установка вала, в результате чего оси фрезы и вала не совпадают); 2) несоответствие размеров канавки или паза требованиям чертежа (причина: неправильный отсчет по шкалам лимбов подач).

8.13. ФРЕЗЕРОВАНИЕ ПРОФИЛЬНЫХ ПАЗОВ

Машиностроительные детали имеют большое многообразие профильных пазов. Наиболее часто встречаются Т-образные пазы, типа «ласточкин хвост» и угловые (рис. 8.42). Т-образные пазы применяют в столах различных станков (плитах-спутниках и технологической оснастке). Они служат для крепления детали или приспособления.

Если паз одновременно служит для ориентации приспособ-

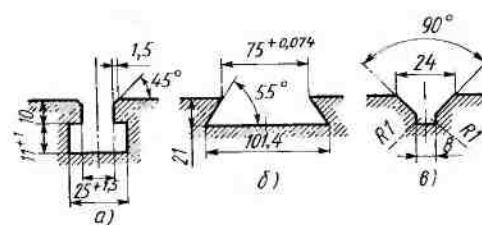


Рис. 8.42. Профильные пазы: а — Т-образный, б — типа «ласточкин хвост», в — угловой

ления, то его выполняют калиброванием. В зависимости от требований к точности прорези Т-образные пазы обрабатывают за три или четыре перехода (рис. 8.43).

Паз типа «ласточкин хвост» служит в качестве направляющих различных узлов станков или технологической оснастки. Паз обрабатывают за два перехода: сначала получают прямоугольный паз, а затем специальной фрезой — «ласточкин хвост» (рис. 8.44).

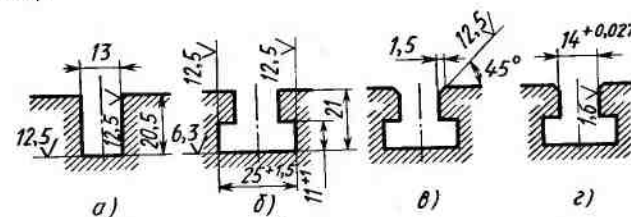


Рис. 8.43. Последовательность обработки Т-образного паза:

а — фрезерование прямоугольного паза, б — фрезерование Т-образного паза, в — снятие фаски, г — чистовая обработка

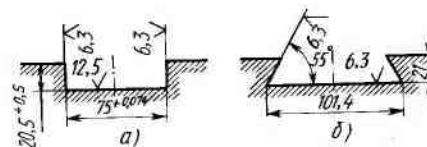


Рис. 8.44. Последовательность обработки паза типа «ласточкин хвост»: а — фрезерование прямоугольного паза, б — фрезерование скосов

Угловые пазы применяются в качестве направляющих различных узлов станков, в призмах. Пазы, как правило, обрабатывают за два перехода: сначала фрезеруют прямоугольный паз, а затем работают угловой фрезой.

8.14. ОТРЕЗНЫЕ И ПРОРЕЗНЫЕ РАБОТЫ

Их выполняют отрезными и прорезными фрезами из быстрорежущей стали. В отличие от дисковых фрез они имеют большую ширину и режущие кромки только на цилиндрической части (рис. 8.45). Прорезные фрезы выполняют с утонением к центру фрезы под углом 4° для уменьшения трения о стенки заготовки. Диаметр фрезы и форму зуба (мелкий или нормаль-

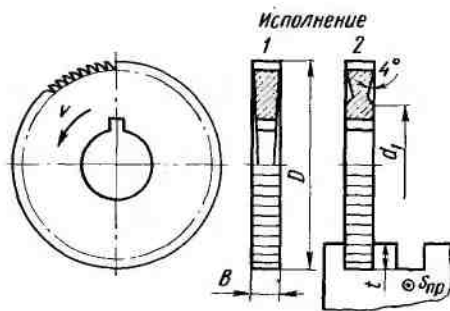


Рис. 8.45. Прорезные фрезы

переходных режущих кромок под углом 45° . На фрезерных станках, как правило, разрезают сортовой прокат.

8.15. ФРЕЗЕРОВАНИЕ ФАСОННЫХ И КРИВОЛИНЕЙНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Контуры широкого ряда машиностроительных деталей типа кулачков, вилок, прихватов, упоров, эксцентриков и других образованы сопряжением дуг окружностей, прямых и кривых линий.

Фасонные и криволинейные поверхности указанных деталей можно обработать с определенной точностью на вертикально-фрезерных станках по разметке, комбинируя ручную продольную и поперечную подачи, или по разметке, используя круглый поворотный стол (см. рис. 8.41).

Фрезерование фасонной поверхности замкнутого криволинейного контура по разметке выполняют следующим образом. Предварительно размеченную заготовку устанавливают и закрепляют либо непосредственно на столе станка, либо в тисках, либо в приспособлении. Подбирают концевую фрезу, диаметр которой позволяет получить все закругления. Фрезеровать можно одновременно ручной продольной и поперечной подачами, механической продольной и ручной поперечной подачами или наоборот.

Сначала производят предварительное фрезерование, оставляя припуск 1—2 мм от линии разметки. Затем выполняют чистовое фрезерование. Фреза должна срезать только половину кернов. Применяют встречное фрезерование во избежание подрыва заготовки и поломки фрезы.

Наружные и внутренние криволинейные поверхности можно фрезеровать с помощью круглого поворотного стола. Эти столы выпускают с ручным приводом, с ручным и механическим приводом, с приводом от индивидуального электродвигателя. Поворотные столы с ручными приводом (диаметр стола 320, 400, 500, 630 мм) имеют два червяка: один для ручного, другой для

механического поворота планшайбы от привода станка. Для сокращения времени на крепление заготовки применяют поворотные столы с пневматическим или гидравлическим приводом. Включают шпиндель станка, подводят заготовку к вращающейся фрезе, стопорят стол станка и фрезеруют криволинейный профиль по всей длине подачи круглого стола.

Фасонные поверхности незамкнутого контура обрабатывают на обычных фрезерных станках фасонными резцами или в отдельных случаях цилиндрическими фрезами с применением копировальных приспособлений, а также на копировально-фрезерных станках и станках с программным управлением. Фасонные фрезы используют для обработки различных фасонных поверхностей с криволинейной образующей и прямолинейной направляющей, а также для образования стружечных винтовых канавок режущих инструментов (фрез, сверл, разверток, метчиков и др.). Профиль зуба фасонных затыланных фрез должен соответствовать фасонному профилю детали. Заготовки из углеродистых и легированных сталей и чугуна фрезеруют фасонными фрезами из быстрорежущей стали Р6М3, Р6М5, заготовки из труднообрабатываемых материалов — фрезами из быстрорежущей стали Р9К10, Р12Ф4, Р6М5К5. При фасонном фрезеровании скорость резания уменьшают на 30—35 % по сравнению со скоростью резания при обработке дисковыми фрезами.

механического поворота планшайбы от привода станка. Для сокращения времени на крепление заготовки применяют поворотные столы с пневматическим или гидравлическим приводом. Включают шпиндель станка, подводят заготовку к вращающейся фрезе, стопорят стол станка и фрезеруют криволинейный профиль по всей длине подачи круглого стола.

8.16. ДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ГОЛОВКИ И ВЫПОЛНЯЕМЫЕ НА НИХ РАБОТЫ

Делительные головки расширяют технологические возможности фрезерных станков. Делительные головки служат для периодического поворота обрабатываемой заготовки вокруг оси (при обработке зубьев, шлицев, пазов и др.) на равные или неравные углы, а также для непрерывного вращения заготовки, согласованных с продольной подачей стола станка при нарезании винтовых канавок. Различают головки для непосредственного деления; многошпиндельные; универсальные; оптические. Делительные головки оснащаются принадлежностями: шпиндельными валиками; передним центром с поводком; домкратом; хомутиками; центровыми оправками и консольными оправками для установок заготовок; универсальными подкладками; задней бабкой; гитарами сменных зубчатых колес; трехкулачковыми патронами.

При обработке с использованием делительной универсальной головки заготовку 1 (рис. 8.46, а, б) устанавливают на оправке в центрах шпинделя 6 головки 2 и задней бабки 8. Модульная дисковая фреза 7 получает вращение, а стол станка — рабочую продольную подачу. После каждого периодического поворота заготовки зубчатого колеса обрабатывается впадина между соседними зубьями. После обработки впадины стол ускоренно перемещается в исходное положение. Цикл движений повторяется до полной обработки всех зубьев колеса.

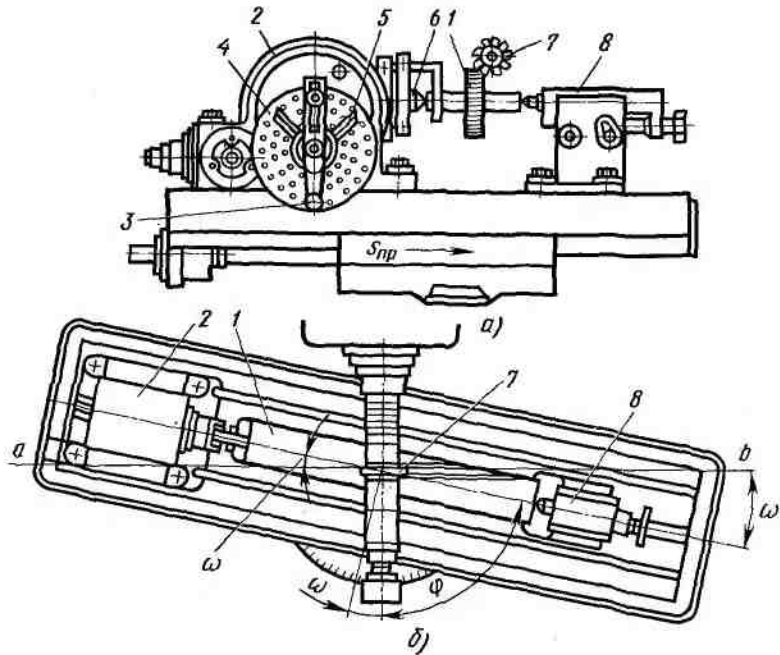


Рис. 8.46. Схема обработки в делительных головках

Рабочую позицию заготовки устанавливают и фиксируют при вращении шпинделя 6 рукояткой 3 по делительному диску 4 с лимбом. Пружинное устройство фиксирует рукоятку 3 при попадании в соответствующее отверстие делительного диска. На последнем с двух сторон concentрично расположены по 11 окружностей с числами отверстий 25, 28, 30, 34, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 44, 47, 49, 51, 53, 54, 57, 58, 59, 62, 66.

Универсальные делительные головки подразделяют на лимбовые (рис. 8.47, а, б и в) и безлимбовые (рис. 8.47, г). Вращение рукоятки 1 относительно лимба 2 передается через зубчатые колеса 5, 6 и червячную передачу 7, 8 шпинделю. Головки настраивают на непосредственное, простое и дифференциальное деление.

Непосредственное деление обеспечивается установкой на шпинделе делительного диска с 30 равномерно расположенными отверстиями. Диск поворачивают рукояткой и выполняют деление окружности на 2, 3, 4, 5, 6, 15 и 30 частей. При использовании специального делительного диска можно выполнить деление на неравные части.

Простое деление (рис. 8.47, а) на z равных частей выполняют при вращении рукоятки относительно неподвижного диска согласно следующей кинематической цепи: $1/z = n_p (z_5/z_6) (z_7/z_8)$

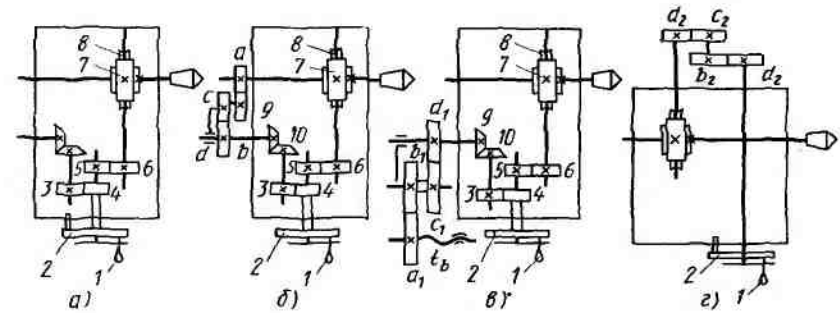


Рис. 8.47. Кинематические схемы универсальных делительных головок

(z_8/z_6) , где $(z_5/z_6) (z_7/z_8) = 1/N$; n_p — число оборотов рукоятки; N — характеристика головки (обычно $N = 40$). Тогда $1/z = n_p \times (1/N)$, откуда $n_p = N/z \approx A/B$, где B — число отверстий на одной из окружностей делительного диска, A — число отверстий, на которое нужно повернуть рукоятку. Раздвижной сектор 5 (см. рис. 8.46, а), состоящий из двух радиальных линейок, раздвигают на угол, соответствующий числу A отверстий, и скрепляют линейки. Если левая линейка упирается в фиксатор рукоятки, то правая совмещается с отверстием, в которое нужно при очередном повороте ввести фиксатор, после чего левую линейку упирают в фиксатор.

Пример. Настроить делительную головку для фрезерования зубьев цилиндрического колеса с $z = 100$. Характеристика головки $N = 40$; $n_p = N/z = A/B = 40/100 = 4/10 = 2/5 = 12/30$, т. е. $A = 12$ и $B = 30$. Таким образом используют окружность делительного диска с числом отверстий $B = 30$, а раздвижной сектор настраивают на число отверстий $A = 24$.

Дифференциальное деление используют в случае, когда нельзя подобрать делительный диск с нужным числом отверстий. Если для числа z на диске нет нужного числа отверстий, принимают число z_ϕ , близкое к z , для которого имеется соответствующее число отверстий. Несоответствие $(1/z - 1/z_\phi)$ компенсируют дополнительным поворотом шпинделя головки на эту разность. Она может быть положительной (дополнительный поворот шпинделя направлен в ту же сторону, что и основной) или отрицательной (дополнительный поворот противоположен). Это обеспечивают дополнительным поворотом делительного диска относительно рукоятки, т. е. если при простом делении рукоятку поворачивают относительно неподвижного диска, то при дифференциальном делении рукоятку вращают относительно медленно вращающегося диска в ту же (или в противоположную) сторону. Вращение диску передается от шпинделя головки через сменные колеса $a-b$, $c-d$ (рис. 8.47, б), коническую пару 9 и 10 и зуб-

чатые колеса 3 и 4. Величина дополнительного поворота рукоятки $n_{p,d} = N(1/z - 1/z_\phi) = 1/z(a/b)(c/d)(z_9/z_{10})(z_3/z_4)$. Принимаем $(z_9/z_{10})(z_3/z_4) = C$ (обычно $C = 1$). Тогда $(a/b)(c/d) = N/C[(z_\phi - z)/z]$.

Пример. Настроить делительную головку для фрезерования зубьев цилиндрического колеса с $z = 99$. Известно, что $N = 40$ и $C = 1$. Число оборотов рукоятки для простого деления $n_\phi = 40/99$. Учитывая, что делительный диск не имеет окружности с числом отверстий 99, принимаем $z = 100$ и число оборотов рукоятки $n_\phi = 40/100 = 2/5 = 12/30$, т. е. берем диск с числом отверстий по окружности $B = 30$ и поворачиваем при делении рукоятку на 12 отверстий ($A = 12$). Передаточное отношение сменных колес определяем по уравнению $(a/b)(c/d) = N/C = [(z_\phi - z)/z] = (40/1)[(100 - 99)/100] = 40/30 = (60/30) \times (25/125)$.

Безлиम्бовые делительные головки (рис. 8.47, з) не имеют делительных дисков. Рукоятку поворачивают на один оборот и фиксируют на неподвижном диске 2. При простом делении на равные части кинематическая цепь имеет вид: $1/(a_2/b_2)(c_2/d_2) \times (z_3/z_4) = 1/z$. Учитывая, что $z_4/z_3 = N$, получаем $(a_2/b_2) \times (c_2/d_2) = N/z$.

Оптические делительные головки (рис. 8.48) обеспечивают деление с повышенной точностью и состоят из корпуса 4, стеклянного диска 5, имеющего 360 точных градусных делений, видимых в микроскоп 2. Оптическая система имеет 60 делений для отсчета угловых минут. Заготовку закрепляют в шпинделе головки и поворачивают на требуемый угол с отсчетом через окуляр микроскопа по шкале диска 5.

Фрезерование многогранников выполняют на консольном вертикально-фрезерном станке торцевой фрезой или на горизонтально-фрезерном станке цилиндрической фрезой со спиральными зубьями. Многогранники в зависимости от требований к их точности фрезеруют за одну или две операции (черновая и чистовая) с припуском 0,5 мм на сторону под чистовую обработку. Фрезу подводят до точки касания к наружному диаметру заготовки, затем поднимают стол на размер $A = D/2 - H_1$, где D — диаметр заготовки, H — размер от грани до центра многогранника.

Фрезерование пазов на валах или многогранниках выполняют концевыми или дисковыми трехсторонними фрезами на консольных горизонтально- или вертикально-фрезерных станках. Заготовку устанавливают в центрах делительной головки и задней бабки. Если паз имеет размер с допуском, обработку выполняют за две операции с припуском на чистовую обработку. Чистовое фрезерование двух боковых сторон паза в заданный размер осуществляют набором из двух дисковых фрез на оправке (инструмент настраивают на размер паза с заданным допуском и проверяют биение торцов), а при небольшой ширине паза — концевой фрезой, установленной в регулируемой оправке.

Фрезерование шлицевых валов выполняют на горизонтально-

фрезерном станке с установкой заготовки в центрах делительной головки и задней бабки в три операции: 1) черновое фрезерование двумя дисковыми фрезами одного диаметра, установленными на оправке с припуском 0,2—0,4 мм на чистовое фрезерование. Шлицы обрабатывают поочередно, поворачивая заготовку на соответствующий угол $(1/z)$; 2) чистовое фрезерование шлицевых пазов фасонной профильной фрезой; 3) прорезание канавок в углах шлицевых пазов набором из двух угловых фрез, установленных на оправке в размер, соответствующий профильной фасонной фрезе; кольца между торцами фрез шлифуют, а установку фрез контролируют профильным шаблоном.

Дисковые фрезы устанавливают по центру детали от точки касания торца фрезы с обрабатываемой оправкой; затем фрезы переменяют на величину, равную половине размера между наружными торцами фрез в сборе.

Фрезерование винтовых канавок, расположенных равномерно по окружности (см. рис. 8.46, б), выполняют при установке заготовки в центрах. Стол поворачивают на угол ω наклона винтовой линии канавки таким образом, чтобы дисковая фреза 7 совместилась с направлением канавки. Заготовка получает непрерывное вращение от ходового винта продольной подачи, а стол — продольную подачу по направлению канавки. Уравнение кинематической цепи от шпинделя делительной головки до винта продольной подачи (см. рис. 8.47, в): $(z_8/z_7)(z_6/z_5)(z_4/z_3)(z_{10}/z_9) \times (d_1/c_1)(b_1/a_1)p_s = p$, где p_s — шаг ходового винта. Учитывая, что $(z_8/z_7)(z_6/z_5)(z_4/z_3)(z_{10}/z_9) = 1/N$ и $p = \pi D/\text{tg } \omega$ (см. рис. 8.47, в), получим $(a_1/b_1)(c_1/d_1) = Np_s \text{tg } \omega/\pi D$.

Фрезерование зубчатых колес выполняют на консольных фрезерных станках модульными дисковыми фрезами или пальцевой концевой фрезой. Для каждого модуля применяют комплекты фрез, состоящие из 8, 15 и 26 модульных дисковых фрез. Номер фрезы из комплекта выбирают в зависимости от числа зубьев нарезаемого колеса. Заготовки цилиндрических зубчатых колес устанавливают при горизонтальном расположении оси шпинделя делительной головки или при вертикальном положении оси шпинделя. В первом случае обработку ведут с горизонтальной, а во втором — вертикальной подачей стола. В зависимости от модуля колеса фрезерование зуба ведут за один или два хода. Суммарная глубина фрезерования равна высоте зуба $t = h = 2,2 m$, где

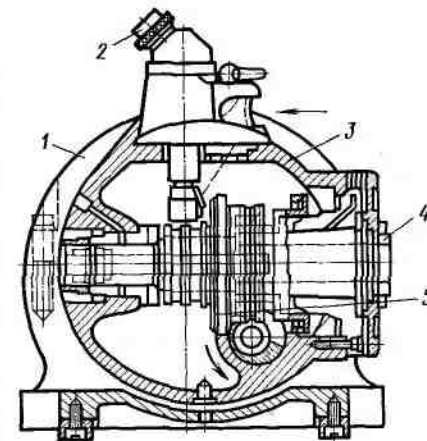


Рис. 8.48. Оптическая делительная головка

m — модуль нарезаемого зубчатого колеса. Первую впадину контролируют шаблоном, последующие — шаблоном или штанген-зубомером.

Зубья косозубых цилиндрических зубчатых колес фрезеруют так же, как и винтовые канавки, дисковыми или пальцевыми модульными фрезами. Если известны диаметр d_n начальной окружности зубчатого колеса и угол наклона зубьев, то шаг винтовой канавки можно определить по формуле $p = \pi m z / \sin \beta$, где m — модуль, z — число зубьев, β — угол наклона зубьев колеса к оси. Угол поворота стола равен углу наклона зубьев колеса. Подбор и установку сменных колес производят так же, как и при фрезеровании винтовых канавок.

При фрезеровании червяков дисковыми модульными фрезами шаг винтовой канавки червяка определяют по формуле $p = \pi m k$, где m — модуль, k — число заходов червяка. Угол подъема винтовой канавки определяют из выражения $\operatorname{tg} \beta = p / \pi d_n$ (где d_n — диаметр начальной окружности червяка) или $\operatorname{tg} \beta = (\pi m k) / (\pi d_n) = m k / d_n$. Угол наклона винтовой канавки ω и угол подъема β связаны соотношением $\omega = 90^\circ - \beta$.

При фрезеровании однозаходных червяков, а также резьб с малым шагом червячную передачу делительной головки отключают, а ее шпиндель соединяют с ходовым винтом стола. Передаточные отношения сменных зубчатых колес гитары находят по формуле $i = p_{хв} / p_p$, где $p_{хв}$ — шаг ходового винта, p_p — шаг фрезеруемой резьбы.

При фрезеровании винтовых канавок возможны следующие дефекты: 1) неправильное направление канавки (причина: не установлено промежуточное зубчатое колесо гитары, или, наоборот, его надо снять); 2) неправильный шаг канавки (причина: неверно подобраны сменные зубчатые колеса гитары); 3) число канавок не соответствует требованию чертежа (причина: неправильно выполнено деление); 4) неравномерный шаг канавок (причина: неправильный отсчет при делении); 5) неправильный профиль или размеры канавок по ширине и глубине (причина: неправильный выбор и установка фрезы по глубине или в поперечном направлении; неточный отсчет угла поворота стола); 6) повышенная шероховатость обработанной поверхности (причина: неправильный выбор режимов резания).

Контрольные вопросы

1. Как классифицируются фрезерные станки?
2. Как классифицируются фрезы?
3. Какие виды работ выполняются на фрезерных станках?
4. Расскажите о конструкции консольных фрезерных станков.
5. Расскажите о конструкции бесконсольных фрезерных станков.
6. Расскажите о конструкции продольно-фрезерных и копировально-фрезерных станков.
7. Какие используют приспособления для выполнения фрезерных работ?
8. Какие работы выполняют с помощью делительных головок?

ГЛАВА 9

ОСНАСТКА ДЛЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

9.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ОСНАСТКИ

Оснасткой называют приспособления, применяемые в качестве дополнительных устройств к металлорежущим станкам в целях: повышения точности обработки; сокращения времени на установку и закрепление заготовки; полноты или частичного устранения разметочных операций; облегчения условий труда рабочего; создания безопасных условий работы; удобства базирования и закрепления заготовок.

Приспособления классифицируются следующим образом.

1. По назначению: для установки и закрепления обрабатываемых заготовок на станках (доля таких приспособлений в их общем числе наиболее весомая и составляет 70—80 %; для крепления режущих инструментов; сборочные (для соединения с определенной точностью сопрягаемых деталей и сборочных единиц); контрольные (для контроля заготовок, обрабатываемых деталей, сборочных единиц и машин в целом); для захвата, перемещения, кантования и транспортировки обрабатываемых заготовок.

2. По принадлежности к технологическому оборудованию: для токарных, фрезерных, сверлильных, расточных станков, для станков с ЧПУ и др.

3. По уровню специализации: универсальные (используемые в условиях единичного и мелкосерийного производства при изготовлении широкой номенклатуры деталей); специализированные (предназначенные для обработки определенных видов заготовок разных типоразмеров в условиях серийного производства); специальные (предназначенные для обработки заготовок одного типоразмера — в условиях крупносерийного и массового производства).

4. По признакам, соответствующим требованиям единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП): универсально-сборные; сборно-разборные; универсально-безналадочные; неразборные специальные; универсально-наладочные; специализированные наладочные; агрегатные средства механизации зажима.

9.2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

К основным конструктивным элементам относятся установочные и зажимные элементы; установочно-зажимные механизмы; приводы зажимных устройств; крепежные детали; корпусные детали.

Базовой деталью приспособления является корпус, служащий для соединения, базирования и закрепления установочных элементов, зажимных механизмов, направляющих устройств и дру-

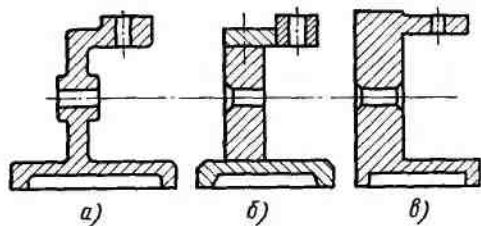


Рис. 9.1. Корпусная деталь:
а — литая, б — сварная, в — кованая

гих деталей приспособлений. Корпус воспринимает силы, действующие при закреплении деталей, и силы, возникающие при их обработке, вследствие чего он должен обладать достаточной жесткостью и виброустойчивостью. Установка и снятие деталей должны быть быстрыми и удобными. Уда-

ление стружки и отвод охлаждающей жидкости должны происходить без затруднений, для чего в труднодоступных местах предусматривают наклонные поверхности для схода стружки. В корпусе предусматриваются специальные лапы (для его закрепления) и направляющие шпонки (для ориентации приспособления на столе станка).

Корпусы, как правило, изготавливают литыми (из серого чугуна), сварными (из стального проката) и реже из цельной заготовки.

Чугунные корпуса (рис. 9.1, а) могут быть сложной конфигурации, обладают хорошей демпфирующей способностью, но при этом характеризуются высокой стоимостью и металлоемкостью, что обуславливает их применение в крупносерийном и массовом производстве приспособлений.

Сварные корпуса (рис. 9.1, б) или полученные из цельной заготовки (рис. 9.1, в) используют при изготовлении приспособлений в единичном и мелкосерийном производстве.

Установочные элементы (опоры) служат для базирования (установки) на них обрабатываемых заготовок. Опоры подразделяют на основные (жестко закрепленные в корпусе и лишаящие деталь шести степеней свободы) и вспомогательные (по-

вышающие устойчивость и жесткость обрабатываемой детали). Число основных опор 6, а вспомогательных — неограничено.

В качестве основных опор используют штыри (рис. 9.2) и пластины (рис. 9.3). Штыри предназначены для установки небольших и средних деталей, а пластины — для установки крупных деталей. Штыри с рифлением (рис. 9.2, а) применяют для базирования деталей по черным поверхностям с невысокой точностью. Для аналогичного базирования, но с большей точностью применяют штыри со сферической головкой (рис. 9.2, б). Для установки заготовок по обработанным поверхностям применяют штыри с плоской головкой (рис. 9.2, в). Опорные штыри в массовом производстве устанавливают в стальные закаленные втулки (рис. 9.2, г), запрессованные в отверстия корпуса приспособления.

Конструкция опор должна исключать неправильную установку заготовок; опоры должны быть жесткими и не деформироваться под действием усилия закрепления и сил резания. Опоры необходимо располагать так, чтобы силы резания прижимали заготовку к ним, а не отрывали ее от опор. Износ рабочих поверхностей основных опор должен быть минимальным и не оказывать влияния на точность обработки заготовки. Опоры изготовляют из низкоуглеродистых и легированных сталей. Их рабочие поверхности цементируют на глубину 0,8—1,2 мм и закаливают до твердости HRC 58—62.

В качестве опор для установки деталей типа тел вращения используют призмы.

Заготовки в приспособления устанавливают также по главным или крепежным отверстиям на пальцы — конические, цилиндрические и призматические (рис. 9.4).

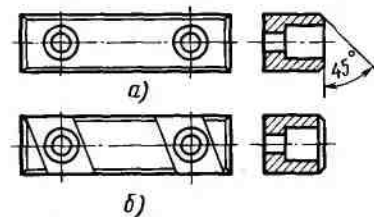


Рис. 9.3. Опорные пластины:
а — без пазов, б — с пазами



Рис. 9.2. Опоры приспособлений:
а — штыри с рифлением на рабочей поверхности, б — штыри со сферической головкой, в — штыри с плоской головкой, г — закаленные втулки, запрессованные в корпус приспособления

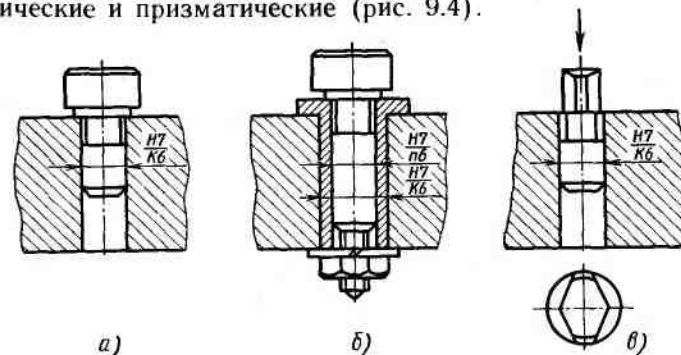


Рис. 9.4. Установочные пальцы:
а — постоянный, б — сменный, в — призматический

Зажимные элементы, служащие для закрепления заготовки в приспособлении, обеспечивают определенность базирования в процессе обработки. К зажимным механизмам предъявляют следующие требования: сила зажима должна прижимать заготовку базовыми поверхностями к опорам приспособления; деформации заготовки, возникающие при закреплении, не должны превышать определенных пределов; сила зажима в процессе обработки должна быть постоянной и такой, чтобы заготовка при обработке не сдвигалась; время закрепления должно быть минимальным; сила, приложенная к рабочим при ручном зажиме, не должна превышать установленных норм; рабочие поверхности зажимов должны иметь высокую износостойкость и твердость; управление и расположение зажимных устройств должны быть удобными.

Зажимные устройства, как правило, состоят из двух частей: зажима и привода зажима.

Зажим в зависимости от конструкции устройства осуществляется прихватами, нажимными винтами, кулачками патронов, цангами, разжимными оправками и др. Прихваты, как правило, являются рычагами, усиливающими действие привода зажима. Конструктивно их выполняют в виде планок.

Широкое применение нашли винтовые зажимы (рис. 9.5, а). Втулку 2, которую запрессовывают или завинчивают в стенку корпуса 3 приспособления, при износе резьбы заменяют. Нажимные пяты 4 бывают разной конструкции. Они отличаются способом крепления на винте 1 и формой. Силу зажима винтовой пары определяют по формуле

$$Q = \frac{M_{кр}}{r_{ср} \operatorname{tg}(\alpha + \gamma + Rf)}$$

где $M_{кр} = PL$ — крутящий момент, приложенный к головке винта; $r_{ср}$ — средний радиус резьбы; α — угол подъема витка резьбы; γ — угол трения в резьбе; f — коэффициент трения на торце болта или гайки.

Эксцентрикковые зажимы (рис. 9.5, б) применяют в случаях, когда не требуется большая сила зажима или осуществляется закрепление точных заготовок. Эксцентрики бывают криволинейные и круглые. Последние распространены больше и проще в изготовлении. Расстояние OO_1 называют эксцентриситетом. Зажим осуществляется внешней поверхностью эксцентрика, который изготавливают из стали 40Х и закалывают до твердости HRC 50—55. Ход эксцентрика $B = l(1 - \cos \beta)$, где $\beta = 90 \div 120^\circ$ — угол поворота эксцентрика из начального положения. Эксцентрик должен быть самотормозящим (условие самоторможения $D \geq 15e$); сила зажима эксцентриком подсчитывается по формуле

$$Q = \frac{PL}{e \sin \beta + f(0,5D - e \cos \beta) + f'R}$$

где P — сила на рукоятке эксцентрика; L — плечо приложения

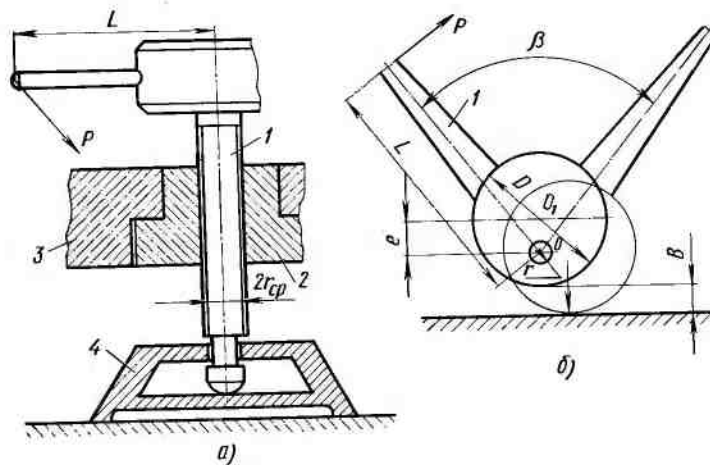


Рис. 9.5. Зажимные устройства: а — винтовой зажим; 1 — винт, 2 — втулка, 3 — корпус, 4 — пята; б — эксцентриковый зажим; 1 — рукоятка эксцентрикового зажима

силы; f и f' — коэффициенты трения на поверхности эксцентрика и оси; D — диаметр эксцентрика; R — радиус оси.

Прихваты, работающие с резьбовыми, эксцентриковыми и другими зажимными устройствами, изготавливают из стали 45 с закалкой до твердости HRC 40—45.

Установочно-зажимные или самоцентрирующие механизмы обеспечивают установку и зажим заготовки с точностью и усилием, необходимым для ее обработки. К этим механизмам относятся кулачковые, клиновые, шариковые, роликовые, цанговые, мембранные и др. Некоторые механизмы являются комбинированными.

Кулачковые и клиновые механизмы применяют для установки жестких заготовок, к которым не предъявляют высоких требований по точности установки и обработки.

Цанговые механизмы (рис. 9.6, а) центрируют и зажимают заготовку 2 с помощью пружинящей втулки 1 с продольными прорезями. Цанги используют для зажима заготовок по отверстию (разжимные оправки) и по наружным цилиндрическим поверхностям (цанговые патроны) 8—10-го

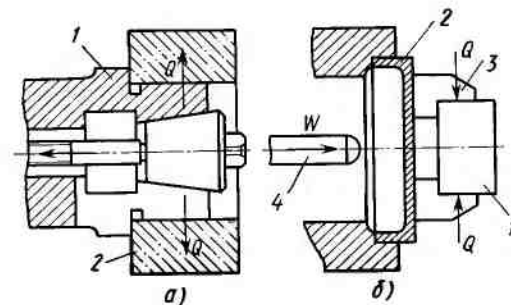


Рис. 9.6. Зажимные устройства приспособлений: а — цанговый механизм; 1 — цанга, 2 — заготовка; б — мембранный патрон; 1 — заготовка, 2 — мембрана, 3 — кулачки, 4 — пружина

квалитета точности. Цанговые зажимы не оставляют вмятин на поверхности заготовки и обеспечивают соосность 0,04—0,06 мм.

Мембранные механизмы (рис. 9.6, б) применяют для зажима заготовок по цилиндрическим поверхностям 5—7-го квалитета точности. Они обеспечивают соосность 0,004—0,007 мм. Мембранные механизмы используют в патронах для зажима цилиндрических втулок 1. Чашечные мембраны 2 предназначены для внутреннего и наружного центрирования и зажима заготовок. Освобождение заготовки осуществляется перемещением штока 4 влево.

Приводы в зажимных механизмах служат для передачи силовой нагрузки на зажимные элементы приспособлений. Привод может быть вмонтирован в приспособление и составлять с ним одно целое и может быть автономным.

Механические приводы основаны на использовании различных источников энергии, предназначенных для создания необходимой нагрузки на рабочем органе привода. Например, энергии сжатого воздуха, сжатой жидкости, электричества, вакуумных установок, движущихся частей станка и др.

Наибольшее распространение получили пневмоприводы, как наиболее экономичные. Гидроприводы, как правило, используются в станках, где управление механизмами самого станка осуществляется с помощью гидравлики. Использование гидропривода дает возможность создать большие усилия зажима при сравнительно меньших размерах конструкции приспособления.

Электроприводы основаны на использовании электрических ключей (электродвигатель с редуктором, выходной вал которого снабжен головкой и ключом с внутренней или наружной шестигранной поверхностью), с помощью которого приводится во вращение зажимной винт или гайка.

Вакуумными называют приводы, с помощью которых под обрабатываемой деталью или над ней создается разреженное пространство, в результате чего обрабатываемая деталь надежно прижимается к установочным элементам приспособления.

При проектировании или выборе соответствующего привода зажимного устройства следует учитывать силу резания. Сила зажима должна быть больше сил резания в 2—2,5 раза. При расчете силы зажима учитывают величину, направление и место приложения сил, действующих на заготовку в процессе ее обработки. К ним относятся силы резания, центробежные и инерционные силы и вес заготовки.

Пневматические приводы работают под действием сжатого воздуха, подаваемого от централизованного источника, обычно под давлением 0,4—0,6 МПа. В станочных приспособлениях наиболее часто применяют поршневые и диафрагменные пневматические узлы.

Пневматические поршневые приводы, состоящие из цилиндра и поршня, соединенного со штоком, бывают двухстороннего и одностороннего действия. У пневмоцилиндра двухстороннего дей-

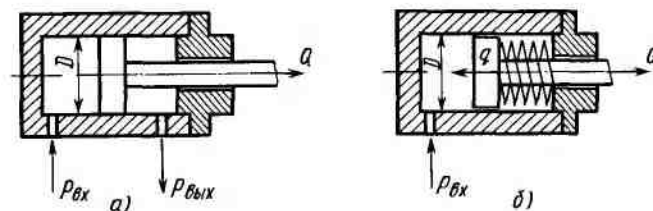


Рис. 9.7. Пневматические поршневые приводы двухстороннего (а) и одностороннего (б) действия

ствия (рис. 9.7, а) сжатый воздух подводится с двух сторон, т. е. имеются напорная и сливная полости. У пневмоцилиндра одностороннего действия сжатый воздух подводится только с одной стороны, а обратный (холостой) ход поршня осуществляется с помощью пружины (рис. 9.7, б). Пневмоцилиндры двухстороннего действия используют в тех случаях, когда требуется большой ход поршня и большое усилие на штоке в обоих направлениях. Во всех остальных случаях целесообразно применять пневмоприводы одностороннего действия.

Сила, передаваемая штоком пневмоцилиндра, $Q = 0,6 D^2 p$ (для двухстороннего привода) и $Q = 0,6 D^2 p - q$ (для одностороннего привода), где p — давление воздуха, МПа; D — диаметр поршня; мм; q — сила сопротивления пружины в конце рабочего хода, Н.

Диафрагменные пневматические силовые приводы представляют собой узел, у которого шток перемещается под давлением сжатого воздуха.

Работа гидравлических силовых механизмов основана на использовании энергии сжатой жидкости. Для этих целей используют гидроцилиндры двухстороннего и одностороннего действия. В гидроцилиндрах одностороннего действия осуществляется предварительное сжатие пружины, что создает противодействие в гидросистеме 0,1—0,15 МПа. Конструкция гидроцилиндров аналогична с конструкцией пневмоцилиндра: диаметры поршня 40—60 мм, ход поршня 10—500 мм. Расчетная сила на штоке гидроцилиндра определяется по формуле

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} p \quad (\text{при подаче жидкости в бесштоковую полость})$$

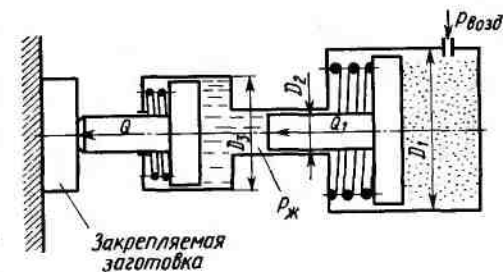
$$\text{и } Q = \left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \right) p \quad (\text{при подаче жидкости в штоковую полость}).$$


Рис. 9.8. Схема гидронеомоусилителя

Для увеличения усилия на штоке пневмоцилиндра используются пневмогидравлические приводы, состоящие из гидро- и пневмопривода. Такие приводы называются пневмогидравлическими усилителями (рис. 9.8). Пневмогидравлический усилитель обеспечивает увеличение силы зажима в 20—30 раз по сравнению с пневмоприводом. Сжатый воздух подается в пневмоцилиндр низкого давления и перемещает поршень диаметром D_1 и шток диаметром D_2 , который является поршнем гидроцилиндра высокого давления. Зажим заготовки осуществляется при давлении жидкости на поршень рабочего гидроцилиндра. Силу зажима, которую развивает шток пневмогидравлического привода, определяют из соотношения

$$Q = \pi P \frac{D_1^2 D_2^2}{D_2^2}$$

где P — давление воздуха; D_1 — диаметр поршня пневмоцилиндра, D_2 — диаметр штока, D_3 — диаметр поршня гидроцилиндра.

Направляющие элементы (кондукторные втулки) приспособлений служат для координирования мерного режущего инструмента (сверл, зенкеров, разверток) и уменьшения его упругих перемещений. При обработке отверстий последовательно несколькими инструментами применяют быстросменные втулки. Высота постоянных втулок (без буртика и с буртиком) составляет $1,5—3D$, а высота сменных и быстросменных втулок (до буртика) — $1,5—2D$, где D — диаметр отверстия, мм. Втулки изготовляют из стали ШХ15, закаливают и подвергают отпуску, твердость втулок не менее HRC 58—62.

К направляющим элементам относятся также установки и габариты для координирования фрез и другого инструмента относительно базирующих элементов приспособления.

При обработке заготовки в многопозиционных приспособлениях ей придать различные положения относительно режущего инструмента в соответствии с требованиями технологического процесса. Для этой цели служат делительные и поворотные механизмы и устройства. Делительное устройство включает в себя поворотный диск, закрепленный на подвижной части приспособления, и фиксатор. Различают шариковые фиксаторы, дающие низкую точность деления, фиксаторы с цилиндрическим пальцем, а также фиксаторы с коническим пальцем, дающие наибольшую точность деления. Угол конусной части фиксатора не должен превышать 15° . Управление фиксатором осуществляется вручную или автоматически.

9.3. ПРИНЦИП БАЗИРОВАНИЯ ЗАГОТОВОК В ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ

При базировании заготовок типа тел вращения в качестве двойных опорных или двойных направляющих базовых поверхностей используют наружные или внутренние цилиндрические поверхности, также поверхности центровых отверстий (рис. 9.9, в, г, д).

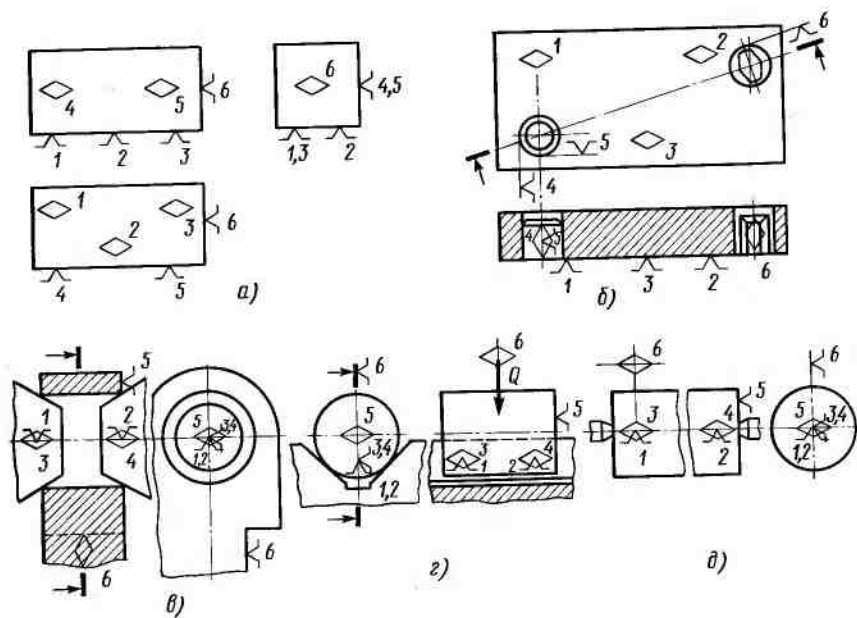


Рис. 9.9. Схемы базирования заготовок в приспособлениях: а — базирование в «координатный угол», б — по плоскости и двум отверстиям, в — по главному «черному» отверстию, г — в призме, д — в центрах

При базировании в «координатный угол» (рис. 9.9, а) заготовки устанавливаются по установочной, направляющей и опорной базовым поверхностям.

Схема базирования (в «координатный угол» по трем плоскостям) является наиболее простой, надежной и точной. Недостатком является невозможность обработать заготовку с четырех-пяти сторон за одну установку.

В этих случаях применяют менее точную схему базирования по плоскости и двум отверстиям. Установочной базой является чисто обработанная плоскость. Два отверстия должны быть обработаны с точностью не ниже 7-го качества (рис. 9.9, б). Базовыми элементами приспособления являются штыри: цилиндрический и ромбический (срезанный), ориентированный определенным образом. При базировании заготовки по плоскости и двум отверстиям неизбежно возникают погрешности базирования в результате неточности выполнения технологических отверстий заготовки, неточности изготовления базирующих пальцев и наличия гарантированного диаметального зазора в соединениях палец — отверстие. Следовательно, такую схему базирования целесообразно применять лишь в случаях затруднения базирования в «координатный угол», невозможности обработки поверхностей заготовки с одной установки при базировании по этой схеме или отсутствии высоких требований точности.

Таким образом, выбор метода базирования заготовки в приспособлении зависит от конфигурации заготовки, ее размеров, способа обработки поверхностей, а также точности обработки.

9.4. УНИВЕРСАЛЬНО-СБОРНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА

Универсально-сборные приспособления (УСП) предназначены для оснащения станков, работающих в условиях единичного или мелкосерийного производства. УСП собирают из взаимозаменяемых узлов и деталей, заранее изготовленных и хранящихся на раздаточном складе.

Сборка приспособлений для конкретных случаев применения не требует значительных затрат времени на трудоемкую разработку чертежей и специального изготовления, так как для таких случаев достаточно подобрать готовые детали и собрать приспособление.

При сборке взаимоположение составляющих элементов относительного корпуса обеспечивают с помощью шпонок, устанавливаемых в мерные пазы корпуса. Допускается в обоснованных случаях дополнять собранные приспособления несложными специальными наладками. Заготовки в приспособлениях закрепляют обычно клиновыми или резьбовыми зажимами, но возможно применение силового привода. Для сборки УСП средней сложности необходимо 2—3 ч.

Точность обработки с применением УСП зависит от качества сборки, степени износа и состояния базовых и установочных деталей. При нормальной сборке точность обработки достигает 8—9-го качества, а при особо тщательной подналадке — 7-го качества.

После выполнения производственного задания (программы) приспособление разбирают, а составляющие узлы и элементы сдают на склад для дальнейшего использования.

Комплекты деталей УСП стандартизированы и состоят из базовых, корпусных, установочных, направляющих, прижимных, крепежных и других деталей и нормализованных узлов, различных по конструкции и назначению.

Комплект УСП содержит 1500—25 000 деталей, из которых можно собрать 200—250 приспособлений для обработки деталей на различных станках.

Основные показатели стандартизированных комплектов УСП приведены в табл. 9.1.

9.1. Основные показатели комплекта УСП

Комплект	Габаритные размеры обрабатываемых заготовок, мм	Число элементов в комплекте	Среднее число приспособлений, собираемых из одного комплекта
УСП-8	220×120×100	4100	30
УСП-12	700×400×200	2100—3100	15—20
УСП-16	2500×2500×4300	4300	20

Кроме УСП созданы комплекты переналаживаемых универсально-сборных приспособлений (ПУСП). Они включают в себя набор узлов, быстродействующих зажимов, допускающих самостоятельную установку непосредственно на столе станка. В системе УСП созданы также комплекты универсально-сборных накладных кондукторов.

В последнее время широкое распространение получила система универсальных наладочных приспособлений, используемая для установки корпусных деталей на многоцелевых станках с ЧПУ. Такие комплекты состоят из базовой части и сменных наладок. Базовая часть включает в себя унифицированные плиты-спутники и угольники с сеткой ступенчатых координатно-фиксирующих отверстий, верхняя часть которых цилиндрическая (диаметром 25 мм), а нижняя — резьбовая (М20). Межцентровое расстояние отверстий $50 \pm 0,015$ мм.

В качестве сменных наладок применяют сменные базирующие крепежные элементы. Плиты и угольники совместно с базирующими и крепежными элементами обеспечивают возможность осуществления большого числа разнообразных компоновок приспособлений для установки большой номенклатуры изделий. Система обеспечивает возможность смены заготовок вне станка, что достигается наличием приспособлений-дублеров.

9.5. ТИПОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Кулачковые патроны применяют для установки и зажима различных деталей, обрабатываемых на токарных и шлифовальных станках. В зависимости от числа кулачков патроны бывают двух-, трех- и четырехкулачковые. Двух- и трехкулачковые патроны являются самоцентрирующимися, а четырехкулачковые изготавливают в основном с независимым перемещением кулачков.

Наиболее распространены универсальные трехкулачковые патроны самоцентрирующиеся с ручным зажимом торцовым ключом. Такие патроны используют для установки и зажима по цилиндрической поверхности различных деталей в серийном и единичном производстве.

Наибольшее применение имеют универсальные трехкулачковые спирально-реечные патроны. На рис. 9.10 изображен патрон такого типа, устанавливаемый на резьбовом конце шпинделя токарного станка. В корпусе 1 патрона расположен диск 2, имеющий на одном торце коническое зубчатое колесо, а на другом —

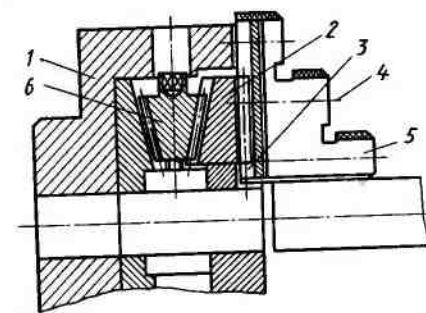


Рис. 9.10. Схема работы самоцентрирующегося трехкулачкового патрона: 1 — корпус, 2 — спиральный диск, 3 — рейка, 4 — винты, 5 — накладные кулачки, 6 — коническое зубчатое колесо

спиральные реечные пазы, находящиеся в зацеплении с рейками 3. В крестообразном пазу реек 3 устанавливают и закрепляют винтами 4 прямые или обратные накладные кулачки 5. При вращении ключом одного из трех конических зубчатых колес 6, находящихся в зацеплении с коническим колесом диска 2, последний поворачивается и перемещает рейки 3 с кулачками 5 к оси патрона (при зажиме детали) и от оси (при ее освобождении). Крышка удерживает диск 2 в корпусе патрона от продольного смещения и препятствует попаданию в патрон стружки и грязи.

Для закрепления на токарном станке заготовок, имеющих неправильную цилиндрическую форму, а также корпусных деталей (для растачивания основных отверстий) используют четырехкулачковые патроны или планшайбы с индивидуальным приводом кулачков. Такие детали устанавливают по индикатору при вращении патрона или планшайбы.

Цанговые патроны применяют для зажима калиброванных прутков различного профиля, обрабатываемых на револьверных станках и автоматах, и для зажима тонкостенных деталей на револьверных и шлифовальных станках. В таких патронах центрирование и зажим прутка и деталей цангой производится под действием осевой силы, создаваемой штоком механизированного привода патрона.

Поводковые приспособления применяют для передачи вращательного движения от шпинделя станка к обрабатываемой детали, установленной в центрах, на оправке или в патроне. К поводковым приспособлениям относятся хомутики, поводковые планшайбы, поводковые патроны.

Самозажимные поводковые патроны изготавливают с двумя или тремя эксцентриковыми кулачками с насечкой, которые в начале обработки под действием сил резания зажимают обрабатываемую деталь, установленную в центрах станка, и передают ей крутящий момент от шпинделя станка.

При увеличении крутящего момента резания автоматически увеличивается и крутящий момент от шпинделя, передаваемый кулачками патрона на деталь. Для удобной установки детали в центрах применяют поводковые патроны с кулачками, автоматически раскрывающимися после окончания обработки. Самозажимные поводковые патроны позволяют устанавливать кулачки на различный диаметр обрабатываемой детали. Такие патроны применяют при центральной обработке деталей на многорезцовых станках для передачи детали больших крутящих мо-

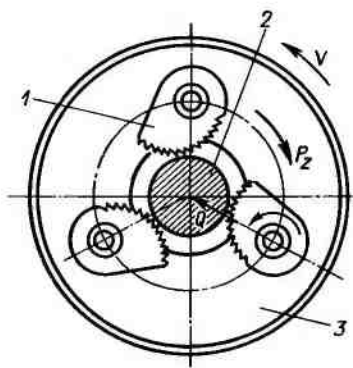


Рис. 9.11. Схема работы трехкулачкового поводкового патрона:
1 — кулачок, 2 — обрабатываемая деталь, 3 — корпус патрона

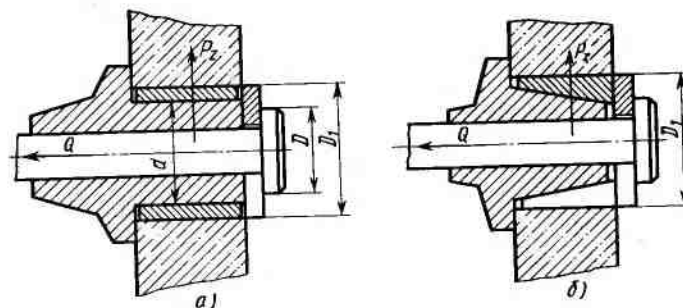


Рис. 9.12. Конструкция оправок:
а — гладкая, б — с разрезной втулкой

ментов. Схема зажима детали в поводковом патроне приведена на рис. 9.11.

Консольные и центровые оправки применяют для установки по центральному базовому отверстию втулок, колец, шестерен, обрабатываемых на многорезцовых, шлифовальных и других станках. При обработке партии таких деталей требуется получить высокую concentричность наружных и внутренних поверхностей и заданную перпендикулярность торцов к оси детали.

В зависимости от способа установки и центрирования обрабатываемых деталей консольные и центровые оправки можно подразделить на следующие виды: жесткие гладкие для установки деталей с зазором или натягом; разжимные цанговые; клиновые (плунжерные, шариковые); самозажимные (кулачковые, роликовые). На рис. 9.12 показаны гладкая оправка и оправка с разрезной втулкой. Зажим и освобождение детали на оправке механизированы.

В качестве вспомогательного инструмента для сверлильных станков используют быстросменные шариковые патроны и кулачковые патроны (для крепления сверл, зенкеров и разверток), самоустанавливающиеся и предохранительные патроны (для крепления метчиков), самоустанавливающиеся патроны (для крепления разверток).

Сверла большого диаметра вставляют хвостовиком непосредственно в конус шпинделя. Если конус у шпинделя и инструмента разный, то используют специальные переходные втулки.

Для уменьшения времени смены различных режущих инстру-

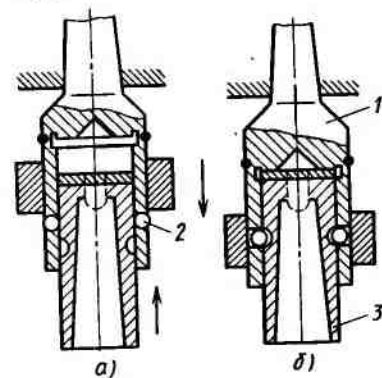


Рис. 9.13. Быстросменный патрон для зажима сверл, зенкеров и разверток

ментов используют быстросменные патроны, обеспечивающие смену инструмента при вращении шпинделя. В таком патроне шпинделя станка через конусный хвостовик корпуса 1 (рис. 9.13, а, б) патрона и два шарика 2 передает вращение сменной втулке 3 с режущим инструментом.

Для повышения точности растачиваемых отверстий и улучшения качества обработанных поверхностей используют жесткие расчетные оправки. Расточную оправку круглого сечения устанавливают в направляющих втулках приспособления. В отверстиях оправки закреплены друг против друга (по диаметру) два резца, установленные симметрично. В процессе резания резцы регулируются специальными клиновыми или винтовыми механизмами, расположенными в оправке, компенсируя свой износ.

Контрольные вопросы

1. Классификация приспособлений.
2. Основные конструктивные элементы приспособлений и их назначение.
3. Схемы базирования деталей в приспособлениях.
4. Основные приспособления для токарных и сверлильных станков.

ГЛАВА 10

СЛОЖНЫЕ ВИДЫ УСТАНОВКИ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ

Обработка деталей со сложной геометрической формой на токарных и фрезерных станках требует их сложной установки.

К сложным относятся следующие виды установки: в несамодерживающемся четырехкулачковом патроне на токарном станке; на поворотных столах токарных и фрезерных станков; с использованием различных угольников и универсально-сборных приспособлений, а также установка нежестких деталей и люнетов на токарных станках. Для реализации всех видов сложной установки деталей необходимо выполнение специальных приемов.

10.1. УСТАНОВКА ДЕТАЛЕЙ В ЧЕТЫРЕХКУЛАЧКОВОМ ПАТРОНЕ

Заготовку неправильной геометрической формы устанавливают в четырехкулачковом патроне сначала предварительно (с помощью мела), а затем окончательно с помощью рейсмаса, индикатора часового типа, переднего и заднего центров или цилиндрической оправки. Предварительная установка производится следующим образом. Кулачки патрона разводят на расстояния, примерно равные размерам заготовки, используя риски на торцовой поверхности планшайбы патрона. Поддерживая заготовку руками, перемещают специальным ключом кулачок 1 (рис. 10.1) патрона до его касания с заготовкой. Затем поворачивают шпин-

дель станка с патроном на 180° и поджимают кулачок 3 к заготовке. Аналогично выставляют кулачки 2 и 4.

Установив минимальную частоту вращения шпинделя, выверяют заготовку с помощью мела. Для этого станочник подводит мел к вращающейся заготовке, если заготовка установлена неточно относительно оси вращения шпинделя, то меловая риска поверхности заготовки обозначится не по всей окружности, а в каком-то определенном месте. Если меловая риска находится напротив кулачка 1, то выключают станок, немного отпускают кулачок 3, поджимают до полного закрепления кулачок 1 и, включив станок, повторяют выверку еще раз до образования на цилиндрической поверхности заготовки сплошной меловой риски. Если меловая риска находится напротив кулачка 2, то производят аналогичные действия с кулачками 2 и 4 до образования сплошной меловой риски на поверхности заготовки.

Окончательную выверку заготовки можно сделать с помощью рейсмаса, установленного на каретку продольной подачи станка таким образом: настраивают станок на минимальную частоту вращения шпинделя и включают вращение шпинделя, подводят чертилку рейсмаса к поверхности вращающейся заготовки, оставляя зазор между ними 0,3—0,4 мм; следят за изменением зазора между чертилкой и поверхностью заготовки, соответственно освобождая одни и поджимая другие кулачки, при невращающемся шпинделе.

Более точную установку осуществляют с помощью индикатора часового типа. Индикатор устанавливают на суппорте станка и определяют биеение заготовки как разность наибольшего и наименьшего показаний индикатора, деленную пополам (рис. 10.2).

Предварительно размеченную и накерненную с двух сторон заготовку можно вывернуть также с помощью центров передней и задней бабок. Для этого устанавливают заготовку в центрах станка; далее аккуратно подводят к заготовке кулачок 1 (до касания), а затем кула-

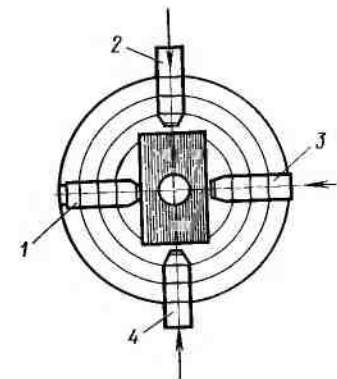


Рис. 10.1. Установка заготовки в четырехкулачковом патроне

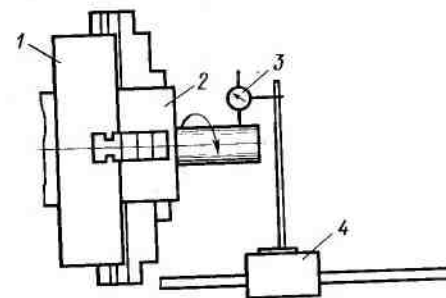


Рис. 10.2. Выверка заготовки с помощью индикатора:

- 1 - четырехкулачковый патрон, 2 - заготовка, 3 - индикатор, 4 - измерительный мост

чок 3 (до касания) с последующим поджатием. Таким же образом подводят к заготовке кулачки 2 и 4; окончательно закрепляют все кулачки и отводят заднюю бабку, после чего приступают к обработке заготовки.

Заготовку со сквозным отверстием большого диаметра предварительно одевают на оправку и закрепляют на ней; устанавливают оправку с заготовкой в центрах станка; равномерно поджимают заготовку кулачками патрона; отводят центр задней бабки в исходное положение, убирают оправку и приступают к обработке заготовки.

10.2. УСТАНОВКА ДЕТАЛЕЙ НА ПЛАНШАЙБЕ

Нередко детали неправильной геометрической формы устанавливают на планшайбе с применением прижимных планок, прихватов, опорных планок, комплектов зажимных болтов и упоров. Установку выполняют следующим образом. В Т-образных пазах планшайбы закрепляют с помощью крепежных болтов три кулачка с регулирующими болтами; предварительно сориентированную заготовку крепят прижимной планкой с помощью болтов; устанавливают противовес и стопорят его упором, расположенным в Т-образном пазу планшайбы (масса противовеса и его положение должны обеспечивать равномерное, без резкой остановки вращение планшайбы от руки при отключенном шпинделе); затем окончательно выверяют заготовку индикатором часового типа и регулировочными болтами; окончательно закрепляют заготовку и приступают к обработке отверстия (рис. 10.3, а).

Для снятия заготовки освобождают прижимную планку и ослабляют только один регулировочный болт кулачка. Следующую заготовку устанавливают уже без выверки, зажав регулировочный болт кулачка и установив прижимную планку.

Часто на планшайбе устанавливают несколько заготовок для их одновременной обработки (рис. 10.3, б), что позволяет сократить время и повысить точность обработки.

Для закрепления заготовки на планшайбе токарного станка используют также угольники, смонтированные на планшайбе так, чтобы ось обрабатываемого отверстия заготовки совпадала с осью центров станка (рис. 10.4, а, б).

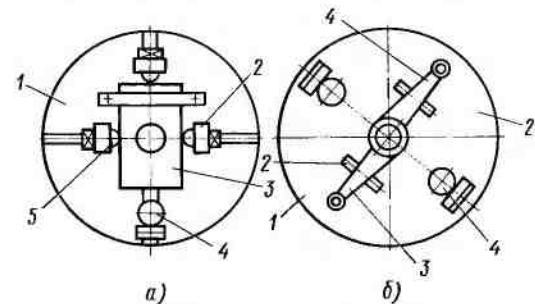


Рис. 10.3. Выверка на планшайбе:

а — одной заготовки с помощью регулировочных болтов, б — двух заготовок для их одновременной обработки; 1 — планшайба, 2 — кулачок, 3 — заготовка, 4 — противовес, 5 — болт.

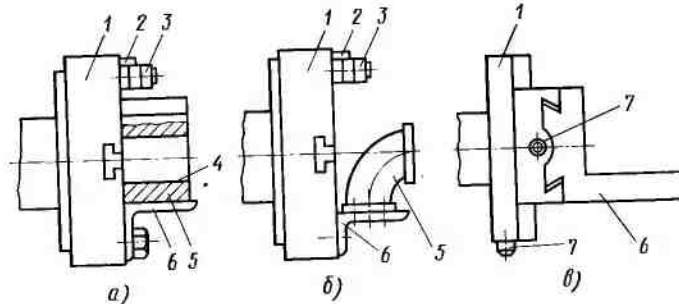


Рис. 10.4. Установка заготовок на угольнике:

а — при обработке отверстий в корпусе; б — при обработке торца патрубка; в — при обработке несимметричной заготовки; 1 — планшайба, 2 — упор, 3 — противовес, 4 — обрабатываемое отверстие, 5 — заготовка, 6 — угольник, 7 — винты.

планшайбу противовесом, стопорят его упором и приступают к растачиванию отверстия в заготовке. Несимметричные заготовки устанавливают на специальной планшайбе с регулируемым угольником (рис. 10.4, в), который перемещают по направляющим типа «ласточкин хвост» винтом 1 (по горизонтали) и по направляющим корпуса планшайбы винтом 2 (по вертикали).

Подобным образом устанавливают заготовки и при обработке на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках. В последнее время при закреплении заготовок на планшайбах и поворотных столах токарных и фрезерных станков используют элементы УСП.

При обработке заготовок с тонкими стенками (толщиной до 1 мм) используют подводимые (вспомогательные) опоры с целью предотвратить деформации таких заготовок в процессе резания. Если тонкостенная заготовка имеет центральное отверстие, то на время ее обработки в это отверстие следует установить (с минимальным натягом) стержень, удаляемый после окончания обработки.

10.3. УСТАНОВКА ДЕТАЛЕЙ В ЛЮНЕТАХ

При обработке на токарных станках заготовок значительной длины и небольшого диаметра в качестве дополнительных опор применяют специальные приспособления — люнеты, позволяющие увеличивать жесткость обрабатываемых заготовок. Люнеты бывают: подвижные и неподвижные обычной конструкции; модернизированные (с вращающейся втулкой, самоустанавливающейся муфтой); самоцентрирующие (с встроенными в кулачки шариковыми и роликовыми подшипниками) и др. Неподвижные люнеты используют при обработке валов, длина которых $l \geq (10 \div 12)d$, где d — диаметр вала. Перед установкой люнета заготовку крепят в центрах станка и протачивают шейку под кулачки люнета на расстоянии, равном $(0,5-0,3)l$ от передней бабки. Затем устанавливают люнет на направляющие станины

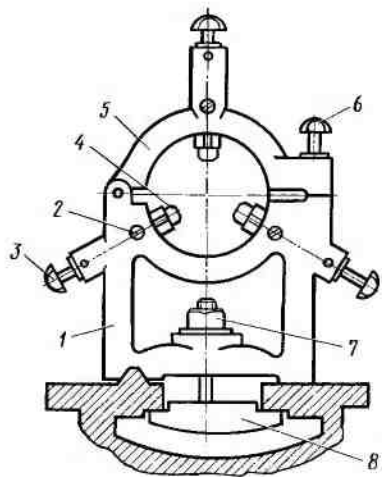


Рис. 10.5. Неподвижный люнет:
1 — корпус, 2 — стопорный винт, 3 — рукоятки винтов, 4 — кулачки, 5 — крышка, 6 — звездочка, 7 — гайка, 8 — планка

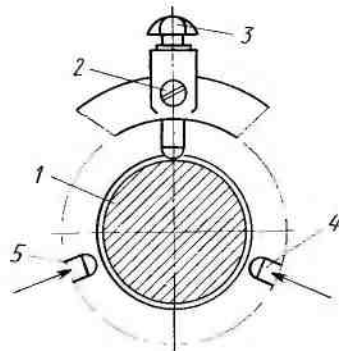


Рис. 10.6. Установка и закрепление кулачков люнета:
1 — заготовка, 2 — стопорный винт, 3, 4, 5 — винты

станка следующим образом. Кулачки 4 люнета (рис. 10.5) разводят (ориентировочно) винтами 3 под диаметр проточенной шейки вала; откидывают крышку 5; размещают люнет на станине напротив шейки вала и закрепляют планкой 8 и гайкой 7; закрывают крышку 5 и закрепляют ее гайкой 6. Далее, вращая верхний винт 3 (рис. 10.Г), подводят кулачок до касания с поверхностью шейки (смазанной маслом) и стопорят его винтом 2 (см. рис. 10.5); аналогично устанавливают два других кулачка винтами 4 и 5 (рис. 10.6), после чего приступают к обработке правой части вала. Для обработки левой части вал переставляют в центрах; при этом кулачки люнета вновь регулируют по обточенной поверхности вала. При обработке длинных заготовок периодически контролируют поджим кулачков люнета и смазывают шейку обрабатываемого вала.

Обработку отверстия большого диаметра в длинной заготовке осуществляют следующим образом. Обработанную по наружной поверхности заготовку 2 (рис. 10.7) закрепляют в трехкулачковом самоцентрирующем патроне 4 (с расточенными или шлифованными кулачками) и в самоцентрирующем патроне 3 люнета 5. Последовательность обработки: подрезают торец 6 подрезным резцом 7; сверлят отверстие сверлом 1; растачивают отверстие расточным резцом.

Подвижные люнеты применяют при чистовой обработке заготовок и при нарезании резьбы на нежестких валах постоянного сечения. Предварительно выверяют (с высокой точностью) относительное положение центров задней и передней бабок. Установ-

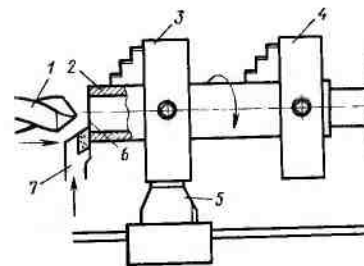


Рис. 10.7. Обработка отверстия большого диаметра в нежесткой заготовке:

1 — сверло, 2 — заготовка, 3 — патрон, 4 — самоцентрирующий патрон, 5 — люнет, 6 — обрабатываемый торец, 7 — подрезной резец

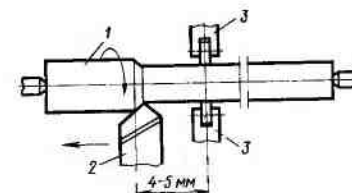


Рис. 10.8. Обработка нежестких валов с использованием подвижного люнета

ливают: подвижный люнет на продольном суппорте станка, заготовку 1 (рис. 10.8) в центрах станка, резец 2 в резцедержателе 3. Обтачивают заготовку 1 со стороны задней бабки на длину 20—30 мм; подводят (с помощью винтов) кулачки 3 люнета до соприкосновения с обрабатываемой поверхностью и закрепляют их стопорными винтами; подводят резец к обработанной поверхности заготовки на расстоянии 1—2 мм так, чтобы резец находился впереди кулачков на расстоянии 4—5 мм; включают станок; подводят вершину резца до соприкосновения с поверхностью заготовки; включают продольную подачу и обтачивают вал на требуемую длину.

При обработке очень длинных и тонких валов применяют несколько люнетов (один-два неподвижных и один подвижный), устанавливаемых на определенном расстоянии.

10.4. ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И УСТРОЙСТВА

При обработке крупногабаритных и тяжелых заготовок на рабочем месте токаря или фрезеровщика устанавливают механизированное подъемно-транспортное устройство (подвесную кран-балку с дистанционным вызовом или консольно-поворотный кран, расположенный непосредственно у станка). При частой смене обрабатываемых заготовок используют консольные поворотные краны, которые обслуживают два станка и более.

10.5. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТЫ

При обработке деталей, требующих сложной установки на станках, в целях безопасности следует: при монтаже поворотных столов и люнетов пользоваться рукавицами, а снимать указанные приспособления только при помощи специальных подъемных уст-

ройств; приспособления массой более 20 кг устанавливать и снимать с помощью тельферов и кранов; крепление приспособлений на столе станка должно быть надежное; работать с пониженными скоростями резания; периодически проверять крепление противовеса на планшайбе; при работе не стоять против планшайбы.

Контрольные вопросы

1. Последовательность крепления заготовки в четырехкулачковом патроне.
2. Способы выверки заготовок в четырехкулачковом патроне.
3. Способы установки и закрепления деталей на планшайбе.
4. Назначение люнетов.

ГЛАВА 11

СВЕДЕНИЯ О СОПРОТИВЛЕНИИ МАТЕРИАЛОВ

11.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Все машины, механизмы, в том числе и станки, обязательно должны обладать заданной прочностью, жесткостью и устойчивостью. Станок, например, не будет выполнять своего служебного назначения и обеспечивать точную обработку, если он не будет обладать указанными свойствами.

Прочность — способность конструкции и ее элементов сопротивляться действию внешних нагрузок, не разрушаясь. Это обеспечивается применением деталей, изготовленных с определенными размерами и из соответствующих материалов.

Жесткость — способность твердых тел сопротивляться деформации. Расчеты на жесткость позволяют определить изменения формы и размеров конструкций при действии на них нагрузок.

Устойчивость — способность конструкции и ее элементов сохранять свою первоначальную форму под действием внешних нагрузок. Расчеты конструкций на прочность, жесткость и устойчивость являются важнейшими задачами науки о сопротивлении материалов.

Решение этих задач требует предварительного создания расчетных схем, а в некоторых случаях и моделей; при выборе расчетной схемы геометрию элементов конструкции упрощают.

Основными геометрическими формами тел являются следующие: брус — тело, длина которого значительно превос-

ходит поперечные размеры (рис. 11.1, а); оболочка — тело, ограниченное двумя поверхностями, расстояние между которыми мало по сравнению с двумя другими их размерами (рис. 11.1, б); пластина — оболочка плоской формы (рис. 11.1, в); массив — тело, все три размера которого примерно одинаковы (рис. 11.1, г).

Схематизация касается конструкции, ее составных элементов и материалов. Последние принято рассматривать как сплошную однородную среду. Сплошным является тело, объем которого заполнен полностью, без пустот, однородным — тело, имеющее одинаковые свойства материала во всех его точках; изотропным — тело, свойства которого одинаковы во всех направлениях; анизотропным — тело, свойства которого неодинаковы во всех направлениях.

11.2. ВНЕШНИЕ И ВНУТРЕННИЕ СИЛЫ

Действие одного тела на другое заменяют силой (нагрузкой). Внешняя сила является мерой механического воздействия тел. Эти силы (нагрузки) делятся на активные (заданные) и реактивные (возникающие в связях при действии активных сил). По способу приложения внешние силы подразделяются на поверхностные, действующие на поверхность тела, и объемные, действующие на каждую частицу объема тела. Внешние силы по характеру действия различаются на статические и динамические. Статическими называют силы, которые изменяются вначале с небольшой скоростью, а затем, начиная с некоторого момента, остаются постоянными; динамическими — силы, изменяющиеся с большой скоростью (например, ударные нагрузки).

Под действием внешних сил тело деформируется, т. е. изменяются расстояния между его элементарными частицами. Вследствие этого между частицами возникают дополнительные силы взаимодействия, стремящиеся вернуть их в первоначальное положение. Указанные дополнительные силы взаимодействия называются внутренними силами или внутренними силами упругости. Таким образом, на каждое тело действуют системы сил: внешние силы (заданные нагрузки) и внутренние силы, возникающие вследствие деформации тела под действием внешних сил.

Внутренние силы определяют методом сечений, который заключается в следующем: мысленно рассекают брус плоскостью A , перпендикулярной к его оси, на две части (рис. 11.2, а); отделяют одну из частей, например правую (рис. 11.2, б); для сохранения равновесия действие отделенной части на оставшуюся часть бруса уравнивают (рис. 11.2, в); оставшуюся часть бруса уравнивают (рис. 11.2, г).

На поверхности сечения B внутренние силы распределяются сложным образом. Используя правила статики, систему внутренних сил приводят к центру тяжести сечения. Для этого в плоскости сечения B располагают систему координат $OXYZ$ с началом в центре O тяжести сечения. Ось Z направлена перпендикулярно

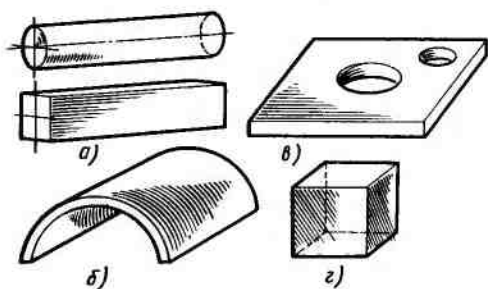


Рис. 11.1. Геометрическая форма тел

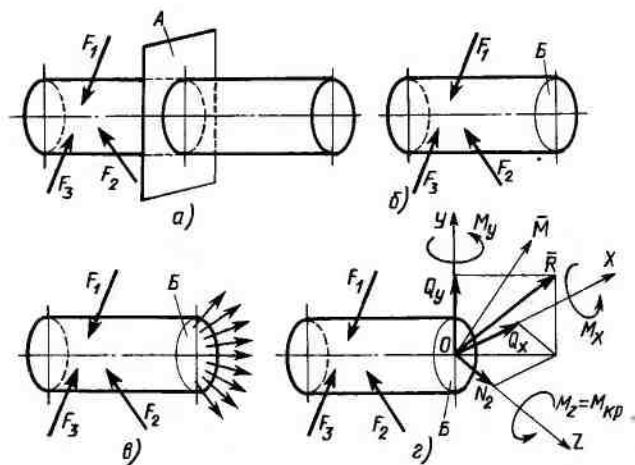


Рис. 11.2. Схема к определению внутренних сил методом сечений.

сечению B , а оси X и Y расположены в его плоскости. В результате получают главный вектор R и главный момент M .

Главный вектор R — равнодействующая всех внутренних сил, приложенная в центре тяжести сечения. Главный момент M — момент, создаваемый всеми внутренними силами относительно центра тяжести сечения. Проектируя R и M на оси X , Y и Z , получают шесть составляющих: три силы N_z , Q_x и Q_y и три момента $M_z = M_{кр}$, M_x и M_y .

Эти составляющие называются внутренними силовыми факторами в поперечном сечении бруса. Каждый из шести этих факторов соответствует определенному виду деформации бруса. Составляющую N_x , перпендикулярную сечению B , называют нормальной или продольной силой, а составляющие Q_x и Q_y — поперечными силами. Момент $M_{кр}$ относительно оси Z называют крутящим моментом, а моменты M_x , M_y относительно соответственно осей X и Y — изгибающими моментами. Внутренние силовые факторы выражают через заданные нагрузки, для чего рассматривают равновесие оставшейся части бруса.

11.3. НАПРЯЖЕНИЯ, ДЕФОРМАЦИИ И ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

Распределение внутренних сил по сечению может быть равномерным или неравномерным. Для определения внутренних сил нужно знать закон изменения их интенсивности по сечению. Знание этого закона позволяет определить меру интенсивности, т. е. напряжения внутренних сил, в любой точке сечения.

Напряжение в каком-либо сечении бруса определяют следующим образом. Пусть под действием внешних сил и их моментов

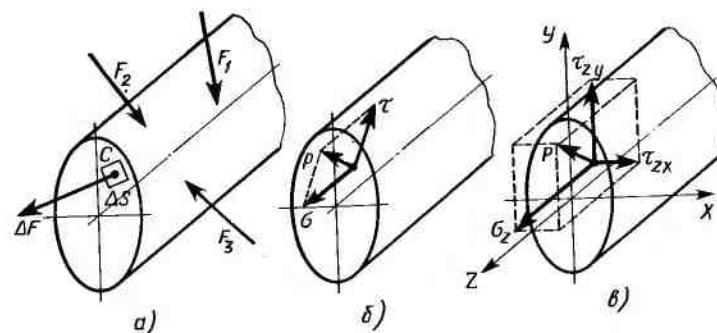


Рис. 11.3. Напряжения в сечении бруса

в этом сечении возникает некоторая система внутренних сил (рис. 11.3, а). Выделим вокруг точки C элементарную площадку ΔS . Внутреннюю силу, действующую на эту площадку, обозначим ΔF . Тогда среднее напряжение $p_{ср} = \Delta F / \Delta S$. Напряжение измеряют в Паскалях (Па). При равномерном распределении внутренних сил по сечению истинное (полное) напряжение $p = F / S$, где S — площадь поперечного сечения, F — внутренняя сила, действующая в этом сечении. Напряжение p можно разложить на две составляющие (рис. 11.3, б): нормальное напряжение σ , действующее по нормали к сечению, и касательное напряжение τ , действующее в плоскости сечения. Напряжение τ в свою очередь можно разложить на две составляющие: τ_{zx} , действующую вдоль оси X , и τ_{zy} , действующую вдоль оси Y . Таким образом, вектор полного напряжения p в данной точке по данной площадке имеет три составляющие: $\sigma_z = \sigma$; τ_{zx} и τ_{zy} (рис. 11.3, в).

Нормальные напряжения противодействуют сдвигу или удалению двух частиц тела по нормали к сечению. Касательные напряжения противодействуют сдвигу одной элементарной частицы тела относительно другой в плоскости сечения. Напряженным состоянием в точке называют действие совокупности нормальных и касательных напряжений для множества площадок, проходящих через данную точку.

Тело под действием приложенных сил изменяет свои размеры и форму, т. е. деформируется. При обработке на металлорежущих станках под действием сил и моментов, возникающих при резании, детали динамической системы станка деформируются. Деформации подвергаются режущий инструмент, крепящие его оправки, обрабатываемая заготовка, исполнительные органы, несущие инструмент и заготовку, и т. д. Различают деформации упругие и пластические. Упругими называют деформации, полностью исчезающие после снятия внешней нагрузки, пластическими (или остаточными) — деформации, остающиеся после снятия внешней нагрузки. Деформации подразделяются на линейные и угловые. Сечения бруса вследствие деформации совершают пер-

мещения, которые могут быть линейными и угловыми. Эти перемещения в большинстве случаев выражают через деформации.

11.4. ВИДЫ НАГРУЖЕНИЙ

Силловые факторы, действующие в поперечном сечении бруса, определяют вид нагружения: растяжение (сжатие); сдвиг; кручение; изгиб и сложное сопротивление.

Растяжение (сжатие) — вид нагружения бруса, при котором в его продольном сечении возникает только продольная сила N , а остальные силловые факторы отсутствуют. При растяжении сила N направлена от сечения, а при сжатии — к сечению. При растяжении-сжатии нормальное напряжение $\sigma = N/S_0$.

Растягивающая сила N вызывает абсолютное удлинение бруса на величину Δl и уменьшение поперечных размеров бруса. Относительное удлинение (линейная деформация) $\epsilon = \Delta l/l$, где l — первоначальная длина бруса.

Закон Гука. Английский ученый Роберт Гук установил, что между силой, действующей на брус, и деформацией имеется следующая зависимость: $\sigma = E \epsilon$, где E — коэффициент пропорциональности или модуль продольной упругости (он измеряется в Паскалях и характеризует жесткость материала, т. е. его способность сопротивляться деформированию).

Сжатие (рис 11.4) увеличивает поперечные размеры бруса на величину Δa и уменьшает длину бруса. Относительное сужение $\epsilon' = \Delta a/a$, где a — первоначальный поперечный размер бруса. Параметры ϵ и ϵ' связаны соотношением $\epsilon' = \mu \epsilon$, где μ — коэффициент поперечной деформации или коэффициент Пуассона. Коэффициент μ наряду с модулем E упругости характеризует упругие свойства материала (для стали, например, $\mu = 0,25 \div 0,3$).

Расчет на прочность. Коэффициент запаса. Используя закон Гука, можно определить напряжение в любом сечении бруса. Однако при этом нельзя ответить на вопрос, будет ли обеспечена прочность бруса, т. е. выдержит ли его материал данные напряжения. Для ответа на этот вопрос нужно знать механические свойства материала, определяемые путем испытаний при различных видах нагружения. Основным и наиболее простым является испытание на растяжение. Полученные при этом данные в большинстве случаев позволяют судить о прочности и при других видах нагружения. В результате испытаний получают следующие основные характеристики прочности материала: σ_n — предел пропорциональности; σ_t — предел текучести; σ_b — предел прочности.

Поэтому для пластичных материалов предельным напряжением является предел текучести σ_t , а для хрупких материалов — предел прочности σ_b . Та-

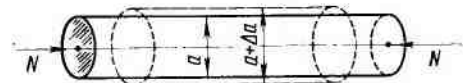


Рис. 11.4. Сжатие бруса

ким образом, условие выражается зависимостью $n = \sigma_{пред} / \sigma_{max} \geq \geq [n]$, где n — коэффициент запаса; σ_{max} — максимальное рабочее напряжение; $\sigma_{пред}$ — предельное напряжение; $[n] = 15 \div 6$ — нормативный коэффициент запаса. Введем понятие допускаемого напряжения при растяжении $[\sigma] = \sigma_{пред} / [n]$, тогда условие прочности примет вид $\sigma_{max} \leq [\sigma]$. Таким образом, условием прочности при растяжении является выражение $\sigma_{max} = N/S [\sigma]$.

Вид нагружения бруса, при котором в его поперечных сечениях возникает только поперечная сила Q_x или Q_y , а остальные силловые факторы отсутствуют, называют **сдвигом** (см. рис. 11.2, з). Внутренние силы упругости при сдвиге действуют в плоскости сечения B и их принимают равномерно распределенными по площади S сечения. Условие прочности при сдвиге: $\tau_{max} = Q/S \leq [\tau]$, Q — поперечная сила; $[\tau] = (0,8 \div 1) [\sigma]$ — допускаемое касательное напряжение при сдвиге.

Вид нагружения бруса, при котором в его поперечном сечении возникает крутящий момент $M_{кр}$, а остальные силловые факторы отсутствуют (см. рис. 11.2, з), называют **кручением**. Внутренние силы упругости при кручении действуют в плоскости сечения B и изменяются по линейному закону: у бруса круглого сечения они возрастают от нуля (в центре сечения) до максимального значения (на периферии сечения).

Условие прочности вращающегося бруса, испытывающего кручение или передающего мощность (такой брус называют валом) имеет вид $\tau_{max} = M_{кр} / W_p \leq [\tau]$, где $[\tau]$ — допускаемое напряжение при кручении, $W_p \approx 0,2d^3$ — полярный момент сопротивления сечения, d — диаметр расчетного сечения вала. $W_p = I_p / R$, где $I_p \approx 0,1d^4$ — полярный момент инерции сечения, R — радиус сечения. Для стали $[\tau] = (0,5 \div 0,6) [\sigma]$; для чугуна $[\tau] = (1 \div 1,2) [\sigma]$.

Кроме прочности при кручении необходимо обеспечить жесткость бруса (особенно вала), для чего ограничивают наибольшую величину относительного угла закручивания вала $\Theta = \varphi / l = = M_{кр} / GI_p$, где φ — абсолютный угол закручивания вала (в рад), $M_{кр}$ — крутящий момент на длине бруса; G — модуль упругости сдвига, l — длина вала. Условие жесткости при кручении: $[(180/\pi) M_{кр} / GI_p] \leq [\Theta]$, где $[\Theta] = 0,15 \div 2$ град/м — допускаемый относительный угол закручивания.

Вид нагружения бруса, при котором в его поперечном сечении возникает только изгибающий момент M_x или M_y (см. рис. 11.2, з), называют **чистым изгибом**. Поперечный изгиб — вид нагружения бруса, при котором в его поперечных сечениях действуют изгибающий момент (M_x или M_y) и поперечная сила (соответственно Q_x или Q_y), а остальные силловые факторы отсутствуют. При чистом изгибе внутренние силы упругости действуют перпендикулярно к плоскости сечения и изменяются по линейному закону, возрастая от нуля (на оси бруса) до максимального значения (на периферии). При изгибе нормальные напряжения σ_n (в Па) для периферийных точек сечения бруса $\sigma_n =$

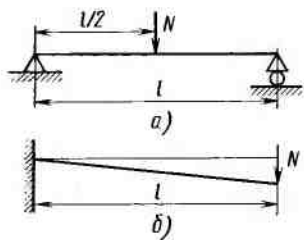


Рис. 11.5. Балка на двух опорах (а) и балка, закрепленная одним концом — консольная балка (б)

$= M_x/W_x$, где M_x — изгибающий момент в сечении (в Н·м); W_x — осевой момент сопротивления (в м³). Для бруса круглого сечения $W_x \approx 0,1d^3$; для бруса прямоугольного сечения $W_x = (bh^2)/6$, где b — ширина бруса (размер вдоль оси, относительно которой происходит изгиб), h — высота бруса (размер в направлении действия силы).

Наибольший изгибающий момент для балок, установленных на двух опорах и нагруженных посередине сосредоточенной силой N (рис. 11.5, а) составляет $M_{x\max} = (Nl)/4$; для балок, один конец которых жестко закреплен, а на другой действует сосредоточенная сила N (рис. 11.5, б), составляет $M_{x\max} = Nl$. Условие прочности при изгибе имеет вид $\tau_{\max} = M_x/W_x \leq [\sigma_n]$, где $[\sigma_n]$ — допускаемое напряжение при изгибе.

При поперечном изгибе кроме нормальных сил возникают силы, действующие в плоскости сечения и вызывающие касательные напряжения, величина которых мала по сравнению с нормальными напряжениями. Касательные напряжения имеют наибольшее значение в точках, в которых нормальные напряжения равны нулю, и равны нулю в точках, в которых нормальные напряжения наибольшие. Поэтому в большинстве случаев расчет на прочность при поперечном изгибе ведут по нормальным напряжениям, т. е. так же, как при чистом изгибе.

При поперечном изгибе кроме нормальных сил возникают силы, действующие в плоскости сечения и вызывающие касательные напряжения, величина которых мала по сравнению с нормальными напряжениями. Касательные напряжения имеют наибольшее значение в точках, в которых нормальные напряжения равны нулю, и равны нулю в точках, в которых нормальные напряжения наибольшие. Поэтому в большинстве случаев расчет на прочность при поперечном изгибе ведут по нормальным напряжениям, т. е. так же, как при чистом изгибе.

Брус, работающий на изгиб, называют балкой. Ось такого бруса изгибается в процессе изгиба. Изогнутую ось бруса называют упругой линией. При изгибе оси поперечные сечения бруса совершают пространственные перемещения. Перемещение центра тяжести сечения по нормали к оси балки называют прогибом балки. При изгибе балки поперечное сечение поворачивается относительно своего первоначального положения на определенный угол, называемый углом поворота. Максимальный прогиб балки называют стрелой прогиба. Численные значения прогибов и углов поворота сечения балок для различных распространенных схем нагружения даны в справочниках.

В ряде случаев в целях гарантии нормальной работы конструкции накладывают ограничения на максимальную величину прогиба $y_{\max} \leq [y]$ и максимальную величину угла поворота $\theta_{\max} \leq [\theta]$, где $[y]$ и $[\theta]$ — допускаемые прогиб и угол поворота соответственно. В машиностроении принято $[y] = (1/1000 \div 1/300)l$, где l — расстояние между опорами балки.

Вид нагружения, при котором в поперечном сечении действует ряд силовых факторов, называют сложным сопротивлением. Такой вид нагружения характерен, например, при работе конических передач (когда совместно действуют растяжение, изгиб и

кручение) или при работе редукторов, коробок скоростей и коробок подач (валы которых подвергаются совместному действию изгиба и кручения).

11.5. ПРОЧНОСТЬ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

В процессе работы режущий инструмент подвергается различным видам нагружения, в результате чего возможно разрушение тела инструмента (резца, сверла, зенкера, развертки, метчика, фрезы и т. д.), корпуса сборного инструмента, элементов механического и немеханического (места пайки, сварки) крепления режущих пластин, оправок насадных инструментов (сверлильных головок, зенкеров, фрез), соединительных элементов составного инструмента, режущей части инструмента (зубьев или кромок цельного инструмента), режущих пластин из быстрорежущей стали, твердых сплавов, керамики, сверхтвердых материалов.

Прочностью режущего инструмента называется его способность не разрушаться при резании. Существуют достаточно точные методы расчета на прочность тела инструмента, а также отдельных крепежных элементов его конструкции. При выполнении расчетов силы, возникающие при контакте инструмента с обрабатываемой заготовкой, заменяют одной равнодействующей силой.

Режущая часть инструмента, как правило, имеет меньшую прочность, чем тело инструмента. Поэтому наиболее важно обеспечить прочность режущей части инструмента, под которой понимают способность режущей кромки сопротивляться выкрашиванию. Различают микровыкрашивание и крупное выкрашивание (вплоть до отламывания отдельных участков режущей кромки). Прочность режущей части определяют расчетом, испытаниями на прочность без резания (с моделированием нагружения), экспериментальной в процессе резания.

При расчетах определяют (для заданных условий обработки) напряженное состояние режущей части инструмента, а также нормальные и касательные напряжения (возникающие под действием силы резания) и сопоставляют их с допустимыми (для используемого инструментального материала) напряжениями. Расчет на прочность режущей части инструмента (который гораздо сложнее, чем аналогичный расчет тела инструмента или его отдельных конструктивных элементов) следует выполнять с помощью ЭВМ.

При испытаниях инструмента без резания показателем его прочности является разрушающая сила или комбинированное статическое нагружение (например, сочетание осевой силы и крутящего момента), а также число циклов нагружения заданной силой до разрушения.

При экспериментальном методе прочность режущей части инструмента оценивают в процессе резания с подачей, возрастающей до величины, при которой инструмент разрушается. Максимально допустимая подача не должна превышать подачи, при

которой инструмент разрушается. Выбираемый при этом коэффициент запаса должен обеспечить максимальную производительность резания при заданных условиях обработки. Этот метод оценки наиболее распространен.

11.6. ЖЕСТКОСТЬ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СТАНКА

Металлорежущий станок, приспособление, заготовка и инструмент представляют собой замкнутую упругую систему, называемую динамической системой станка. Жесткость j (в Н/мкм) этой системы (т. е. ее способность сопротивляться действию деформирующих сил) определяется из выражения $j = P_y/y$, где P_y — сила резания, направленная по нормали к обрабатываемой поверхности, Н; y — смещение режущей кромки инструмента относительно обрабатываемой поверхности заготовки в направлении действия силы P_y , мкм. Жесткость системы определяется жесткостью ее отдельных звеньев и рассчитывается по формуле

$1/j = \sum_{i=1}^n 1/j_i$, где j_i — жесткость i -го звена; $i = 1 \div n$; n — число звеньев системы. Для удобства расчетов вводят понятие податливости системы (т. е. способности системы упруго деформироваться под действием внешних сил) $\omega = 1/j = \sum_{i=1}^n \omega_i$, где ω_i — податливость i -го звена системы, мкм/Н.

Жесткость и податливость динамической системы оказывает влияние на точность размеров и формы обрабатываемых заготовок. Например, при настройке токарного станка резец 1 (рис. 11.6, а) устанавливают в положение, при котором должно осуществляться точение заготовки 2 на некоторый радиус r с глубиной резания t . Однако под действием сил и их моментов, возникающих при резании, происходят упругие отжатия y_c узлов станка, y_3 заготовки и y_n инструмента. В результате отжатий y_c и y_3 ось вращения заготовки смещается из первоначального положения O (через положение O_1), в положение O_2 , а из-за прогиба и отжатия резца расстояние между его вершиной и осью вращения заготовки возрастает на величину y_n (рис. 11.7, б). Вследст-

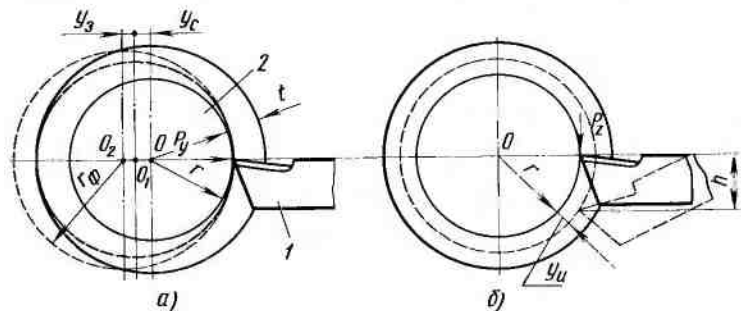


Рис. 11.6. Схема упругих перемещений при токарной обработке: а — смещение оси заготовки из-за отжатий станка и заготовки, б — смещение вершины резца от центра заготовки из-за его отжатия и прогиба

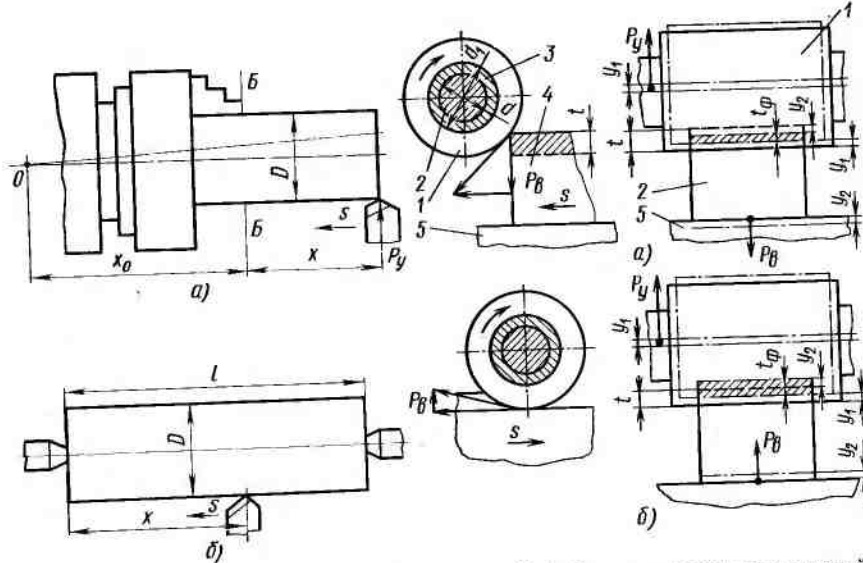


Рис. 11.7. Схема определения податливости динамической системы при закреплении заготовки в патроне (а) и в центрах (б) Рис. 11.8. Схема упругих перемещений при порубном (а) и встречном (б) фрезеровании цилиндрической фрезой

вие этого фактический радиус обтачивания $r_\phi = r + y_c + y_3 + y_n$, а фактическая глубина резания $t_\phi = t - (y_c + y_3 + y_n)$. В результате диаметр обработки по сравнению с его значением, установленным при настройке станка, возрастает на величину $\Delta D = 2(r_\phi - r) = 2(y_c + y_3 + y_n) = 2P_y \left(\frac{1}{j_c} + \frac{1}{j_3} + \frac{1}{j_n} \right) = 2P_y(\omega_c + \omega_3 + \omega_n)$.

При обработке заготовки в патроне (или цанге) (рис. 11.7, а) на токарных и токарно-револьверных станках податливость динамической системы в любом положении резца вдоль оси обрабатываемого изделия определяется по формуле $\omega = \omega_c + \omega_{н\phi}(x_0 + x)/x_0 + 1000x^3/3EI$, где ω_c — податливость суппорта; $\omega_{н\phi}$ — податливость передней бабки и патрона, замеренная около кулачков патрона (сечение Б—Б); x — расстояние от кулачков патрона до точки приложения силы P_y резания; x_0 — расстояние от кулачков патрона до центра поворота шпинделя и патрона, происходящего при приложении поперечной силы резания; E — модуль упругости материала заготовки; I — момент инерции сечения заготовки вала.

При обработке вала в центрах (рис. 11.7, б) $\omega = \omega_c + \omega_{н\phi} + [(l-x)/l]^2 + \omega_{3\phi}(x/l)^2 + 1000(l-x)^2x^2/3EI$, где $\omega_{н\phi}$ и $\omega_{3\phi}$ — соответственно податливость передней и задней бабки; l — длина заготовки; x — расстояние от конца заготовки (переднего центра) до точки приложения силы резания.

На рис. 11.8 представлена схема упругих перемещений эле-

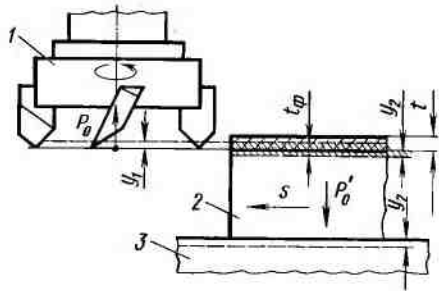


Рис. 11.9. Схема упругих перемещений при фрезеровании торцевой фрезой

кой под действием вертикальной силы P_y отжимается вниз на величину y_2 . Таким образом, фактическая глубина резания $t_\phi = t - (y_1 + y_2)$. При встречном фрезеровании (рис. 11.8, б) $t_\phi = t - y_1 + y_2$. Обозначив через ω_1 податливость фрезерной оправки с промежуточными кольцами, а через ω_2 податливость стола и консоли станка и, пренебрегая деформацией заготовки, имеем $y_1 \pm y_2 = \omega_1 P_y \pm \omega_2 P_y$.

На рис. 11.9 представлена схема упругих перемещений динамической системы вертикально-фрезерного станка при обработке торцевой фрезой 1 заготовки 2, установленной на столе 3. Заданную глубину t фрезерования устанавливают перед обработкой путем наладки станка. В процессе резания фреза (вместе со шпиндельным узлом) упруго отжимается вверх на величину y_1 под действием осевой составляющей P_o силы резания, действующей по нормали к обрабатываемой поверхности. Стол вместе с заготовкой упруго перемещается вниз на величину y_2 под действием силы P_o . Таким образом, фактическая глубина резания $t_\phi = t - y_1 + y_2$.

На рис. 11.10 показана упрощенная схема упругих перемещений технологической системы — горизонтально-расточного станка, при растачивании отверстия в заготовке 1 резцом, закрепленном в консольной оправке 2, установленной в шпинделе 3

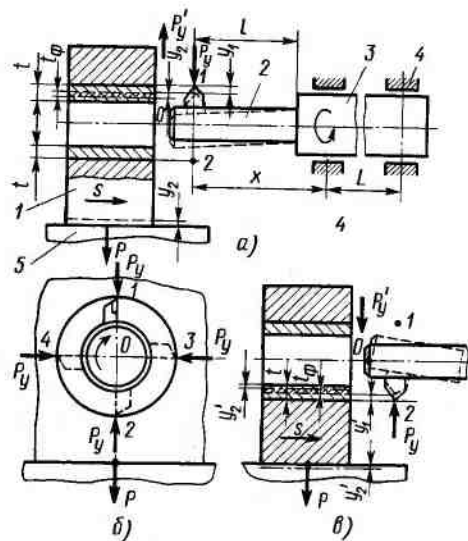


Рис. 11.10. Схема упругих перемещений при растачивании резцом, установленным на консольной оправке

станка. Шпиндель расположен в опорах 4. Заготовка установлена на столе 5, который совершает движение подачи. Путем наладки станка до начала обработки устанавливают заданную глубину растачивания. При растачивании, когда резец находится в радикальном направлении (0—1) под действием составляющей P_y (рис. 11.10, а), силы резания упруго деформируются: консольная оправка $y_{он}$; шпиндель $y_{ш}$; шпиндельная бабка $y_{шб}$; передняя стойка $y_{нс}$. В результате этих деформаций, приведенных к вершине резца, последний упруго отжимается на величину $y_1 = (y_{он} + y_{ш} + y_{шб} + y_{нс})$ вниз. Составляющая P'_y , действующая на заготовку, стремится приподнять узел стола вверх. Если P'_y будет больше силы веса P узла стола вместе с приспособлением и заготовкой, то последние упруго перемещаются вверх на величину y_2 , если меньше, то $y_2 = 0$. Фактическая глубина резания в радиальном направлении (0—1) равна: $t_\phi = t - (y_1 - y_2)$. При растачивании вектор силы резания изменяет направление действия за оборот инструмента. Поэтому изменяет направление действия составляющая P_y , когда резец находится в противоположном радиальном направлении (0—2) (рис. 11.10, б). Под действием этой силы оправка деформируется и вершина резца перемещается вверх на величину y'_1 (рис. 11.10, в). Направление действия составляющей P'_y , действующей на заготовку, совпадает с направлением силы веса P . Под действием этой силы стол упруго перемещается вниз на величину y'_2 . Фактическая глубина резания в (0—2) $t'_\phi = t - (y'_1 + y'_2)$. При этом $t'_\phi \neq t_\phi$. Податливость рассматриваемой технологической системы неодинакова в различных радиальных направлениях (0—1); (0—2); (0—i) и по длине растачивания. Податливость технологической системы при консольном растачивании может быть приближенно рассчитана:

$$\omega = \omega_{ш.он} \left(\frac{L+x}{L} \right)^2 + \frac{1000(L+x)}{3E I}$$

где $\omega_{ш.он}$ — податливость системы непосредственно у шпиндельной опоры 4 (рис. 11.10); L — расстояние между опорами шпинделя; x — вылет шпинделя.

Различают жесткость статическую j_c и динамическую j_d , т. е. жесткость технологической системы при установившемся режиме работы под нагрузкой. Они связаны коэффициентом динамичности k , т. е. $j_d = j_c/k$ (11.28). При черновой обработке $k = 1,2 - 1,5$, а при чистовой $k = 1,1 - 1,2$. При расчетах упругих перемещений y_i следует умножать величины статической податливости ω_{ci} на коэффициент k . Упругие деформации нежестких динамических систем вызывают погрешности обработки. При различных видах обработки величины податливости и силы резания непостоянны. Коэффициент k также является переменной величиной, зависящей от параметров режима резания, физико-механических свойств обрабатываемого материала и ряда других факторов. Колебание упругих деформаций (перемещений) определяется:

$\Delta y = y_{\max} - y_{\min} = \omega_{\max} P_{\max} - \omega_{\min} P_{\min}$, где ω_{\max} ; ω_{\min} — наибольшая и наименьшая податливости системы; P_{\max} ; P_{\min} — наибольшее и наименьшее значение расчетных составляющих силы резания. Зная составляющие силы резания и податливости элементов технологической системы, можно рассчитать величину погрешности, вызываемую упругими перемещениями. При обработке партии заготовок на станках, настроенных на размер, помимо перечисленных факторов на колебание упругих деформаций оказывают влияние: колебания припуска на обработку $\Delta z = z_{\max} - z_{\min}$; колебания твердости $\Delta HВ = HВ_{\max} - HВ_{\min}$ материала заготовки; прогрессирующее затупление режущего инструмента. Эти факторы вызывают в процессе обработки колебание силы резания и, следовательно, y_i .

Податливость элементов технологической системы определяют экспериментально и расчетным путем. Например, расчетным путем можно определить податливость заготовок простых форм, обрабатываемых на токарных станках, податливость расточных и фрезерных оправок, а также некоторых режущих инструментов. Так, податливость консольной расточной оправки можно рассчитать по формуле сопротивления материалов: $\omega_{\text{оп}} = l^3/3EI_x$, где l — длина оправки от места крепления в шпинделе станка до точки приложения силы резания (рис. 11.10); E — модуль упругости первого ряда ($E = 2 \cdot 10^6$ МПа); I_x — момент инерции оправки ($I_x = \pi d^4/64 \approx 0,05d^4$; d — диаметр оправки). Податливость фрезерной оправки (без промежуточных колец) при установке фрезы посередине оправки можно определить по формуле $\omega_{\text{оп}} = l^3/48EI_x = 0,417l^3/Ed^4$, где l — длина оправки между опорами; d — диаметр оправки. Податливость оправки $\omega'_{\text{оп}}$ с промежуточными кольцами можно определить по формуле $\omega'_{\text{оп}} = 0,417l^3/E d_1^4$, где d_1 — диаметр установочного кольца (см. рис. 11.8). Жесткость и податливость технологической системы взаимосвязаны с ее виброустойчивостью. Чем выше жесткость системы, тем, как правило, выше ее виброустойчивость. Погрешности обработки, вызываемые упругими деформациями технологической системы, значительно сокращаются при оснащении станков системами адаптивного управления (САУ) упругими перемещениями y_i . САУ измеряют упругие перемещения и их колебания и вносят соответствующие коррективы в ход обработки, стабилизируя силу резания.

11.7. ВНУТРЕННИЕ НАПРЯЖЕНИЯ

Напряжения в материале заготовки или готовой детали, существующие при отсутствии каких-либо внешних нагрузок, называются внутренними. Они взаимно уравновешиваются и внешне ничем не проявляются.

Значительное повышение напряжения в местах резкого изменения геометрической формы (т. е. перехода одного сечения заготовки в другое) называется концентрацией напряжения. Внут-

ренние напряжения возникают при горячей обработке металлов (отливке, ковке, прокате, закалке), при сварке (из-за неравномерного охлаждения заготовок), а также в результате структурных превращений в металле. Внутренние (остаточные) напряжения возникают также и при обработке металлов резанием. Внутренние напряжения значительно влияют на точность при обработке нежестких, тонкостенных заготовок. Снять или уменьшить внутренние напряжения можно путем естественного и искусственного старения заготовок, их термической обработки и др.

Контрольные вопросы

1. Что такое прочность, жесткость, устойчивость?
2. Что такое внешние и внутренние силы?
3. Какие бывают виды нагрузений?
4. Что называется растяжением, сжатием?
5. В чем состоит сущность закона Гука?
6. Что такое прочность режущего инструмента?
7. Что понимают под жесткостью и податливостью динамической системы станка?
8. Что такое внутренние напряжения?

ГЛАВА 12

ОСНОВЫ РЕЗАНИЯ МАТЕРИАЛОВ

12.1. ПРОЦЕСС РЕЗАНИЯ И СОПРОВОЖДАЮЩИЕ ЕГО ЯВЛЕНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ И ФРЕЗЕРОВАНИИ

Металл, срезанный с заготовки режущим инструментом, называется стружкой. Процесс резания (стружкообразования) является одним из сложных физических процессов, при котором возникают упругие и пластические деформации. Этот процесс сопровождается трением, тепловыделением, наростообразованием, завиванием и усадкой стружки, повышением твердости деформируемых слоев металла и износом режущего инструмента.

Под действием режущего инструмента срезаемый слой металла подвергается сжатию. Процессы сжатия и растяжения сопровождаются упругими и пластическими деформациями.

Пластическое деформирование заключается в сдвиге одних слоев относительно других по плоскостям скольжения, которые совпадают в основном с направлением наибольших сдвигающих напряжений. Процесс пластического деформирования сопровождается большим тепловыделением и изменением свойств металла. Одним из таких изменений является повышение твердости.

Стружкообразование также представляет собой процесс упругого и пластического деформирования срезаемого слоя. В зависимости от условий обработки стружка может быть различных видов. При обработке пластичных материалов (сталей) образуется стружка элементная (рис. 12.1, а), ступенчатая (рис. 12.1, б)

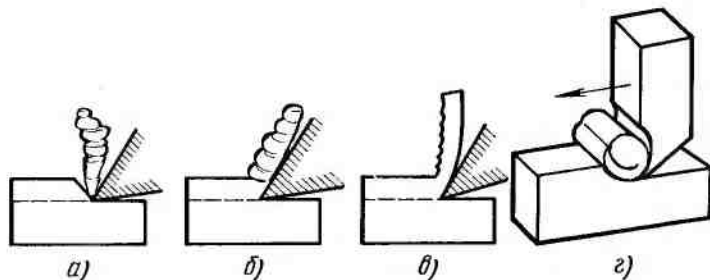


Рис. 12.1. Типы стружек:
 а — элементарная, б — ступенчатая, в — сливная, г — надлома

и сливная (рис. 12.1, в), а при обработке малопластичных материалов (твердых чугунов, бронзы) — стружка надлома (рис. 12.1, г).

Элементарная стружка образуется при обработке с малой скоростью резания, ступенчатая — при обработке со средней скоростью резания, сливная — при обработке с высокой скоростью резания.

Чем больше скорость резания и вязкость обрабатываемого металла, меньше угол резания и толщина среза и выше качество СОЖ, тем стружка ближе к сливной.

В процессе снятия стружки наблюдается тепловыделение в зоне резания. Источник теплоты — работа, затрачиваемая на пластические и упругие деформации в срезаемом слое и в прилегающих слоях, а также работа по преодолению трения по передней и задней поверхностям резца.

Теплота, выделяющаяся в процессе резания, распространяется от участка с высшей температурой к участкам с низшей температурой. Тепловой баланс при резании может быть выражен следующим уравнением: $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$, где Q_1 — количество теплоты, уносимой со стружкой; Q_2 — количество теплоты, остающейся в резце; Q_3 — количество теплоты, остающейся в заготовке; Q_4 — количество теплоты, уходящей в окружающую среду при излучении.

При токарной обработке в стружку уходит 50—86 % общего количества теплоты, в резец — 40—10, в заготовку — 9—3 и в окружающую среду — около 1 %. На распределение теплоты между объектами влияет ряд факторов, наиболее важными из которых являются скорость резания и толщина среза; при чистой обработке в заготовку уходит теплоты больше, чем при черновой обработке.

Выделяясь в зоне стружкообразования и в местах контакта стружки с инструментом и инструмента с заготовкой, теплота влияет на состояние трущихся поверхностей, на точность обработки, на весь процесс резания и связанные с ним явления (деформации, наростообразование, упрочнение, износ инструмента).

При некоторых условиях резания на передней поверхности режущей кромки резца образуется нарост (рис. 12.2). Он имеет клиновидную форму и представляет собой часть обрабатываемого металла, сильно деформированного, заторможенного и прилипшего (приваренного) к резцу. Твердость нароста может быть в 2—3 раза больше твердости обрабатываемого металла; поэтому нарост может сам резать заготовку. Являясь как бы продолжением резца, нарост изменяет его геометрические параметры (угол δ_1 резания при наросте меньше угла δ резания, полученного при затачивании), а потому, перемещаясь вместе с резцом, нарост влияет на деформацию срезаемого слоя, износ резца, силы, действующие на резец, и качество обработанной поверхности.

Размеры нароста не являются стабильными и одинаковыми вдоль всей режущей кромки резца даже при условиях, особенно благоприятных для его образования. Вследствие сильного трения между стружкой и наростом и трения в месте контакта нароста с обработанной поверхностью и поверхностью резания частицы нароста уносятся стружкой.

Нарост, разрушаясь частично или полностью, периодически восстанавливается за счет новых частиц металла из основной его массы.

При черновой обработке нарост не особенно вреден, так как он, уменьшая угол резания, улучшает процесс стружкообразования, защищает режущую кромку от износа и теплоты, возникающей при резании, что увеличивает стойкость инструмента.

При чистой обработке, когда необходимо получить высокое качество обработанной поверхности, нарост нежелателен. Так как нарост все время разрушается и появляется вновь, изменяются условия резания и шероховатость обрабатываемой поверхности.

Снижают наростообразование применением СОЖ и уменьшением угла резания (при $\delta = 45^\circ$ нарост отсутствует). Меньшую склонность к наростообразованию имеет инструмент, оснащенный твердосплавными пластинами.

В процессе резания пластической деформации подвергаются срезаемый слой и слои основной массы металла. Глубина распространения пластической деформации от поверхности резания и обработанной поверхности зависит от ряда факторов и может достигать сотных долей миллиметра и даже нескольких миллиметров.

Величина упрочнения стружки наряду с усадкой стружки

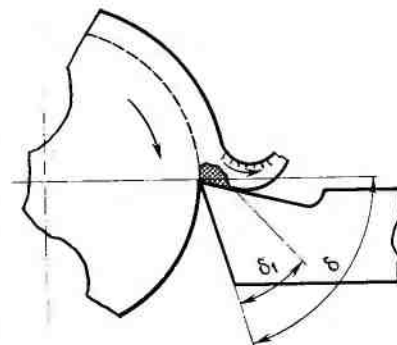


Рис. 12.2. Схема нароста на резце

является характеристикой степени пластической деформации металла при резании.

Упрочненный слой, имея повышенные твердость, предел текучести и предел прочности, более износостоек, но вместе с тем он и более хрупок, а потому обладает меньшим сопротивлением ударным нагрузкам. Таким образом, упрочнение, которое получают поверхности детали в результате обработки, может влиять на ее работоспособность, а упрочнение, полученное заготовкой на данной операции, может повлиять на процесс резания при последующих операциях.

Величина и глубина упрочнения обработанной поверхности зависят от ряда факторов, главнейшими из которых являются физико-механические свойства материала заготовки, угол резания резца, радиус режущей кромки при вершине резца, толщина среза, износ инструмента, скорость резания и использование СОЖ.

12.2. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТОКАРНОГО РЕЗЦА

Как уже упоминалось выше, токарный резец имеет главные углы, которые измеряются в главной секущей плоскости, т. е. в плоскости, проходящей через главную режущую кромку и перпендикулярную к ней (см. рис. 1.6). К главным углам резца относятся задний угол α , угол заострения β , передний угол γ и угол δ резания.

Главным задним углом α (см. рис. 1.6) называется угол между касательной к главной задней поверхности резца в рассматриваемой точке главной режущей кромки и проекцией плоскости резания. Задний угол уменьшает трение задней поверхности инструмента о поверхность резания и обработанную поверхность.

Величина α влияет на стойкость резца: чем больше α , тем больше стойкость. Для токарных резцов $\alpha = 6 \div 12^\circ$ (меньшие значения соответствуют большей подаче).

Передним углом γ называется угол между касательной к передней поверхности резца в рассматриваемой точке главной режущей кромки и перпендикуляром к плоскости резания, проходящим через ту же точку. Он может быть положительным (рис. 12.3, а) и отрицательным (рис. 12.3, б). Положительный передний угол облегчает процесс стружкообразования, обеспечивая свободный сход стружки по передней поверхности резца.

При обработке закаленных сталей (HRC 35–65) для резцов, оснащенных твердым сплавом, $\gamma = -(10 \div 20)^\circ$. Для минералокерамических резцов $\gamma = 10 \div 15^\circ$ (при обработке стали с $\sigma_B \leq 700$ МПа); $\gamma = 10^\circ$ (при обработке стали с $\sigma_B \geq 700$ МПа и чугуна с HB < 220); $\gamma = 0 \div 5^\circ$ (при обработке чугуна с HB ≥ 200).

При резании сталей на высоких скоростях большое значение приобретает стружколомание (стружкозавивание). Стружколомание обеспечивают с помощью лунок, образуемых на передней

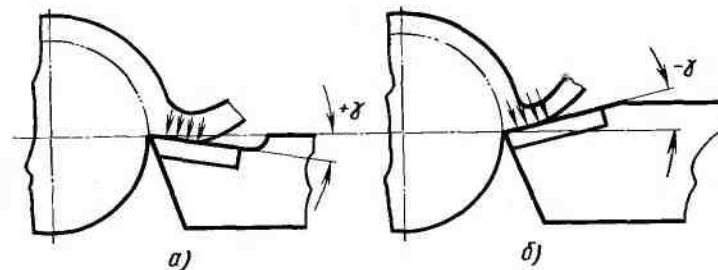


Рис. 12.3. Схема действия сил на режущую часть резца при положительном (а) и отрицательном (б) значении γ

поверхности резца; уступов, затачиваемых на передней поверхности резца; накладных стружколомателей, а также кинематическими методами.

Кинематический способ стружколомания, обеспечивающий гарантированное дробление стружки независимо от обрабатываемого материала, геометрии инструмента, его износа и изменения условий резания, осуществляется: при прерывистом резании с периодическим выключением подачи при непрерывном вращении детали; при осциллирующем точении, когда инструменту с непрерывным движением подачи сообщается дополнительное возвратно-поступательное движение в направлении подачи.

Значения углов α и γ изменяются, если режущую кромку резца сместить относительно оси заготовки в вертикальном направлении. При установке вершины резца выше оси заготовки угол α уменьшается, а γ — увеличивается по сравнению с полученными при затачивании, а при установке вершины резца ниже оси заготовки α увеличивается, а γ уменьшается по сравнению с полученными при затачивании.

Главным углом φ в плане называется угол, образованный направлением продольной подачи и главной режущей кромкой; вспомогательным углом φ' в плане — угол, образованный вспомогательной режущей кромкой и направлением продольной подачи (см. рис. 1.6).

Чем меньше угол φ , тем выше стойкость резца и допускаемая скорость резания и тем меньше шероховатой обработанной поверхности. В то же время с уменьшением φ увеличивается сила сопротивления резанию и отжим резца от заготовки, что при недостаточной жесткости динамической системы станка приводит к снижению точности обработки и возникновению вибрации.

У проходных резцов угол $\varphi = 10 \div 30^\circ$ (при достаточной жесткости динамической системы станка; отношении $L/D < 6$, где L и D — соответственно длина и диаметр обрабатываемой поверхности; малой глубине резания); $\varphi = 45^\circ$ (при средней жесткости динамической системы и при $L/D = 6 \div 12$); $\varphi = 60 \div 70^\circ$ (при недостаточной жесткости динамической системы, при $L/D =$

$= 12 \div 15$ и при многорезцовом точении); $\varphi = 80 \div 90^\circ$ (при $L/D > 15$, при многорезцовом точении и при растачивании).

У подрезных резцов с твердосплавными пластинами, работающих на проход от периферии к центру, угол $\varphi = 30 \div 70^\circ$.

Угол φ' влияет на скорость резания и шероховатость обработанной поверхности. У проходных резцов при чистовой обработке $\varphi' = 5 \div 10^\circ$, а при черновой обработке $\varphi' = 10 \div 15^\circ$. У подрезных отогнутых резцов $= 20 \div 45$. Для подрезных и отрезных резцов $\varphi' = 1 \div 2^\circ$ (в связи с малым сечением головки резца).

Углом λ наклона главной режущей кромки называется угол, заключенный между режущей кромкой и линией, проведенной через вершину резца параллельно основной плоскости (см. рис. 1.6). Угол λ изменяет направление стружки и влияет на прочность головки резца и режущей кромки.

У резцов для чистовой обработки угол λ выполняют отрицательным (до -4°), а у резцов для черновой обработки — положительным (до $+5^\circ$). При высокой жесткости динамической системы и при прерывистом, ударном резании принимают $\lambda = 12 \div 15^\circ$, а при обработке закаленных сталей λ увеличивают до 45° . При малой жесткости динамической системы принимают отрицательное значение λ (до -15°) в целях исключения вибраций.

При $\delta = -(5 \div 10)^\circ$ и $\varphi = 60 \div 70^\circ$ угол $\lambda = 10 \div 15^\circ$ в целях дробления стружки на мелкие отрезки. Угол λ влияет также на ширину среза: при $\lambda \neq 0$ ширина среза больше, чем при $\lambda = 0$. Для отрезных и прорезных резцов угол $\lambda = 0$.

Для осуществления процесса резания необходимо режущий инструмент внедрить в металл, что можно осуществить приложением соответствующей силы, при условии, что твердость режущего инструмента (при достаточной прочности) будет выше твердости обрабатываемого материала. В процессе обработки заготовки режущая часть инструмента подвергается большим давлениям, трению и нагреву, что приводит к износу режущего инструмента, а иногда и к полному его разрушению. Поэтому основные требованиями, предъявляемыми к инструментальным материалам, являются: высокие твердость и прочность, а также износостойкость при высокой температуре в течение продолжительного времени.

Для изготовления режущего инструмента применяют инструментальные углеродистые стали, легированные стали, быстрорежущие стали, конструкционные стали, твердые сплавы, алмазы, эльбор, абразивные материалы.

12.3. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ ФРЕЗЫ

Фрезерование является одним из высокопроизводительных и распространенных методов обработки металлов резанием. Оно осуществляется с помощью фрезы — многозубого режущего инструмента, представляющего собой тело вращения, на образу-

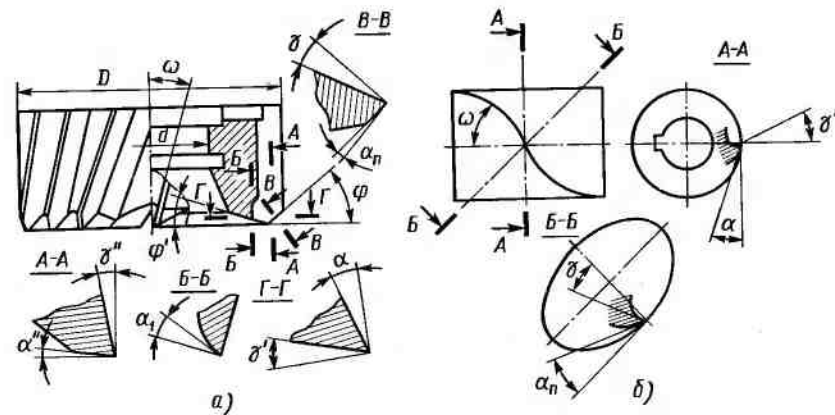


Рис. 12.4. Геометрические элементы торцовой (а) и цилиндрической (б) фрезы

ющей поверхности которого, а иногда и на торце имеются режущие зубья.

Движение резания при фрезеровании — вращение шпинделя станка с закрепленной на нем фрезой; движение подачи — прямолинейное движение заготовки или фрезы.

Главный передний угол γ (рис. 12.4) задается в плоскости, нормальной к главной режущей кромке.

У торцовой фрезы (рис. 12.4, а) главная режущая кромка направлена под углом φ к образующей цилиндра; у цилиндрической фрезы с прямым зубом (рис. 12.4, б) направление главной режущей кромки совпадает с образующей цилиндра.

Для фрез из быстрорежущих сталей $\gamma = 10 \div 20^\circ$ для торцовых и дисковых фрез, оснащенных пластинами из твердого сплава, γ выбирают от $+5$ до -10° . Отрицательный угол γ выполняют на фаске шириной 1—1,5 мм при фрезеровании заготовок из конструкционных и легированных сталей. Иногда задают передний угол γ' в плоскости, нормальной к оси фрезы. Углы γ и γ' связаны следующей зависимостью: $\text{tg } \gamma = \text{tg } \gamma' \sin \varphi + \text{tg } \omega \cos \varphi$ (для торцовой фрезы) и $\text{tg } \gamma = \text{tg } \gamma' \cos \omega$ (для цилиндрической фрезы), где ω — угол наклона зубьев фрезы к ее оси.

Главный задний угол α задается в плоскости, нормальной к оси фрезы.

Иногда задают задний угол α_n в нормальном сечении к главной режущей кромке. Углы α и α_n связаны зависимостью $\text{tg } \alpha = \text{tg } \alpha_n \cos \omega$ (для цилиндрической фрезы) и $\text{tg } \alpha = \text{tg } \alpha_n / \sin \varphi$ (для торцовой фрезы).

Задний угол α_n на вспомогательной (торцовой) режущей кромке задается в сечении, перпендикулярном к вспомогательной режущей кромке.

Для фрез из быстрорежущей стали $\alpha = 12 \div 30^\circ$; для торцовых фрез с твердосплавными пластинами $\alpha_n = 6 \div 15^\circ$; для диско-

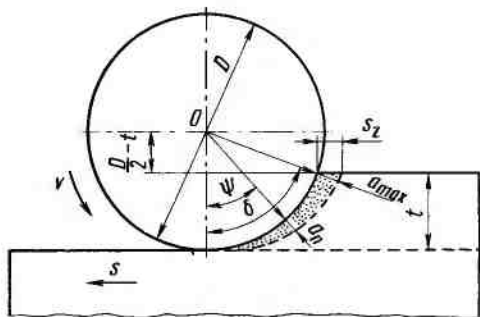


Рис. 12.5. Элементы резания при работе цилиндрической фрезой

вых фрез $\alpha_n = 20 \div 25^\circ$ (при обработке сталей) и $\alpha_n = 10 \div 15^\circ$ (при обработке чугунов).

Для торцовых фрез главный угол в плане $\varphi = 10 \div 30^\circ$ (меньшие значения φ соответствуют большей жесткости динамической системы станка). Кроме того, для торцовых фрез характерны вспомогательный угол φ' в плане и угол λ наклона главной режущей кромки.

Угол λ , влияющий на прочность и стойкость зуба, выбирают в пределах от 0 до $+15^\circ$.

Большое значение на процесс резания при фрезеровании имеет угол δ контакта фрезы с заготовкой (рис. 12.5): $\cos \delta = 1 - 2t/D$, где D — диаметр фрезы; t — глубина резания.

При фрезеровании различают также мгновенный угол ψ контакта, соответствующий данному положению зуба фрезы.

12.4. РАВНОМЕРНОСТЬ ФРЕЗЕРОВАНИЯ

Прямой зуб фрезы входит в заготовку и выходит из нее сразу по всей ширине, что приводит к резкому изменению площади поперечного сечения среза, а следовательно, и сил, действующих в процессе резания, что приводит к вибрациям динамической системы станка.

Если в работе одновременно находятся два или три зуба, то процесс резания протекает более спокойно. Однако при увеличении числа одновременно работающих зубьев прямозубая фреза не обеспечивает равномерного фрезерования, т. е. фрезерования с постоянной площадью поперечного сечения среза в течение всего времени обработки.

Равномерное фрезерование при определенных условиях можно получить лишь при работе фрезой с винтовым зубом, у которой режущая кромка каждого зуба постепенно входит в заготовку, а затем постепенно выходит из нее.

Площадь поперечного сечения среза является постоянной, если соблю-

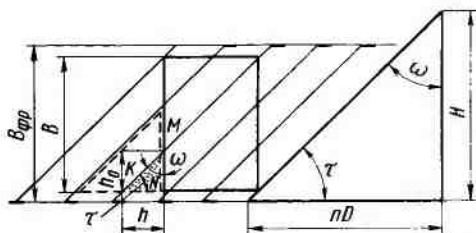


Рис. 12.6. Развертка поверхности резания при работе цилиндрической фрезой с винтовым зубом

дается равенство $B = kh_0$, где B — ширина фрезеруемой поверхности, k — целое число; h_0 — осевой шаг фрезы (расстояние между двумя соседними зубьями фрезы, измеренное вдоль ее оси (рис. 12.6)).

Из треугольника MNK (рис. 12.6) получаем $h_0 = h \operatorname{ctg} \omega$, где h — торцовый шаг фрезы. Поскольку $h = \pi D/z$, то $h_0 = (\pi D/z) \operatorname{ctg} \omega$, где D — диаметр фрезы, z — число ее зубьев. Из рис. 12.6 видно, что шаг винтовой канавки фрезы $H = \pi D \operatorname{ctg} \omega$. Следовательно, $h_0 = H/z$, а $B = kh_0 = kH/z$.

Таким образом, условием равномерного фрезерования является следующее: $Bz/H = k$.

12.5. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ СВЕРЛ, ЗЕНКЕРОВ, РАЗВЕРТОК

Передний угол γ сверла рассматривается в плоскости, перпендикулярной к режущей кромке (рис. 12.7). Передний угол является величиной переменной и определяется по формуле $\operatorname{tg} \gamma_x = (r_x/R) (\operatorname{tg} \omega / \sin \varphi)$, где r_x — радиус окружности, на которой расположена рассматриваемая точка режущей кромки сверла; R — радиус сверла; ω — угол наклона винтовой канавки; φ — половина угла при вершине сверла.

Наибольшее значение угол γ имеет на периферии сверла, наименьшее — у вершины сверла. На поперечной кромке сверла угол γ имеет отрицательное значение, что создает тяжелые условия работы, особенно для сверл диаметром более 10 мм.

Задний угол α сверла рассматривается в плоскости, касательной к цилиндрической поверхности, на которой лежит рассматриваемая точка режущей кромки (рис. 12.7). Для точки, находящейся на периферии сверла, задают задний угол α и в нормальной плоскости, определяемый по формуле $\operatorname{tg} \alpha_n = \operatorname{tg} \alpha \sin \varphi$.

Угол α является переменным и имеет максимальное значение у вершины сверла, а минимальное — на периферии сверла.

Кроме переднего и заднего углов сверло характеризуется углом ω наклона винтовой канавки, углом φ наклона поперечной кромки, углом 2φ при вершине и углом φ° обратной конусности (рис. 12.7): $\omega = 18 \div 30^\circ$; $\varphi = 55^\circ$; $\varphi' = 2 \div 3^\circ$; $2\varphi = 60 \div 140^\circ$ для сверл из инструментальных сталей (чем меньше твердость материала заготовки, тем меньше φ).

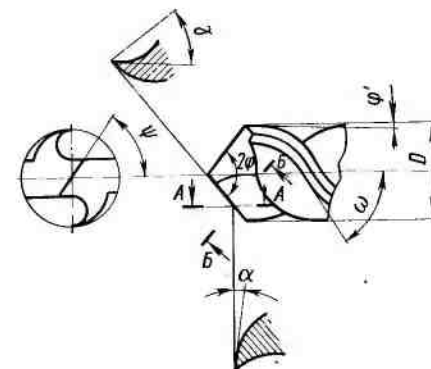
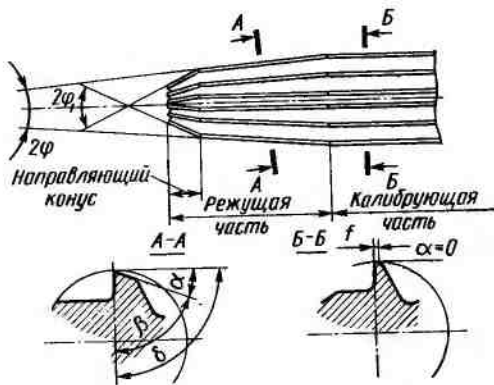


Рис. 12.7. Геометрия сверла



Рабочая часть зенкера и развертки (рис. 12.8) состоит из режущей (заборной) и калибрующей частей. Режущая часть наклонена к оси инструмента под углом φ (его называют главным углом в плане) и выполняет основную работу резания. Калибрующая часть служит для направления инструмента при работе, калибрования обработанных отверстий и сохранения размера инструмента после его переточки.

Рис. 12.8. Основные части развертки и зенкера

У развертки в отличие от зенкера калибрующая часть состоит из цилиндрического и конического участков.

Последний, называемый обратным конусом, предназначен для уменьшения трения инструмента об обработанную поверхность детали.

Для зенкеров из инструментальной стали $\gamma = 10 \div 20^\circ$; для разверток из инструментальной стали $\alpha = 0 \div 10^\circ$ ($\alpha = 0$ для чистовых разверток и при обработке хрупких материалов); для твердосплавных зенкеров γ выбирают в пределах от $+5$ до -5° , для твердосплавных разверток — в пределах от 0 до -5° .

На режущей части зенкеров и разверток $\alpha = 6 \div 15^\circ$ (чем меньше диаметр инструмента, тем больше α); на калибрующей части $\alpha = 0$.

Для зенкеров $\varphi = 30 \div 60^\circ$. Для разверток из инструментальных сталей: $\varphi = 0,5 \div 1,5^\circ$ (ручные развертки); $\varphi = 15^\circ$ (машинные развертки при обработке сквозных отверстий в вязких металлах); $\varphi = 5^\circ$ (машинные развертки при обработке сквозных отверстий в чугунах); $\varphi = 45 \div 60^\circ$ (машинные развертки при обработке глухих и сквозных отверстий 7-го качества точности и грубее). Для твердосплавных разверток $\varphi = 30 \div 40^\circ$.

12.6. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РЕЗЬБОНАРЕЗНОГО ИНСТРУМЕНТА

Как было сказано выше, резьбу можно получить резьбовыми резцами и гребенками, метчиками, резьбонарезными плашками, головками, резьбовыми фрезами, а также резьбошлифовальными кругами и накатными роликами.

Геометрические параметры резьбонарезного инструмента при обработке различных металлов приведены в гл. 2 данного пособия.

12.7. ЭЛЕМЕНТЫ СРЕЗАЕМОГО СЛОЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ОБРАБОТКИ

При обработке заготовок путем снятия стружки на токарных, сверлильных, фрезерных и других станках различают ширину, толщину и площадь поперечного сечения среза.

При токарной обработке шириной b среза называется длина контакта режущей кромки с поверхностью резания (рис. 12.9), толщиной a среза — расстояние между двумя последовательными положениями поверхности резания, измеренное в направлении, перпендикулярном к режущей кромке в плоскости передней поверхности резца.

При $\gamma = 0$ из прямоугольного треугольника KNL получаем $a = s \sin \varphi$, а из прямоугольного треугольника KOM имеем $b = t / \sin \varphi$, где S — продольная подача, t — глубина резания.

При постоянных t и S с увеличением φ толщина среза увеличивается, а ширина — уменьшается. При $\varphi = 90^\circ$ имеем $a = S$ и $b = t$.

Площадь, мм^2 , поперечного сечения среза (т. е. прямоугольника $PLKM$) составляет $f = ab = tS$.

Объем стружки, снятой за одну минуту (в $\text{см}^3/\text{мин}$), $Q = vtS$, где v — скорость резания, $\text{м}/\text{мин}$.

При сверлении (рис. 12.10) толщина среза, измеряемая в направлении, перпендикулярном к режущей кромке, $a = S_z \sin \varphi = (S/2) \sin \varphi$; ширина среза, измеряемая вдоль режущей кромки, $b = D / (2 \sin \varphi)$; площадь поперечного сечения среза, приходящаяся на одну режущую кромку, $f_z = ab = DS/4$; площадь поперечного сечения среза, приходящаяся на обе режущие кромки, $f = 2f_z = DS/2$, где D — диаметр сверла, мм ; S — оборотная подача, $\text{мм}/\text{об}$.

При фрезеровании цилиндрической фрезой (рис. 12.11) толщина среза (переменное расстояние между двумя последовательными поверхностями резания, измеренное в радиальном направ-

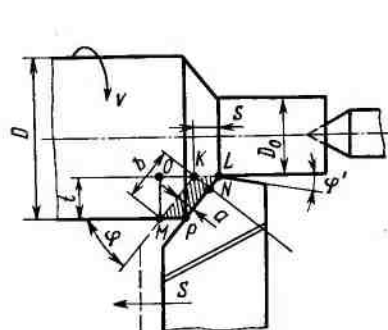


Рис. 12.9. Сечение среза при токарной обработке

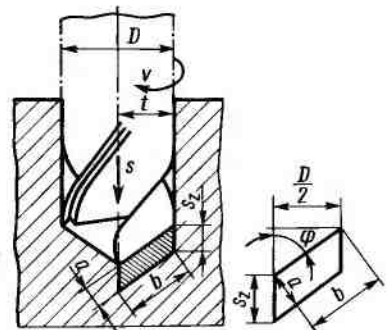


Рис. 12.10. Сечение среза при сверлении

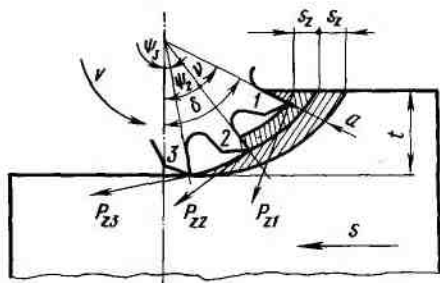


Рис. 12.11. Суммарная площадь поперечного сечения среза при фрезеровании цилиндрической фрезой

лени) $a = S_z \sin \psi$, где S_z — подача на один зуб (1, 2, 3) фрезы, мм/зуб; ψ — мгновенный угол контакта (т. е. угол, соответствующий данному положению зуба фрезы). Максимальная толщина среза $a_{\max} = S_z \sin \delta$, где δ — угол контакта.

Ширина среза, измеряемая вдоль режущей кромки и представляющая собой длину контакта зуба фрезы с заготовкой, для прямозубой фрезы составляет $b = B$, где B — ширина фрезерования. Для фрезы с винтовым зубом величина b для каждого зуба, находящегося в работе, является переменной.

Площадь поперечного сечения среза, снимаемая одним зубом прямозубой фрезы, $f = ab = bS_z \sin \psi = BS_z \sin \psi$.

Для определения суммарной площади поперечного сечения среза необходимо знать число зубьев, одновременно находящихся в работе, и мгновенный угол контакта для каждого зуба. Для прямозубой фрезы число зубьев, одновременно участвующих в резании, $m = \delta/v = \delta z/360$, где δ — полный угол контакта; v — угол между двумя соседними зубьями, z — число зубьев фрезы.

12.8. СОСТАВЛЯЮЩИЕ СИЛЫ РЕЗАНИЯ. МОЩНОСТЬ СТАНКА И МОЩНОСТЬ РЕЗАНИЯ

Сумму всех сил, действующих на резец со стороны обрабатываемого металла, называют равнодействующей силой или силой сопротивления резанию. Составляющие этой равнодействующей совпадают с направлением главного движения и движением подачи (продольной и поперечной).

При токарной обработке (рис. 12.12) равнодействующая сила $R = \sqrt{P_z^2 + P_y^2 + P_x^2}$, P_z — сила резания, или тангенциальная си-

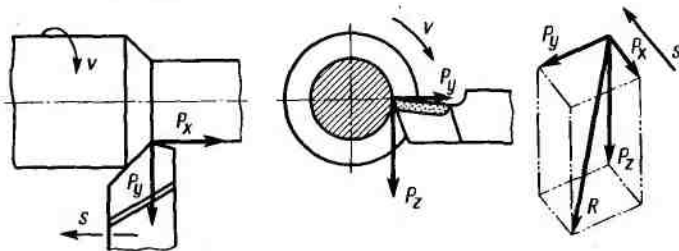


Рис. 12.12. Силы сопротивления резанию при токарной обработке

ла, касательная к поверхности резания и совпадающая с направлением главного движения; P_x — осевая сила, или сила подачи, действующая параллельно оси заготовки в направлении, противоположном движению продольной подачи; P_y — радиальная сила, направленная перпендикулярно оси обрабатываемой заготовки.

На соотношение между силами P_z , P_y и P_x влияют параметры режима резания, геометрия режущей части резца, материал обрабатываемой заготовки, износ резца и др.

Мощность, кВт, затрачиваемая на резание, $N_{\text{рез}} = N_{P_x} + N_{P_y} + N_{P_z} = \frac{P_x v}{60 \cdot 102} + \frac{P_y S_{\text{мин}}}{60 \cdot 102} + \frac{P_z S_0 \eta}{60 \cdot 102 \cdot 1000}$.

При продольном точении перемещения в направлении действия силы P_y отсутствуют, поэтому второе слагаемое формулы равно нулю; третье слагаемое формулы мало и им можно пренебречь. Следовательно, при продольном точении $N_{\text{рез}} = \frac{P_z v}{60 \cdot 102}$, а мощность электродвигателя $N_m = N_{\text{рез}}/\eta$, где η — КПД привода главного движения и привода подачи станка.

Для обработки на конкретном станке необходимо, чтобы $N_{\text{ст}} \geq N_m$, где $N_{\text{ст}}$ — паспортная мощность электродвигателя станка.

При фрезеровании прямозубой цилиндрической фрезой равнодействующую силу R (рис. 12.13) можно разложить на следующие силы: касательную P_z и радиальную P_y или горизонтальную P_u и вертикальную P_v .

Касательная сила P_z изгибает оправку и создает момент сопротивления резанию $M = P_z D/2$, где D — диаметр фрезы.

По силе P_z рассчитывают механизм главного движения станка и мощность электродвигателя, необходимую для фрезерования.

Радиальная сила P_y оказывает давление на подшипники шпинделя станка и изгибает оправку.

По горизонтальной силе P_u (сила подачи) рассчитывают механизм подачи станка, а также силы закрепления заготовки и приспособления на столе станка.

Сила P_v прижимает фрезу к заготовке при встречном фрезеровании и отжимает при попутном фрезеровании.

При фрезеровании фрезой с винтовым зубом, кроме сил P_z , P_y , P_u и P_v , будет действовать осевая сила P_o , направление которой зависит от направления винтовой канавки фрезы: $P_o = P_z \tan \omega$, где ω — угол наклона винтовой канавки.

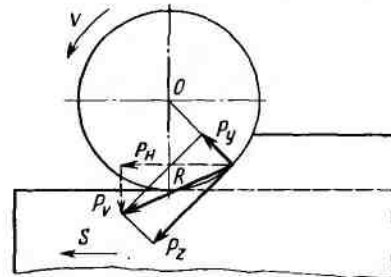


Рис. 12.13. Силы сопротивления резанию при цилиндрическом фрезеровании

Для цилиндрической фрезы из быстрорежущей стали P18 при обработке стали с $\sigma_B = 750$ МПа мощность (в кВт), затрачиваемая на резание, определяется по формуле

$$N_{рез} = 3,5 \cdot 10^{-5} D^{0,14} t^{0,86} s_z^{0,72} B n.$$

Мощность, затрачиваемая на движение подачи, не превышает 15 % мощности, затрачиваемой на резание. С учетом этого полная мощность электродвигателя фрезерного станка определяется по формуле $N_{\text{м}} = 1,15 N_{рез} / \eta$.

При торцовом фрезеровании действуют те же силы, что и при цилиндрическом фрезеровании.

Мощность, кВт, при торцовом фрезеровании углеродистой стали с $\sigma_B = 750$ МПа фрезами с твердосплавными пластинами при $\gamma = -10^\circ$ и $\varphi = 60^\circ$ определяется по формуле

$$N_{рез} = 42,4 \cdot 10^{-5} t s^{0,75} B^{1,1} n^{0,8} (z/D)^{0,3}.$$

12.9. МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Углеродистые инструментальные стали применяются для изготовления режущего инструмента, работающего при низких скоростях резания. Содержание углерода в сталях 0,6—1,4 %. После соответствующей термической обработки эти стали имеют твердость HRC 58—64, красностойкость сталей составляет 200—250°. Наибольшее применение для изготовления режущих инструментов находят инструментальные углеродистые стали марок У10А и У12А.

Инструментальные легированные стали получают путем введения в инструментальную углеродистую сталь легирующих элементов — хрома, вольфрама, молибдена, ванадия и др. После соответствующей термической обработки эти стали выдерживают в процессе резания, нагрев до температуры 250—300 °С, что позволяет инструменту, изготовленному из этих сталей, работать со скоростью резания, примерно в 1,2—1,4 раза большей по сравнению со скоростью резания инструментов из инструментальной углеродистой стали. Для изготовления режущего инструмента наибольшее применение находят стали 9ХС (хромокремнистая), ХВ5 (хромовольфрамовая) и ХВГ (хромовольфрамомарганцовистая).

Инструментальные быстрорежущие стали содержат 6—19 % вольфрама и 3—4,6 % хрома. Инструмент, изготовленный из такой стали, выдерживает нагрев до температуры 600 °С, не теряя своих режущих свойств. После термической обработки инструмент из быстрорежущих сталей имеет твердость HRC 62—63 и может работать при скоростях резания, в 2—3 раза превышающих скорости резания инструментов из инструментальных углеродистых сталей. Наиболее распростра-

ненными марками быстрорежущих сталей являются Р9 (8,5—10 % вольфрама), Р12 (12—13 % вольфрама) и Р18 (17—18,5 % вольфрама).

Кроме вольфрама быстрорежущие стали легируют молибденом, ванадием и кобальтом. Введение молибдена позволяет уменьшить содержание в стали дефицитного вольфрама. Наиболее распространенные марки вольфрамомолибденовых сталей Р6М3 и Р6М5 (5,5—6,5 % вольфрама и 5,0—5,5 % молибдена).

Присутствие в быстрорежущей стали кобальта повышает ее износостойкость и теплопроводность и уменьшает стоимость. К таким сталям, в частности, относятся Р6К5 и Р9К10 (9,0—10 % вольфрама и 9,0—10 % кобальта).

Ванадиевая быстрорежущая сталь Р18Ф2 имеет по сравнению со сталью Р18 повышенную износостойкость.

Так как резание осуществляется режущей частью инструмента, то из быстрорежущей стали изготавливают только его режущую часть. Инструменты типа сверл, разверток, метчиков делают сварными: рабочую часть из быстрорежущей, а хвостовик из конструкционной стали.

Металлокерамические твердые сплавы сохраняют относительно высокую твердость при нагреве до температуры 800—900 °С. При соответствующих геометрических параметрах режущего инструмента, оснащенного пластинами из твердого сплава, скорость резания достигает 500 м/мин. Кроме того, твердосплавным инструментом можно обрабатывать заготовки из закаленных и труднообрабатываемых сталей.

Из металлокерамического твердого сплава изготавливают режущую часть токарных резцов, торцовых фрез, сверл большого диаметра, зенкеров, разверток и др.

Для изготовления инструментов применяют следующие твердые сплавы: ВК2, ВК4, ВК6, ВК8 и др. — вольфрамовые (однокарбидные), состоящие из зерен карбида вольфрама, цементированных кобальтом; Т5К10, Т14К8, Т15К6 и др. — титановольфрамовые (двухкарбидные), состоящие из зерен твердого раствора карбида вольфрама в карбиде титана, и избыточных зерен карбида вольфрама, цементированных кобальтом; ТТ7К12 и ТТ20К9 — титанотанталовольфрамовые (трехкарбидные), состоящие из зерен твердого раствора карбида титана, карбида вольфрама, карбида тантала, цементированных кобальтом.

Однокарбидные твердые сплавы используют главным образом при обработке чугуна (при наличии стружки надлома) цветных и легких металлов и сплавов, а также неметаллических материалов.

При обработке заготовок из незакаленных углеродистых и легированных сталей необходимо применять сплавы титановольфрамовой группы, которые по сравнению со сплавами вольфрамовой группы тверже и более износостойки, но менее вязки.

Твердый сплав ТТ7К12, обладающий повышенной прочностью, применяют при обработке сталей с большой глубиной

резания (черновая обработка), при работе с ударом, а также при сверлении.

Твердые сплавы для оснащения металлорежущего инструмента выпускают в виде пластин, форма и размер которых стандартизованы. В промышленности используются трехгранные, четырехгранные, пятигранные и шестигранные пластины.

Для повышения износостойкости неперетачиваемых твердосплавных пластин их покрывают тонким (0,005 мм) слоем карбида титана.

Минералокерамические материалы (термокорунд, микролит) выпускают в виде пластин, закрепляемых на режущей части инструмента.

Керамические материалы имеют достаточный предел прочности, высокую твердость (HRC 89—95), теплостойкость (около 1200 °С) и износостойкость, что позволяет обрабатывать металл на высоких скоростях резания. К недостаткам керамических материалов относится большая хрупкость, что обуславливает их применение при полустовом и чистовом точении без ударной нагрузки при большой жесткости динамической системы станка. Наиболее высокие режущие свойства имеют пластины из керамики ЦМ-332. Керамические материалы, кроме оксида алюминия, имеют присадки металла (вольфрам, молибден, бор, титан и др.) в количестве до 10 %, которые уменьшают хрупкость, но в то же время снижают износостойкость.

Технический алмаз применяют в токарных резцах, предназначенных в основном для чистовой и отделочной обработки цветных металлов, сплавов и неметаллических материалов. Алмазы используют для правки шлифовального инструмента и алмазных кругов.

Алмазный порошок используют для изготовления алмазно-абразивного инструмента, а также для шлифования и доводки драгоценных камней, в том числе и самого алмаза.

Эльбор — сверхтвердый синтетический материал, созданный на основе кубического нитрида бора. Он обладает большой твердостью и теплостойкостью (1400 °С), химически инертен и более прочен по сравнению с алмазом. Эльбор в виде порошка используют для изготовления шлифовальных кругов, а эльбор в виде столбиков — для изготовления резцов.

12.10. ИЗНОС И СТОЙКОСТЬ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

При резании металлов в результате трения стружки о переднюю поверхность резца и задней поверхности резца о поверхность заготовки происходит износ резца с удалением микрочастиц с поверхностей, а также микросколы (выкрашивание) режущей кромки. Механизм износа инструмента при резании металлов очень сложен. Здесь имеют место абразивный, адгезионный и диффузионный износы, на интенсивность которых влияют следующие факторы: физико-механические свойства материала заготовки; материал инструмента; состояние поверх-

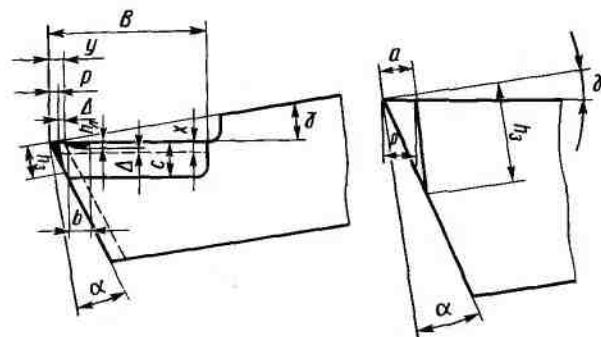


Рис. 12.14. Элементы износа и заточка резца

ностей и режущих кромок инструмента; свойства СОЖ; режимы резания; геометрия инструмента; состояние станка; жесткость динамической системы станка и др.

В общем случае резец изнашивается по передней и задней поверхностям. Износ по задней поверхности характеризуется высотой h_3 площадки (рис. 12.14). Износ по передней поверхности характеризуется в основном глубиной h_n и шириной b лунки.

Существует несколько критериев (признаков) износа резцов. Наибольшее распространение находят критерий оптимального и критерий технологического износа.

Критерий оптимального износа подразумевает такой износ, при котором срок службы инструмента получается максимальным. Общий срок службы инструмента (в мин) $M = KT$, где K — число переточек, допускаемых пластиной при данном износе; T — машинное время работы (стойкость) инструмента, соответствующее данному износу.

Число переточек, допускаемых пластиной, при ее износе по передней поверхности (рис. 12.14) составляет $K_1 = (2/3c)/x = (2/3c)/(h_n + \Delta)$, где c — высота (толщина) пластины, мм; x — слой, удаляемый при переточке по передней поверхности, мм; $\Delta = 0,1 \div 0,2$ мм — допуск на заточку (для удаления лунки на передней поверхности резца).

Число переточек, допускаемых шириной пластины при ее износе по задней поверхности, $K_2 = (2/3B)/y$, где B — ширина пластины в направлении, перпендикулярном к главной режущей кромке, мм; y — толщина слоя, удаляемого при переточке по задней поверхности, измеряемая вдоль ширины пластины, мм.

Критерий оптимального износа находит применение в исследованиях режущих свойств инструмента, предназначенного для черновых и полустовых работ. Он может быть использован и в производственных условиях для инструмента, предназначенного для обработки деталей массового производства, а также для дорогого и сложного в изготовлении инструмента.

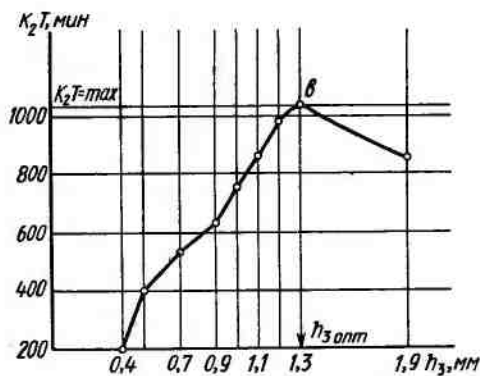


Рис. 12.15. Зависимость общего времени работы резца от износа по задней поверхности

На рис. 12.15 показана зависимость общего времени работы резца от величины допустимого износа по задней поверхности (условия работы: ширина пластины $B = 15$ мм; $\gamma = 12^\circ$; $\alpha = 10^\circ$; оптимальное значение допустимого износа по задней поверхности $h_{3,опт} = 1,3$ мм, что соответствует резанию в течение 40 мин. Из рассмотренного примера следует, что оптимальный износ соответствует точке b .

К недостаткам этого критерия относится необходимость доведения резца при исследовании до значительного износа (почти до полного разрушения). Кроме того, в некоторых случаях точка b перегиба, характеризующая начало катастрофического износа, отсутствует, хотя износ достиг такой величины, что дальнейшая работа инструментом нецелесообразна.

Сущность технологического критерия износа (применительно к инструменту, предназначенному для чистовой обработки) заключается в следующем: инструмент считается изношенным, если обработанная им поверхность перестает отвечать техническим условиям. При оценке по этому критерию инструмент перетачивают при меньшем износе. При токарной обработке влияние износа резца в радиальном направлении (см. размер a на рис. 12.14) приводит к изменению размера обрабатываемой заготовки. По мере увеличения износа резца диаметр обрабатываемой заготовки увеличивается.

Стойкость резца, соответствующая определенной величине износа в радиальном направлении, называется размерной стойкостью. Период размерной стойкости инструмента особенно важен в автоматических линиях, нормальная работа которых возможна при условии стабильной работы режущего инструмента в течение заданного периода времени (обычно смена).

Наибольший период размерной стойкости для заданного инструмента будет при работе с такой скоростью резания, при которой интенсивность износа будет наименьшей. Период размерной стойкости можно увеличить путем подналадки режущего инструмента в процессе резания, компенсации износ инструмента, а также путем использования систем активного контроля, которые при изменении каких-либо условий резания, влияющих на точность обработки, автоматически изменяют параметры режима резания для поддержания заданной точности. Эти системы

повышают точность обработки в 2—4 раза при одновременном возрастании производительности и стойкости режущего инструмента.

Для токарных проходных и подрезных резцов с пластинами из твердых сплавов величина износа h_3 по задней поверхности, рекомендуемая в качестве критерия затупления, следующая: $h_3 = 0,4 \div 1,4$ мм (при черновой обработке сталей); $h_3 = 0,8 \div 1$ мм (при чистовой обработке сталей); $h_3 = 0,6 \div 0,8$ мм (при черновой обработке чугуна); $h_3 = 0,6 \div 0,8$ мм (при чистовой обработке чугуна). Для отрезных резцов с пластинами из твердых сплавов $h_3 = 0,8 \div 1$ мм. Для резцов с керамическими пластинами $h_3 = 0,6 \div 0,8$ мм; для резцов из эльбора $h_3 \leq 0,4$ мм.

Цилиндрические, концевые, прорезные и другие фрезы изнашиваются в основном по задней поверхности. При черновой обработке за критерий износа принимают оптимальный износ, при получистовой и чистовой обработке — технологический износ. При черновой обработке заготовок из стали величина допустимого износа для цилиндрических быстрорежущих фрез $h_3 = 0,4 \div 0,6$ мм; при получистовой $h_3 = 0,15 \div 0,25$ мм; при черновой обработке чугуна $h_3 = 0,5 \div 0,8$ мм. Оптимальная стойкость для цилиндрических фрез из быстрорежущих сталей $T = 120 \div 180$ мин; для цилиндрических фрез, оснащенных твердым сплавом, $T = 180$ мин.

Основным и лимитирующим износом для торцовых фрез является износ по задней поверхности.

Для торцовых фрез из быстрорежущей стали $h_3 = 1,5 \div 2$ мм (при черновой обработке стали и чугуна); $h_3 = 0,3 \div 0,5$ мм (при получистовой обработке стали и чугуна). Для торцовых фрез, оснащенных пластинами твердого сплава, $h_3 = 1 \div 1,2$ мм (при обработке сталей) и $h_3 = 1,5 \div 2$ мм (при обработке чугуна).

Для торцовых фрез из быстрорежущих сталей оптимальная стойкость $T = 120 \div 240$ мин; для торцовых фрез с пластинами из твердых сплавов $T = 120 \div 420$ мин.

12.11. СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ И ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ

Скорость резания, м/мин, допускаемая резцом, может быть рассчитана по эмпирической формуле

$$v = \frac{C_v}{T^{m_1} t^{x_v} S^{y_v}} K_v,$$

где C_v — коэффициент, характеризующий обрабатываемый металл и условия его обработки, T — стойкость режущего инструмента, m — показатель относительной стойкости, t — глубина резания, S — подача, x_v и y_v — показатели степеней, K_v —

общий поправочный коэффициент на измененные условия обработки по отношению к тем, для которых дается значение коэффициента C_v .

При сверлении скорость резания, м/мин,

$$v = \frac{C_v D^{z_v}}{T^{m_s} S^{y_v}} K_v,$$

где C_v — постоянный коэффициент, характеризующий материал заготовки и условия ее обработки, D — диаметр сверла, T — стойкость сверла, S — подача, m — показатель относительной стойкости, y_v и z_v — показатели степеней, K_v — общий поправочный коэффициент, учитывающий все другие конкретные условия обработки по сравнению с теми, для которых дается C_v .

При цилиндрическом фрезеровании скорость резания, м/мин;

$$v = \frac{C_v D^q \omega^p}{T^m S_z^y B^z} K_v,$$

при торцовом фрезеровании

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^y S_z^z B^z} K_v,$$

здесь C_v — коэффициент, характеризующий обрабатываемый материал и условия обработки, D — диаметр фрезы, T — стойкость фрезы, S_z — подача, t — глубина резания, B — ширина фрезеруемой поверхности, z — число зубьев фрезы; ω — угол наклона винтовой канавки фрезы; q, p, m, x, y, z, v, n — показатели степеней, K_v — общий поправочный коэффициент на измененные условия обработки.

Режим резания при токарной обработке осуществляют в такой последовательности.

1. Определяют глубину резания, равную в основном припуску на обработку. Припуск h выгодно удалять за один проход, что и делают при черновой обработке, когда к качеству обработанной поверхности не предъявляется высоких требований. В этом случае глубина резания $t = h$. Черновая обработка за несколько проходов осуществляется при недостаточной жесткости динамической системы станка. При чистовой обработке, когда к обработанной поверхности предъявляются высокие требования по точности и шероховатости, припуск на чистовую обработку снимают за несколько проходов. Чем выше эти требования, тем большее число проходов необходимо осуществлять, уменьшая тем самым глубину резания.

2. Подача при черновой обработке (когда шероховатость обработанной поверхности и точность обработки не являются определяющими) лимитируется прочностью и жесткостью режущего инструмента, жесткостью заготовки, прочностью привода

главного движения и привода подач. По справочникам режимов резания определяют табличную подачу S_x .

При полустойковой и чистовой обработке, когда качество обработанной поверхности должно быть высоким, максимальную величину подачи ограничивает требуемая шероховатость обработанной поверхности. Величину подачи и в этом случае определяют по справочникам. Затем подачу S_m корректируют по паспортным данным конкретного станка и определяют действительную подачу S_d как ближайшее наименьшее значение табличной подачи.

3. Скорость резания определяют по приведенным выше формулам или по справочникам (v_m), исходя из условий обработки, материала заготовки и режущего инструмента, глубины резания и действительной подачи.

4. Частоту вращения шпинделя, об/мин, станка (или обрабатываемой заготовки) рассчитывают по формуле $n = 1000 v_m / \pi D$ и корректируют по паспорту конкретного станка: $n_d \leq n_m$.

По действительной частоте вращения шпинделя определяют действительную скорость резания $v_d = (\pi D n_d) / 1000$.

5. Силу сопротивления резанию определяют по формуле

$$P_z = C_{P_z} t^x S_d^y v_d^n K_{P_z},$$

исходя из найденных значений глубины t резания, подачи S_d и скорости v_d резания.

6. Мощность, затрачиваемую на резание (в кВт), определяют по формуле

$$N_{затр} = (P_z v_d) / (60 \cdot 102).$$

Затем проверяют выполнение условия $N_{эл.дв} \eta \geq N_{затр}$, где η — КПД привода главного движения.

Если это условие не выполняется, то уменьшают параметры режима резания и повторяют расчет.

Режимы резания при сверлении, фрезеровании, строгании и других видах обработки осуществляют аналогично.

12.12. ВЫБОР СОЖ ПРИ ОБРАБОТКЕ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В результате работы, затраченной при резании, в зоне резания выделяется большое количество теплоты.

Для отвода теплоты от режущего инструмента и заготовки, а также уменьшения трения между стружкой и передней поверхностью режущего инструмента и облегчения процесса стружкообразования применяют СОЖ.

Для любого обрабатываемого металла и даже вида обработки есть наиболее оптимальная СОЖ. Наибольшую эффективность СОЖ обеспечивают при резании вязких, высокопластичных и сильно упрочняющихся при деформации металлов. С увеличе-

нием толщины среза и скорости резания эффект облегчения стружкообразования от применения СОЖ уменьшается.

В промышленности широкое распространение нашли так называемые осерненные масла (сульфозрезолы), содержащие в качестве активированной добавки серу.

СОЖ должна подводится к месту отделения стружки в достаточном количестве (8—12 л/мин, а при высоких скоростях — до 20 л/мин).

Контрольные вопросы

1. Виды стружек. От каких факторов зависит вид стружки?
2. Причины наростообразования; его преимущества и недостатки.
3. Углы токарного реза.
4. Изменение углов γ и α при установке вершины резца выше или ниже центра заготовки.
5. Геометрия режущей части фрезы.
6. Геометрия режущей части сверла.
7. Элементы срезаемого слоя при различных видах обработки.
8. Материалы, применяемые для изготовления режущих инструментов.
9. Критерии износа режущего инструмента.
10. Порядок назначения режимов резания при токарной обработке.
11. СОЖ при обработке металлов.

ГЛАВА 13

ШЛИФОВАНИЕ И ШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

В машиностроении широко используется обработка заготовок шлифованием. Шлифовальные станки современных моделей обеспечивают изготовление деталей с малыми отклонениями формы, размеров, малым параметром шероховатости поверхности и высокой производительностью. Эти станки наряду с другими металлорежущими станками встраиваются в автоматические линии. Выпускают шлифовальные станки с ЧПУ.

13.1. ПОНЯТИЕ О ШЛИФОВАНИИ

Обработку резанием, выполняемую множеством абразивных зерен, называют абразивной. Шлифованием называют резание металлов абразивными кругами. Шлифовальный круг 1 (рис. 13.1) — пористое тело, состоящее из большого числа абразивных зерен 3, скрепленных между собой связкой 5. Между связкой и зернами расположены поры 4. Зерна шлифовального круга образованы из материалов высокой

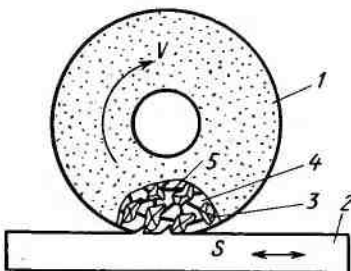


Рис. 13.1. Схема плоского шлифования

твердости, которые называют абразивными. На режущих поверхностях круга зерна расположены беспорядочно на некотором расстоянии друг от друга и выступают на различную высоту. Поэтому все зерна работают неодинаково. Число зерен достигает десятков и сотен тысяч. Круг 1, вращаясь вокруг своей оси при перемещении заготовки 2, снимает тонкий слой металла (стружку) вершинами абразивных зерен. Съем стружки огромным числом беспорядочно расположенных зерен приводит к ее сильному измельчению и большому расходу энергии. Шлифовальные круги различают по виду абразивного материала, зернистости, связке, твердости, структуре (строению), форме и размерам. Шлифованием обрабатывают гладкие и ступенчатые валы, сложные коленчатые валы, шлицевальные валы, кольца и длинные трубы, зубчатые колеса, направляющие станины, плоские поверхности и отверстия корпусных деталей и т. д.

Шлифование выполняют на шлифовальных станках различного назначения. На рис. 13.2 показаны основные узлы шлифовального станка. Шлифовальный круг 1 устанавливают и закрепляют на шпинделе шлифовальной бабки 3, которая может перемещаться относительно станины 6 в продольном или поперечном направлении с помощью стола 5 или суппорта. Заготовку 2 закрепляют в патроне 9 шпиндельной бабки 8 (рис. 13.2, б) или в центрах 10 шпиндельной бабки 8 и задней бабки 4 (рис. 13.2, а).

Круг и заготовка 2 приводятся в движения электрическими или гидравлическими приводами, управляемыми оператором посредством пульта или панели 7.

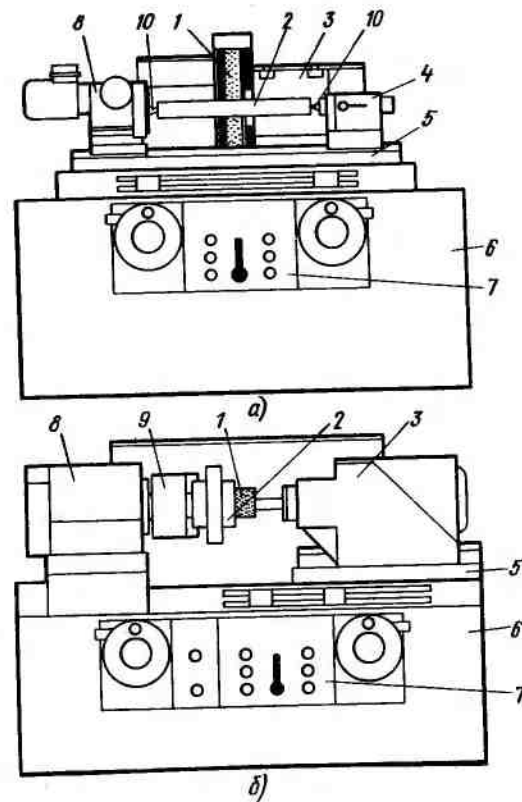


Рис. 13.2. Основные узлы круглошлифовального (а) и внутришлифовального (б) станка

13.2. ОСОБЕННОСТИ ШЛИФОВАНИЯ

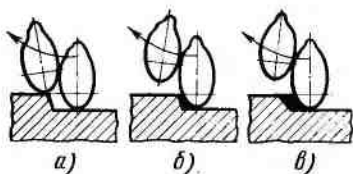


Рис. 13.3. Схема среза стружки абразивным зерном

К ним можно отнести высокую скорость резания, размельчение стружки, геометрию режущих зерен шлифовального круга, сильный нагрев шлифуемой поверхности и стружки. Получаемая при обработке поверхность представляет собой совокупность шлифовальных рисок,

оставляемых вершинами абразивных зерен круга, сцементированных в последнем связкой. Образование каждой риски происходит в результате последовательного внедрения режущей кромки зерна в обрабатываемую поверхность (рис. 13.3). В первый момент контактирование зерна с обрабатываемой поверхностью резания еще не происходит и режущая кромка зерна скользит по поверхности, сжимая металл под собой (рис. 13.3, а). Упругое скольжение вершины зерна сменяется пластическим оттеснением металла с образованием наплывов (рис. 13.3, б). Далее, когда давление кромки зерна превосходит силу сцепления между частицами металла, начинается сьем стружки (рис. 13.3, в).

Абразивные зерна работают неодинаково. Одни скользят по обрабатываемой поверхности, другие сминают ее, а третьи снимают стружку. Поэтому шлифовальная риска является результатом упругой пластической деформации материала обрабатываемой заготовки. Абразивные зерна, как правило, имеют отрицательные углы резания. Снятие стружки абразивным зерном осуществляется примерно за 0,0001—0,0005 с.

Шлифование сопровождается значительным выделением теплоты в зоне резания. Возникающие в этой зоне значительные кратковременные перегревы часто приводят к появлению прижогов. На шлифуемой поверхности высокая температура сохраняется в течение долей секунды. Температура на поверхности быстро сравнивается со средней температурой массы металла заготовки вследствие его высокой теплопроводности. Из-за быстрого неравномерного нагрева и охлаждения в металле заготовки происходят структурные изменения, часто приводящие к поверхностным трещинам.

Часть стружки при шлифовании отлетает от заготовки, а часть располагается в порах круга и вымывается. СОЖ, небольшая часть мелкой стружки сгорает. По мере затупления шлифовальных зерен они врезаются в металл все с большим усилием.

13.3. ВИДЫ И СПОСОБЫ ШЛИФОВАНИЯ

Для осуществления шлифования необходимо, чтобы заготовка и шлифовальный круг имели определенные относительные

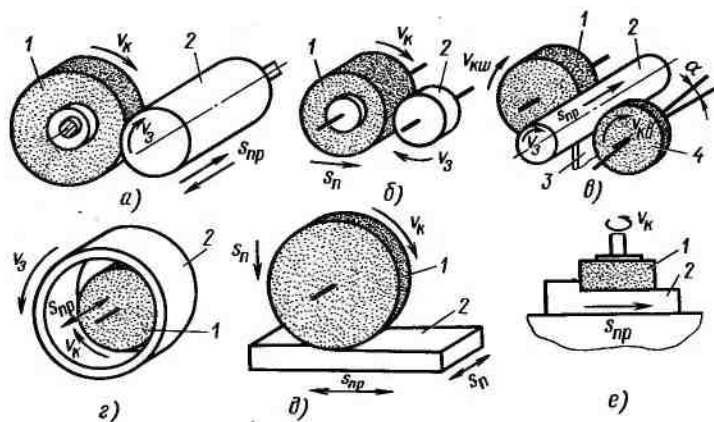


Рис. 13.4. Схемы основных видов шлифования

движения, без которых резание невозможно. При шлифовании главным движением резания является вращение инструмента (рис. 13.4), а движения подачи (они могут быть различными) сообщаются заготовке или инструменту. Различают шлифование *периферией круга* и *торцом круга*; в первом случае режущей частью является наружная поверхность круга, образующая которой параллельна оси его вращения, а во втором случае — торец круга.

В зависимости от расположения и формы обрабатываемой поверхности заготовки 2 шлифование подразделяют на следующие виды: *наружное* (рис. 13.4, а, б, в), когда обрабатывается наружная поверхность заготовки; *внутреннее* (рис. 13.4, г), когда обрабатывается внутренняя поверхность заготовки; *плоское* (рис. 13.4, д, е), когда обрабатывается плоская поверхность; *профильное*, когда обрабатывается поверхность, образующая которой представляет собой кривую или ломаную линию.

Шлифование поверхности вращения называют *круглым шлифованием*, сферической поверхности — *сферошлифованием*, боковых поверхностей зубьев зубчатых колес — *зубошлифованием*, боковых сторон и впадин профиля резьбы — *резьбошлифованием*, шлицевых поверхностей — *шлицешлифованием*.

Различают также шлифование в центрах (если заготовку крепят в центрах) и в патроне (если заготовку крепят в патроне). В машиностроении наиболее часто применяют круглое (наружное и внутреннее) и плоское шлифование.

Круглое наружное шлифование (рис. 13.4, а) осуществляют сочетанием следующих движений: вращение шлифовального круга 1 (главное движение v_k резания), вращение шлифуемой заготовки 2 вокруг своей оси (круговая подача v_s), прямолинейное возвратно-поступательное перемещение заготовки или шлифовального круга вдоль своей оси (продольная подача S_{np}); поперечное перемещение шлифовального круга на заготов-

ку (или наоборот) (поперечная подача S_n) или подача на глубину резания). При шлифовании с продольной подачей $S_{пр}$ поперечная подача S_n осуществляется периодически (в конце каждого двойного или одинарного хода стола станка). При круглом наружном шлифовании методом врезания (рис. 13.4, б) высота круга равна или больше длины шлифуемой заготовки, поэтому нет необходимости в продольной подаче, а поперечная подача производится непрерывно в течение обработки. При бесцентровом наружном шлифовании (рис. 13.4, в) заготовку 2 устанавливают на опорном ноже между шлифующим рабочим 1 и подающим (ведущим) 4 кругами. Вращением круга 4 заготовке 2 сообщается вращение (v_3) и подача $S_{пр}$, для получения последней круг 4 устанавливают под небольшим углом α к оси круга 1.

Круглое внутреннее шлифование осуществляют продольной подачей $S_{пр}$ шлифовального круга (или заготовки) и врезанием. Для круглого внутреннего шлифования с продольной подачей (рис. 13.4, г) необходимы те же движения, что и при круглом наружном шлифовании. Применяют внутреннее врезное и внутреннее бесцентровое шлифование; в последнем случае заготовку не закрепляют.

Плоское шлифование осуществляют периферией (рис. 13.4, д) и торцом (рис. 13.3, е) круга.

Скорость резания при шлифовании превосходит скорость резания при лезвийной обработке и составляет 25—35 м/с (обычное шлифование), 35—60 м/с (скоростное шлифование) и свыше 60 м/с (высокоскоростное шлифование). При шлифовании скорость резания значительно превосходит скорость подачи.

Шлифование, предназначенное для удаления с заготовок дефектного слоя, называют *обдирочным*. Шлифование одной или нескольких поверхностей одной или нескольких заготовок одновременно несколькими кругами называют *многокруговым*.

Абразивную обработку, при которой инструмент и заготовка совершают вращательное, возвратно-поступательное, осциллирующее или другое сложное движение со скоростями одного и того же порядка, называют *доводкой*. Основными видами доводки являются притирка, хонингование, суперфиниширование.

Абразивную обработку, служащую только для уменьшения шероховатости обрабатываемой поверхности, называют *полированием*. Шлифование рабочей части лезвийного режущего инструмента называют *затачиванием*.

К другим видам абразивной обработки относятся струйно-абразивная, жидкостно-абразивная, виброабразивная, а также специальная абразивная обработка (с применением электроэрозионного разрушения металлов, их электрохимического растворения, вибраций с ультразвуковой частотой, магнитного поля и др.).

13.4. РЕЖИМЫ ОБРАБОТКИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Элементами режима круглого наружного шлифования являются следующие. Окружная скорость, м/с, шлифовального круга $v_k = (\pi Dn)/(60 \cdot 1000)$, где D — диаметр круга, мм; n — частота вращения круга, об/мин. Окружная скорость, м/мин, заготовки $v_z = (\pi d n_z)/1000$, где d — диаметр заготовки, мм; n_z — частота вращения заготовки, об/мин. Глубина шлифования (резания) — поперечное перемещение шлифовального круга перпендикулярно к обработанной поверхности за время одного продольного хода (глубина резания, т. е. толщина слоя металла, снимаемого за один рабочий ход, составляет 0,005—0,015 мм при чистовом шлифовании и 0,01—0,025 мм при черновом шлифовании). Продольная подача — путь, пройденный заготовкой (или кругом) параллельно оси вращения круга за одну минуту (мм/мин) или за один оборот шлифуемой заготовки (мм/об).

13.5. АБРАЗИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Они делятся на естественные (алмаз, кварц, корунд, наждак, кремень, гранит) и искусственные (нормальный электрокорунд, хромистый электрокорунд, титанистый электрокорунд, монокорунд; карбиды кремния, бора; синтетические алмазы и др.). Основными свойствами абразивных материалов являются твердость, режущая способность, прочность и износостойкость.

Алмаз естественный (А) — разновидность углерода. Его характеризуют наивысшая по сравнению с другими абразивными материалами твердость и хрупкость. Алмазы, непригодные в ювелирном деле, называют техническими и используют для шлифования. Массу алмаза измеряют в граммах или каратах (1 кар = 0,2 г).

Алмаз синтетический (АС) получают из углеродсодержащих веществ (графит и др.) с добавлением металлических катализаторов (хром, никель, железо, кобальт и др.) под действием высокой температуры и давления. Существует пять марок шлифпорошков из синтетических алмазов, которые различаются по механическим свойствам (прочность, хрупкость), форме и параметрам шероховатости: АСО — зерна с шероховатой поверхностью и пониженной прочностью и хрупкостью, работают с минимальными потреблением энергии и выделением теплоты, обладают хорошими режущими свойствами; АСП — зерна с меньшей (по сравнению с АСО) хрупкостью и большей прочностью, хорошо удерживаются в связке; АСВ — зерна, имеющие по сравнению с АСО и АСП более гладкую поверхность, меньшую хрупкость и большую твердость; АСК — зерна с меньшей хрупкостью и большей твердостью, чем зерна АСО, АСП, АСВ; АСС — зерна блочной формы, имеют максимальную прочность по сравнению с алмазами других марок и естественными алмазами. Алмазные микропорошки выпускают: с нор-

мальной режущей способностью из естественного алмаза (АМ) и из синтетических алмазов (АСМ); с повышенной режущей способностью из природных (АН) и синтетических (АСН) алмазов.

Электрокорунды получают из бокситов и глинозема. Они состоят из окиси алюминия Al_2O_3 и его примеси. Доля Al_2O_3 в нормальном электрокорунде и монокорунде составляет 93—96%. Нормальный электрокорунд 1А имеет разновидности 12А, 13А, 14А, 16А. Белый электрокорунд 2А имеет разновидности 22А, 23А, 24А, 25А. Легированный электрокорунд 3А имеет разновидности: 32А, 33А, 34А, 37А. Монокорунд 4А имеет разновидности 43А, 44А, 45А.

Карбид кремния — химическое соединение кремния и углерода, полученное при температуре 2100—2200 °С и содержащее около 97—99% SiC. Обладают высокими твердостью (тверже его только алмаз, эльбор, карбид бора), режущей способностью и теплостойкостью.

Карбид бора (КБ) — химическое соединение B_4C , обладает высокими режущей способностью, износостойкостью и химической стойкостью.

Кубический нитрид бора (КНБ) — сверхтвердый материал (43,6% бора и 56,4% азота). Обладает почти теми же абразивными свойствами, что и алмаз, и превосходит по износостойкости все известные абразивные материалы. КНБ не теряет режущих свойств при $t = 1200$ °С. Абразивный материал из КНБ выпускают в виде шлифпорошков: эльбор (Л); кубонит (КО); микропорошки (КМ).

13.6. ЗЕРНИСТОСТЬ АБРАЗИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Она характеризует размеры абразивных зерен (длина, ширина, толщина). Абразивный материал делят на шлифзерна, шлифпорошки, микропорошки и изготавливают следующих зернистостей: шлифзерно (размеры 2000—160 мкм) — 200, 160, 125, 100, 80, 63, 50, 40, 32, 25, 20, 16; шлифпорошки (размеры 125—40 мкм) — 12, 10, 8, 6, 5, 4; микропорошки (размеры 63—14 мкм) — М63, М50, М40, М28, М20, М14; тонкие микропорошки (размеры 10—5 мкм) — М10, М7, М5. *Зернистость* — характеристика конкретной совокупности зерен, выраженная размерами основной фракции, которая преобладает по массе, объему или числу зерен. Зернистость шлифзерна и шлифпорошка условно равна 0,1 размера (в мкм) стороны ячейки сита (сетки) в свету, на которой задерживаются при рассеиве зерна основной фракции. Зернистость алмазных и эльборовых шлифпорошков обозначают дробью, у которой числитель соответствует размеру (в мкм) стороны верхнего сита, а знаменатель — размеру (в мкм) стороны ячеек нижнего сита для основной фракции (например, 400/250; 400/315; 160/100; 160/125). Процентное содержание основной фракции обозначают индексами В (высо-

кое), П (повышенное), Н (низкое), Д (допустимое). Например, для зернистостей 200—8 минимальное содержание основной фракции составляет 55% (П), 45% (Н) и 41% (Д).

13.7. СТРУКТУРА ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА

Это его внутреннее строение т. е. количественное (объемное) соотношение в массе круга и взаимное расположение фаз: абразивной (занимаемой зернами); связующей (занимаемой связкой); газообразной (занимаемой порами). Некоторые инструменты имеют дополнительную фазу, занимаемую наполнителями.

Основой структуры является объемное содержание абразивного зерна в инструменте. Структура обозначается номерами от 0 до 20. Чем меньше зерен в единице объема, тем выше порядковый номер структуры для традиционных абразивных инструментов. С увеличением номера структуры на единицу число зерен в круге уменьшается на 2% и соответственно на 2% увеличивается объем связки. В порах размещается стружка, которая при выходе шлифовального круга из соприкосновения с заготовкой должна свободно вылетать из пор, так как в противном случае потеряет режущую способность. На рис. 13.5 показаны различные структуры шлифовальных кругов. При более плотной структуре число зерен, приходящееся на единицу поверхности круга, больше, а размер пор меньше. Некоторые шлифовальные круги (их называют структурными) изготавливают с заранее установленным строением, т. е. определенным расположением пор в круге.

Алмазные круги в отличие от обычных абразивных имеют алмазоносное кольцо толщиной 1,5—3 мм, которое закрепляют на корпусе. Материал корпуса — стали, алюминиевые сплавы, пластмассы и др. Алмазный слой состоит из алмазных зерен, связки, наполнителя.

Материал или совокупность материалов, применяемых для закрепления абразивных зерен в абразивном инструменте, называют *связкой*. Различают органические, минеральные (кера-

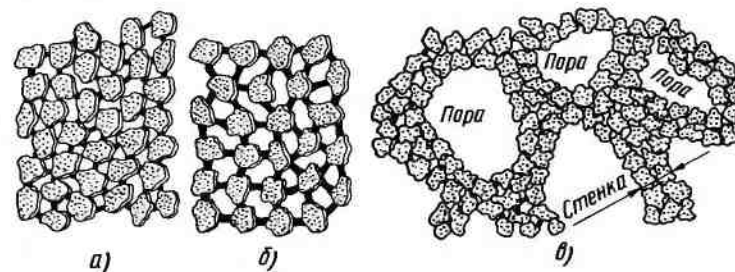


Рис. 13.5. Структуры шлифовальных кругов:
а — закрытая, б — открытая, в — высокопористая

мические) и металлические связки. К органическим связкам относятся бакелитовая, вулканитовая, эпоксидная, глифталиевая и др.

В бакелитовой связке (Б) главной составляющей является жидкий или порошкообразный бакелит (искусственная смола). Круги на этой связке, армированные стеклосеткой, работают на очень высоких скоростях (80 м/с и более), обладают высокой прочностью. При длительном воздействии температуры 250—300 °С связка выгорает, при температуре 200 °С и выше становится хрупкой, что приводит к разрушению кругов. Круги на бакелитовой связке используют главным образом без охлаждения, так как связка разрушается под действием щелочных растворов, содержащихся в СОЖ. Упругость бакелитовой связки позволяет изготавливать тонкие (высотой 0,5 мм) круги для абразивной прорезки.

Вулканитовая связка (В) состоит в основном из синтетического каучука с различными добавками. Круги обладают большей (чем круги на бакелитовой связке) упругостью и используются для отрезки и прорезки.

Керамические связки (К) являются смесями огнеупорной глины, полевого шпата, кварца, мела, талька и других составляющих. Круги на этой связке имеют наибольшую пористость, поэтому меньше засаливаются, обладают хорошей водоупорностью, работают с СОЖ, легко режут металл. Недостаток — чувствительность к ударным нагрузкам.

Силикатную связку (С) изготавливают из жидкого стекла в смеси с окисью цинка, мелом, глиной и др. Она обладает достаточной прочностью. Круги на этой связке быстро изнашиваются, но работают с малым выделением теплоты. Их обычно применяют без охлаждения.

Металлические связки (М) изготавливают из сплавов меди, олова, цинка, алюминия, никеля и используют в основном для алмазных инструментов.

13.8. ТВЕРДОСТЬ АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА

Это величина, характеризующая его свойство сопротивляться нарушению сцепления между зёрнами и связкой при сохранении характеристик в пределах установленных норм. Указанное свойство оценивают определенными показателями, которые выбирают в зависимости от метода оценки твердости. Понятие о твердости абразивного инструмента (круга) не имеет ничего общего с понятием твердости абразивного материала. Шкала степеней твердости инструмента и их условные обозначения представлены в табл. 13.1. Чем выше твердость абразивного инструмента, тем большие силы способны они воспринимать без выкрашивания. Поэтому более твердые круги называются меньше. Мягкими абразивными инструментами называют такие, в которых абразивные зёрна удерживаются слабо. Для контроля твердо-

13.1. Твердость абразивных инструментов

Степень твердости	Обозначение		
	Общее	В зависимости от связки	
		керамическая и бакелитовая	вулканитовая
Весьма мягкий	ВМ	ВМ1, ВМ2	
Мягкий	М	М1, М2, М3	
Среднемягкий	СМ	СМ1, СМ2	
Средний	С	С1, С2	С
Среднетвердый	СТ	СТ1, СТ2, СТ3	СТ
Твердый	Т	Т1, Т2	Т
Весьма твердый	ВТ	ВТ	
Чрезвычайно твердый	ЧТ	ЧТ	

Примечание. Цифры 1, 2, 3 справа от буквенного обозначения характеризуют возрастание твердости абразивного инструмента внутри данной степени.

сти абразивных инструментов применяют механические и акустические методы. Твердость инструментов зернистостью 125—16 определяют на пескоструйном приборе измерением глубины лунки, образующейся на поверхности инструмента под действием кварцевого песка, выбрасываемого из рабочей камеры прибора сжатым воздухом под давлением 0,15 МПа. С увеличением твердости глубина лунки уменьшается.

Твердость абразивных инструментов зернистостью 12—М14, а также алмазных и электроборовых кругов определяют на приборе Роквелла путем вдавливания стального шарика (Ø 5—10 мм) в тело инструмента под нагрузкой 981 или 1471 Н. Затем измеряют глубину лунки. Определенной твердости круга соответствует определенный объем пор независимо от номера структуры круга. Абразивный инструмент на керамической связке выпускают всех степеней твердости, на бакелитовой — от СМ1 до Т1, на вулканитовой — без указания степени твердости.

13.9. ШЛИФОВАЛЬНЫЕ КРУГИ, ИХ НАЗНАЧЕНИЕ, ПРИМЕНЕНИЕ И ВЫБОР

Типы и основные размеры шлифовальных кругов стандартизованы. Существует ряд типов и несколько сотен типоразмеров кругов (рис. 13.6). Круги с $d = 1 \div 13$ мм можно наклеивать на шпильку, с $d = 6 \div 20$ мм и D до 100 мм крепят на шпинделе станка или оправке винтами или гайками. Круги с $d = 10 \div 32$ мм и $D = 32 \div 250$ мм крепят на шпинделе или оправке фланцами, с $d = 32 - 508$ мм крепят на переходных фланцах винтами.

Шлифовальные круги изготавливают классов точности АА, А и Б. Для кругов класса точности Б используют шлифовальные

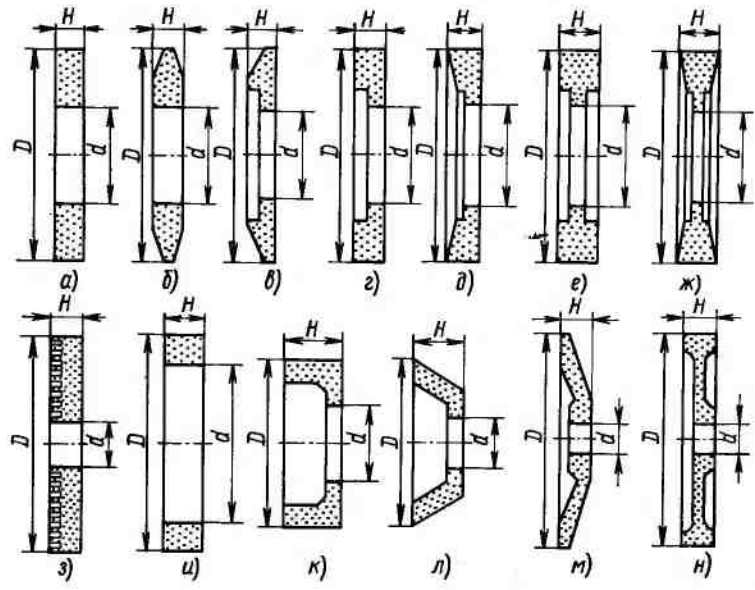


Рис. 13.6. Формы сечений шлифовальных кругов:

а — прямого профиля (ПП), б — с двухсторонним коническим профилем (2П), в — с коническим профилем (3П), г — с конической выточкой (ПВК), е — с двухсторонней выточкой (ПВД), ж — с двухсторонней конической выточкой (ПВДК), з — специальный, и — кольцевой (К), к — чашечный цилиндрический (ЧЦ), л — чашечный конический (ЧК), м — тарельчатый (Т), н — с двухсторонней выточкой и ступицей (ПВДС); D — наружный диаметр, H — высота, d — диаметр посадочного отверстия

материалы с индексами В, П, Н, Д, характеризующими содержание основной фракции для кругов класса А — только с индексами В, П, Н, для кругов класса АА — только с индексами В и П. Предельные отклонения зависят от номинальных размеров инструмента D, H, d (см. рис. 13.6). Контроль размеров абразивного инструмента осуществляют универсальным измерительным инструментом, специальными калибрами и шаблонами.

Алмазные и эльборовые шлифовальные круги также стандартизованы. Пример маркировки алмазного или эльборового круга показан на рис. 13.7.

Крепление шлифовальных кругов на шпинделе станка необходимо выполнять тщательно. Неправильно закрепленный и неуравновешенный круг при работе может разорваться. Круги диаметром меньше 100 мм надевают на шпиндель свободно и крепят фланцами и гайкой (рис. 13.8, а). Между кругом и фланцами ставят упругие прокладки из резины или кожи для обеспечения равномерного зажима круга. Круги диаметром от 100 до 1000 мм закрепляют на переходных фланцах (рис. 13.8, б); при этом необходимо, чтобы между кругом и шейкой фланца был зазор 0,1—0,3 мм. Фланцы 2 скрепляют винтами. По торцам круга устанавливают картонные прокладки. В кольцевом пазу 4 располагают балансировочные грузы.



Рис. 13.7. Маркирование алмазного или эльборового шлифовального круга: «Ильич» — маркировка завода-изготовителя, 1A1-2 — обозначение формы круга, 150 — наружный диаметр, мм; 32 — высота круга, мм; 32 — диаметр посадочного отверстия, мм, 5 — ширина алмазного или эльборового слоя, мм, 3 — высота этого слоя, мм; ЛО — вид шлифовального материала, 8 — зернистость для эльборового круга (или 63/50 — для алмазного круга), КБ — связка, 100% — концентрация, 30 — число карат алмаза или эльбора в круге

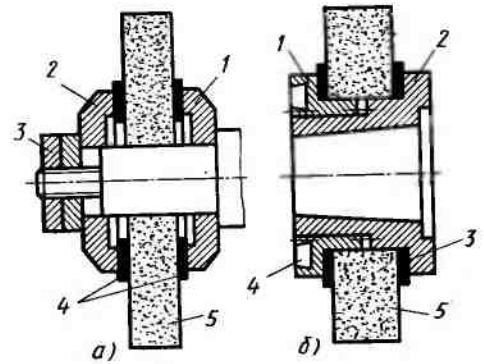


Рис. 13.8. Схемы крепления шлифовальных кругов: а — фланцами; 1, 2 — фланцы, 3 — гайки, 4 — прокладки, 5 — круг; б — на переходных фланцах; 4 — кольцевой паз, 3 — прокладка

13.10. ОБРАЗОВАНИЕ СТРУЖКИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Рассмотрим для примера круглое наружное шлифование (рис. 13.9). В некоторый момент времени круг 1, вращающийся с окружной скоростью v_k , и заготовка 2, вращающаяся с меньшей (примерно в 100 раз) окружной скоростью v_z , занимают определенное положение. Два соседних зерна круга работают в разных плоскостях. Резание начинается в точке А. Зерно выходит из контакта с заготовкой в точке В, если заготовка вращается, или в точке В, если заготовка не вращается. Ширина стружки меньше расстояния между двумя соседними зернами, измеренного вдоль оси заготовки. Поэтому эти два зерна на участке Н снимают слои в сечениях 3 и 4. Несрезанный слой с участка 5 поверхности между сечениями 3 и 4 будет снят затем другими зернами круга. Толщина стружки, снимаемой одним зерном, зависит от скорости v_k, v_z , глубины резания, зернистости круга и диаметров круга и заготовки. С увеличением v_k толщина стружки уменьшается и наоборот. При больших v_k каждое абразивное зерно работает с меньшей нагрузкой и поэтому затупляется медленнее. Работать с большими v_k экономически выгодно.

Чем меньше число зерен на единице площади поверхности круга, тем больше толщина стружки, снимаемая каждым зерном. При износе шлифовального круга его скорость уменьшается, а толщина стружки увеличивается. Поэтому рекомендуется работать кругами большого диаметра, а при его уменьшении, вы-

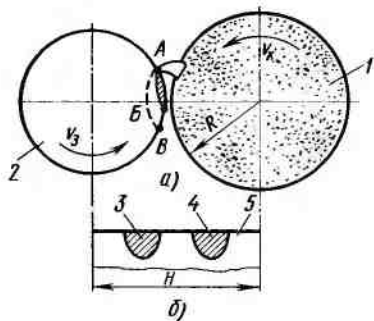


Рис. 13.9. Схема образования стружки при шлифовании:
а — врезание абразивного зерна, б — профильное сечение.

зованном износом, увеличивать частоту вращения круга. Если при нормальной скорости круга наблюдается его повышенный износ, следует уменьшить v_3 , несколько увеличив одновременно глубину t шлифования. Если круг засаливается, надо увеличить v_3 , уменьшив при этом t , или взять более мягкий круг.

При шлифовании цилиндрических поверхностей большого диаметра с увеличением v_3 толщина стружки увеличивается незначительно, а при шлифовании цилиндрических поверхностей малого диаметра наоборот. Для шлифования заготовок малого диаметра берут обычно круги более высокой твердости, чем для шлифования заготовок большого диаметра, и работают с меньшими продольными подачами. С увеличением глубины резания или поперечной подачи толщина стружки увеличивается.

Дуга окружности шлифовального круга 1, контактирующая с заготовкой 2 (рис. 13.10), называется *дугой контакта*. Ее длина определяется видом шлифования, размерами круга и заготовки. Из рис. 13.10 видно, как изменяется дуга АВ контакта в зависимости от вида шлифования (t и R одинаковы для всех видов). Дуга контакта мала при наружном шлифовании, когда диаметр круга больше диаметра заготовки (рис. 13.10, а). При увеличении диаметра заготовки дуга контакта увеличивается (рис. 13.10, б). Дуга контакта при плоском шлифовании (рис. 13.10, в) больше, чем при круглом наружном, и достигает наибольшего значения при внутреннем шлифовании (рис. 13.10, г).

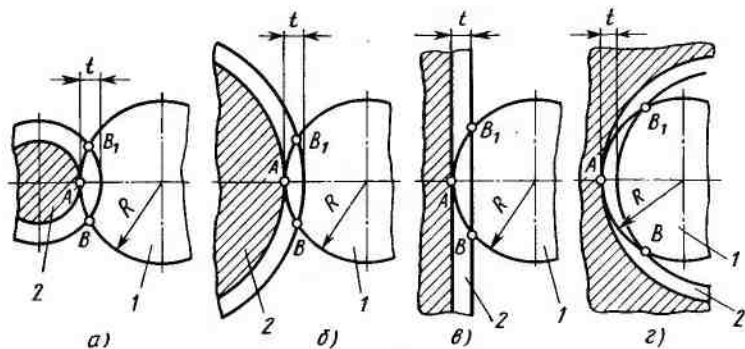


Рис. 13.10. Схема дуги контакта круга с заготовкой при шлифовании:

а — наружном (заготовок малых размеров), б — наружном (заготовок больших размеров), в — плоском, г — внутреннем

При увеличении дуги контакта удлиняется снимаемая стружка и ухудшаются условия работы круга (выделяется больше тепла, ухудшаются условия теплоотвода, может произойти засаливание круга).

13.11. ТЕПЛОТА, ОБРАЗУЮЩАЯСЯ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Около 80 % теплоты из-за плохой теплопроводности круга переходит в шлифуемую заготовку. Поэтому в зоне резания в момент снятия стружки возникает высокая мгновенная температура. Она может вызывать прижоги поверхностного слоя заготовки, трещины и другие дефекты.

Шлифовальный прижог — местное изменение структуры поверхностного слоя шлифуемой заготовки под действием высокой мгновенной температуры. Прижог уменьшает твердость и износостойкость поверхностного слоя заготовки. Прижоги бывают с цветами побежалости или без них (это можно выявить травлением). При увеличении v_3 сокращается время воздействия источников теплоты и уменьшается опасность появления прижогов. Прижоги часто сопровождаются шлифовочными трещинами, возникающими из-за высоких режимов шлифования, неправильного подбора круга или его затупления.

Для снижения опасности появления прижогов и трещин рекомендуется: обильно использовать СОЖ; снижать глубину резания; использовать более мягкие шлифовальные круги; применять круги на связке Б вместо связки К и вулканитовой связки; при шлифовании заготовок из высокоуглеродистых и легированных сталей с низкой теплопроводностью уменьшать глубину резания и подачу.

Прижоги, микротрещины и другие дефекты невозможно исправить на последующих стадиях шлифования, поэтому они недопустимы. Пропитка кругов специальными составами (парафином, стеарином пироуглеродом и др.), которые вводят в поры круга в жидком виде, улучшает все показатели шлифования, особенно стойкость круга между прайками.

13.12. СИЛЫ РЕЗАНИЯ И МОЩНОСТЬ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

При шлифовании одно зерно круга снимает небольшой слой металла. Однако в работе одновременно участвует большое число зерен, поэтому суммарная сила резания значительна. Эта сила (рис. 13.11) раскладывается на три составляющие: P_x — сила, направленная вдоль оси шлифовального круга 1 (сила подачи) и необходимая для продольной подачи круга или заготовки 2; P_y — сила, направленная по радиусу шлифовального круга и стремящаяся оттолкнуть круг от заготовки (в значительной степени влияет на точность обработки); P_z — сила, направленная по касательной к кругу (по этой силе определяют мощность электродвигателя, необходимую для шлифования).

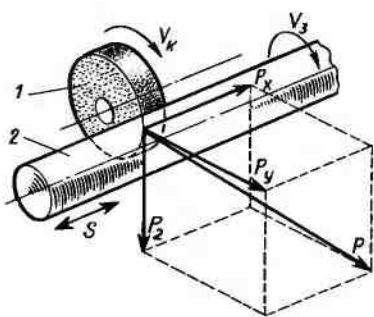


Рис. 13.11. Схема сил резания при шлифовании

Силу P_z резания определяют по эмпирическим формулам, приведенным в справочниках. Сила $P_y = (1 \div 3)P_z$; $P_x = (0,1 \div 0,2)P_z$. Мощность (в кВт) электродвигателя, необходимая для вращения шлифовального круга, $N_s = (P_z \times v_k) / 102\eta$, где v_k — окружная скорость круга, м/с; η — КПД механизма главного движения. Мощность электродвигателя, необходимая для вращения шлифуемой заготовки, значительно меньше N_s .

Режущая способность шлифовального круга $K_p = Q_m / P_y$, где Q_m — объем металла, снимаемого в единицу времени.

13.13. ВЫБОР РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Режимы подбирают так, чтобы обеспечить высокую производительность шлифования и заданную шероховатость обрабатываемой поверхности при наименьшей себестоимости. Скорость круга выбирают максимально допустимой для определенного вида шлифования, так как при этом увеличивается производительность и уменьшается шероховатость шлифуемой поверхности. Круги должны иметь прочность, исключающую их разрыв при работе. Прочность кругов прямого профиля выше, чем прочность кругов фасонного профиля (поэтому допустимую частоту вращения последних принимают меньшей). При ручной подаче v_k принимают меньше, чем при механической подаче, поскольку последняя более равномерна. С увеличением скорости v_s уменьшаются время контакта круга с обрабатываемой поверхностью и температура нагрева заготовки. Однако появляется опасность возникновения вибраций. Нижний предел v_s должен ограничивать появление прижогов, а верхний — исключать вибрации. Глубина t шлифования должна быть не более 0,05 поперечного размера зерна. При большей t поры круга быстро заполняются стружкой и круг засаливается. При обдирочном шлифовании t больше, чем при чистовом. При шлифовании нежестких заготовок, а также заготовок из твердых металлов t также уменьшают. Продольную подачу $s_{пр}$ принимают для обдирочного шлифования 0,4—0,85, а для чистового 0,2—0,4 высоты круга за один оборот заготовки. При увеличении продольной подачи растет производительность, но увеличивается шероховатость поверхности. Значения v_k , v_s , t , $s_{пр}$ для определенных видов шлифования и материалов обрабатываемых заготовок выбирают по нормативам, приводимым в справочниках.

13.14. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЖ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

В целях отвода из зоны резания выделяющейся теплоты, уменьшения трения и удаления абразива и стружки при шлифовании применяют СОЖ — эмульсии и масла. Чем больше площадь соприкосновения шлифовального круга с заготовкой и тверже ее материал, тем больше количество СОЖ необходимо подавать в зону резания. Подачу СОЖ следует осуществлять равномерно по высоте шлифовального круга (5—8 л на каждые 10 мм высоты круга).

Подачу свободнопадающей струей (рис. 13.12, а) применяют в основном на универсальных круглошлифовальных станках в единичном и мелкосерийном производстве при шлифовании заготовок из материалов, отличающихся хорошей шлифуемостью (например, закаленных углеродистых сталей). СОЖ подается в зону резания через сопло с щелевым или круговым отверстием.

СОЖ, обладающую хорошими смазывающими свойствами, подают в зону резания через поры шлифовального круга (рис. 13.12, б). СОЖ, подведенная к осевому отверстию круга, под действием центробежных сил протекает через поры круга на его периферию. Подачу производят только при вращающемся круге, после чего через 2—5 мин начинают шлифование (за это время происходит равномерное заполнение круга жидкостью). Подачу СОЖ прекращают за несколько минут до выключения станка. Этот способ неприемлем для кругов на бакелитовой и вулканитовой связке, не имеющих сквозных пор.

Подачу СОЖ струйно-напорным способом осуществляют

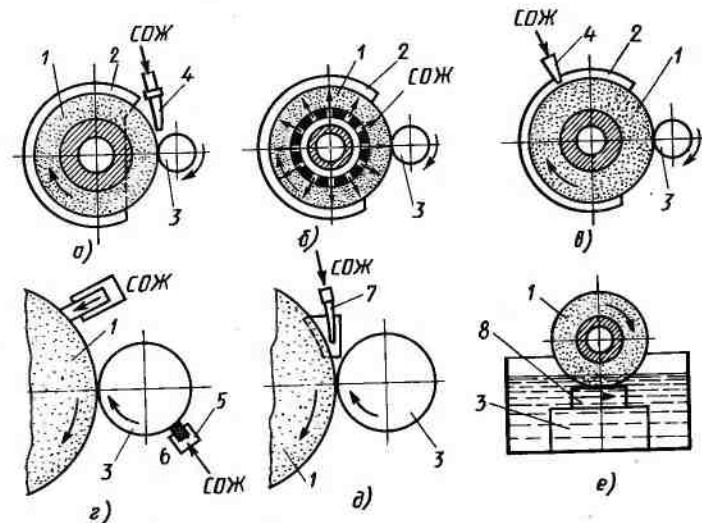


Рис. 13.12. Схемы подачи СОЖ при шлифовании:

1 — шлифовальный круг, 2 — кожух, 3 — заготовка, 4 — сопло, 5 — держатель, 6 — пористый элемент, 7 — насадка, 8 — резервуар

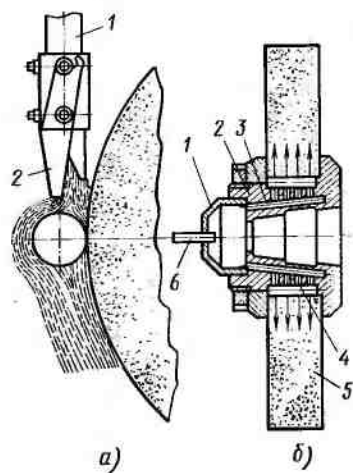


Рис. 13.12. Конструкции устройств для подачи СОЖ:

а — регулированием струи охлаждающей жидкости; 1 — подводящая труба, 2 — отклонитель струи; б — через поры шлифовального круга; 1 — конусная насадка, 2 — фланец, 3 — осевые каналы, 4 — радиальные каналы, 5 — шлифовальный круг, 6 — патрубок

через одно или несколько сопел (рис. 13.12, в). СОЖ, подаваемая под давлением на рабочую поверхность круга вне зоны резания, очищает поры и абразивные зерна от стружки и отходов шлифования.

Подача СОЖ контактным способом (рис. 13.12, г) заключается в том, что одновременно с поливом зоны резания свободно падающей струей на обрабатываемую поверхность наносят (вне зоны резания) тонкий слой активного смазочного материала.

Подача СОЖ гидроаэродинамическим способом (рис. 13.12, д) заключается в использовании воздушных потоков, создаваемых вихрем, для повышения скорости движения потоков жидкости относительно рабочей поверхности круга и шлифуемой поверхности. Этот способ особенно эффективен при скоростном и обдирочном шлифовании.

Шлифование в среде СОЖ (рис. 13.12, е) применяют в основном при ленточном и плоском шлифовании.

На рис. 13.13 показаны конструкции устройств для подачи СОЖ.

В зависимости от обрабатываемого материала заготовки рекомендуется применять следующие СОЖ: для чугуновых отливок и ковкого чугуна — 1 %-ный содовый раствор или 1,5 %-ный раствор эмульсола; для меди, конструкционной и легированной инструментальной стали — 1 %-ный содовый раствор, 1,5 %-ный раствор эмульсола или 0,5 %-ный содовый раствор, содержащий 0,5 % мыла; для бронзы и латуни — 1 %-ный содовый раствор, 1,5 %-ный раствор эмульсола или легкое минеральное масло; для дюралюминия, алюминия — 1 %-ный содовый раствор, легкое минеральное масло или эмульсию (15 % эмульсола, 5 % сульфозола, 5 % скипидара и 75 % воды). В качестве СОЖ применяют также углеродистые масла ОСМ-3, МР-1, эмульсии «Куринол-1», «Аквол-2» и др.

Шероховатость шлифуемой поверхности зависит от чистоты СОЖ, так как ее загрязнение приводит к засаливанию круга и как следствие к появлению прижогов. Для очистки СОЖ используют различные устройства: магнитный сепаратор; фильтры с пористым наполнителем; бумажную ленту, расположенную на сетке специального бака и перемещающуюся периодически по мере ее загрязнения.

13.15. ВИДЫ, ПРИЧИНЫ И ПРИЗНАКИ ИЗНОСА И ЗАСАЛИВАНИЯ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ

При шлифовании круг изнашивается. Износ круга — сложный физико-химический и механический процесс, зависящий от характеристики круга, свойств материала заготовки, режима обработки, свойств СОЖ и других факторов. В зависимости от условий шлифования и характеристик шлифовальных кругов они могут работать с самозатачиванием и с затуплением.

Самозатачивание круга заключается в том, что по мере затупления выступающих зерен возрастает сопротивление резанию, приводящее к полному или частичному вырыванию зерна из связки. Последняя при этом выкрашивается, и в работу вступают новые (острые) зерна. Таким образом рабочая поверхность круга непрерывно обновляется. Самозатачивающиеся круги не требуют восстановления их режущих свойств. Самозатачивание обеспечивает правильным выбором характеристики круга и режимов шлифования. Однако при этом не сохраняется геометрическая форма рабочей поверхности круга и его размерная стойкость, для обеспечения которой нужно периодически восстанавливать геометрическую форму круга.

Затупление круга характеризуется повышением давления на затупившиеся зерна при их внедрении в металл. В начале износа на поверхности зерна из-за его истирания образуется площадка. Зерно постепенно теряет свои режущие свойства и давление на него увеличивается. При росте давления происходит частичное или полное разрушение зерна. Если прочность связки невелика, то зерно целиком вырывается из связки и происходит самозатачивание (обновление) режущей части круга. При чистовом шлифовании, а также при шлифовании кругами высокой твердости самозатачивание отсутствует, поэтому при затуплении круга появляются вибрации, изменяется шероховатость шлифуемой поверхности, во избежание чего необходима правка круга.

Засаливанием круга называют такой вид его износа, при котором незатупившиеся зерна теряют режущую способность из-за наличия на их поверхности металла и засорения пор круга мелкой металлической пылью. Засаливание круга сопровождается резким повышением температуры в зоне резания. При затуплении зерен засаливание ускоряется, так как снимаемая стружка становится шире, тоньше и легче застревает в порах круга.

При засаливании снижается стойкость круга, возникают вибрации и дробление стружки. Вероятность засаливания круга тем больше, чем выше вязкость обрабатываемого материала (незакаленная сталь, бронза, латунь, алюминий и др.). Засаливания избегают правильным выбором характеристики круга. Затупление круга сопровождается появлением вибраций, ростом сил резания, увеличением уровня шума при шлифовании, ухудшением качества шлифуемой поверхности, увеличением погрешностей размеров и формы детали.

13.16. ПРАВКА ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ

Правкой называют процесс восстановления режущей способности шлифовального круга и его геометрической формы (размерная стойкость). Время работы круга между двумя правками называют *периодом стойкости* круга (примерно 3—15 мин для наружного круглого шлифования, 10—30 мин для бесцентрового шлифования, 1—8 мин для внутреннего круглого шлифования с продольной подачей). Период стойкости определяется размерами шлифуемой поверхности и круга, свойствами обрабатываемого материала, характеристиками круга, составом СОЖ, режимом резания и средствами правки.

Правку шлифовальных кругов выполняют алмазным инструментом (рис. 13.14, а); обкатыванием роликами (рис. 13.14, б); шлифованием кругами из карбида кремния (рис. 13.14, в). Правку шлифовальных кругов методом обтачивания осуществляют техническими алмазами, алмазно-металлическими карандашами, алмазными иглами и алмазно-металлическими инструментами из алмазных порошков (бруски, ролики, гребенки и др.). Алмазные кристаллы (0,25—1,5 кар и более) закрепляют в оправках пайкой, зачеканкой в медной оправке или механическим зажимом. Правят круги прямойшлифной и фасонного профиля. СОЖ подают на круг и на правящий инструмент до начала правки и при ее выполнении. Алмазно-металлические карандаши 1 (рис. 13.15) имеют форму цилиндра (длиной 45—55 и диаметром 6—14 мм), в котором размещена алмазная вставка 2, состоящая из скрепленных специальным сплавом алмазных зерен (0,03—0,01 кар). В зависимости от расположения зерен карандаши изготавливают трех типов: С — слоями (рис. 13.15, а); Ц — цепочкой вдоль оси карандаша в один слой (рис. 13.15, б); Н — неориентированное положение (рис. 13.15, в). Правку алмазными карандашами используют при чистовом шлифовании. Режим правки: глубина снимаемого слоя 0,04 мм на двойной ход; продольная подача не более 0,5 м/мин при рабочей скорости круга.

Алмазные ролики — инструмент, на внешней поверхности которого расположен алмазосодержащий слой. Этим

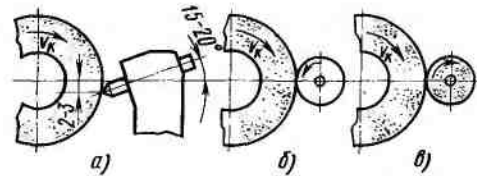


Рис. 13.14. Схемы правки шлифовальных кругов: а — алмазным инструментом, б — роликами, в — шлифованием

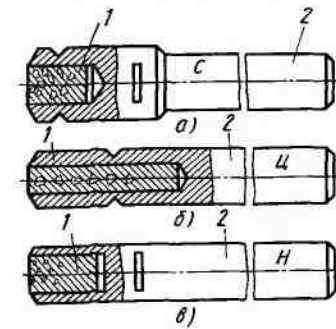


Рис. 13.15. Оправки технических алмазов для правки шлифовальных кругов

инструментом производят профилирование и правку шлифовальных кругов следующими способами: перемещающимся вдоль оси круга цилиндрическим роликом (рис. 13.16, а); перемещающимся в поперечном направлении фасонным роликом (рис. 13.16, б); цилиндрическим роликом, перемещающимся по контуру круга (рис. 13.16, в); фасонным роликом (рис. 13.16, г). Каждый ролик выдерживает 18—20 правок круга при толщине снимаемого слоя 0,03—0,04 мм. Правку роликами выполняют с рабочей скоростью круга. Ролику при этом сообщают принудительное вращение.

Для правки шлифовальных кругов сложного профиля применяют блок алмазных роликов, состоящих из нескольких соединенных друг с другом роликов различного профиля и диаметра. Правка кругов алмазными роликами обеспечивает малое отклонение формы деталей, хорошую размерную стойкость круга.

Правку алмазных кругов выполняют только при засаливании и при неравномерном их износе, а также для придания формы фасонным кругам. Правку производят шлифованием и обкатыванием абразивными кругами. Направление вращения алмазного и абразивного кругов — встречное. Съем алмазного слоя за одну правку 0,03 мм. Алмазные круги на органической связке правят абразивными кругами из зеленого карбида кремния на керамической основе при скорости круга 15—25 м/с. Алмазные круги на металлической связке правят абразивными кругами из зеленого кремния на керамической основе при скорости абразивного круга 25—30 м/с, скорости алмазного круга 40—50 м/с, продольной подаче 1,5—2,0 м/мин, поперечной подаче 0,02—0,03 мм/дв. ход.

Правку шлифовальных кругов выполняют также безалмазными инструментами — шлифовальными кругами (методом шлифования и обката) и твердосплавными дисками (методом шлифования). При правке методом шлифования (рис. 13.17, а) правящему кругу 2 сообщают принудительное вращение, а при правке методом обката круг 2 получает вращение от круга 1, который правят.

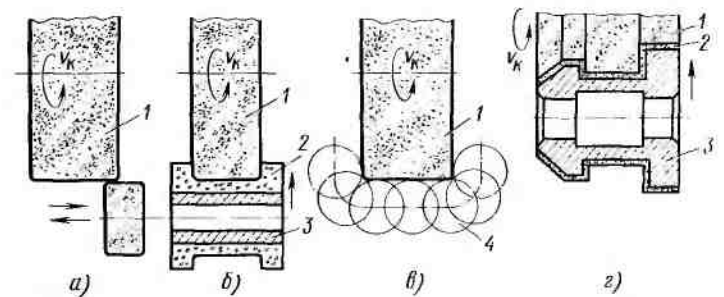


Рис. 13.16. Схемы правки шлифовальных кругов алмазными роликами:

1 — абразивный круг, 2 — алмазный слой, 2' — корпус ролика, 4 — траектория ролика

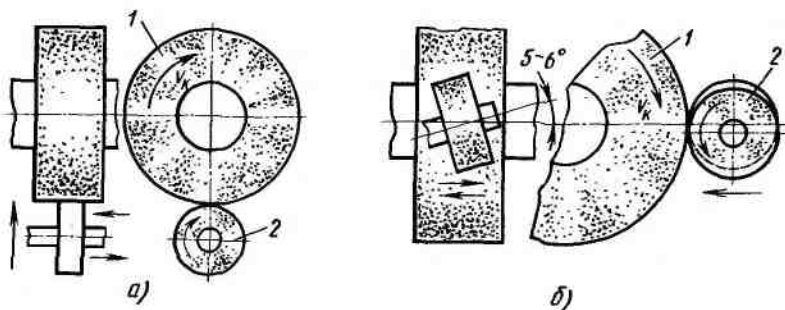


Рис. 13.17. Схемы безалмазной правки шлифовального круга:
а — методом шлифования, б — методом обката

13.17. КЛАССИФИКАЦИЯ ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

В эту группу входят металлорежущие станки, предназначенные для обработки абразивными инструментами. Шлифовальные станки обеспечивают точность обработки 6—7-го качества и шероховатость обрабатываемой поверхности $Ra = 1,25 \div 0,32$ мкм (обычное шлифование), $Ra = 0,38 \div 0,08$ мкм (точное шлифование) и $Ra = 0,08 \div 0,02$ мкм (отделочное шлифование). По классификатору группа шлифовальных станков обозначена цифрой 3 (первая цифра в обозначении модели). Вторая цифра указывает тип станка: 1 — круглошлифовальные (мод. 3161); 2 — внутришлифовальные станки (мод. 3228); 3 — обдирочно-шлифовальные (мод. 332); 4 — специализированные шлифовальные станки, например шлицшлифовальные (мод. 3451); 5 — не предусмотрено; 6 — заточные (мод. 364); 7 — плоскошлифовальные с прямоугольным (мод. 371) и круглым (мод. 3756) столом; 8 — притирочные и полировальные (мод. 3816); 9 — различные станки, работающие с использованием абразивного инструмента (мод. 395). Если необходимо указать, что данная конструкция станка модернизирована, то в условное обозначение вводят букву А (мод. 5А64). Шлифовальные станки делят на универсальные и специальные. В промышленности наиболее распространены шлифовальные станки нормальной (Н) и повышенной (П) точности.

13.18. ОСНОВНЫЕ УЗЛЫ И МЕХАНИЗМЫ ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

Шлифовальные станки, несмотря на большое разнообразие конструктивных исполнений, имеют общие основные типовые узлы: станину, стол, переднюю бабку, заднюю бабку, гидравлическое оборудование, электрооборудование и панель управления.

Станина является основной деталью станка, на которой размещены все его узлы. На станине устанавливают стол с Т-образными направляющими и привод для его возвратно-поступатель-

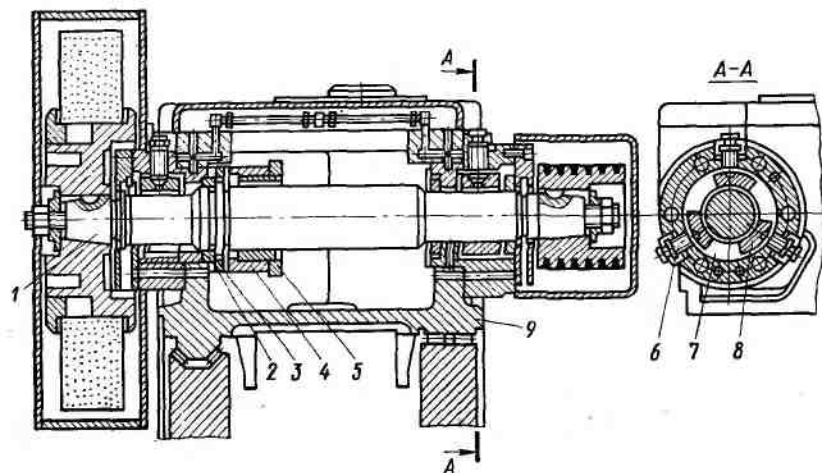


Рис. 13.18. Конструкция шлифовальной бабки круглошлифовального станка мод. 3М151

ных перемещений. Столы могут быть прямоугольными с возвратно-поступательным перемещением (круглошлифовальные станки), обеспечивающими продольную подачу, и круглыми (плоскошлифовальные станки), обеспечивающими круговую подачу. Отклонение от прямолинейности станин и столов 0,005 мм на 1000 мм длины, шероховатость поверхности $Ra = 0,2 \div 0,6$ мкм. В круглошлифовальных, внутришлифовальных и плоскошлифовальных станках применяют, как правило, комбинированные плоские и V-образные направляющие скольжения. Используются также шариковые и роликовые направляющие качения, гидравлические направляющие.

Шлифовальная бабка — важнейший узел каждого шлифовального станка. Она обеспечивает главное движение резания — вращение шлифовального круга и необходимую скорость этого движения.

На многих шлифовальных станках шлифовальная бабка осуществляет автоматическую или ручную поперечную подачу круга. Шлифовальная бабка состоит из корпусной детали 9, шпинделя и его привода (рис. 13.18). Шпиндель 1 вращается от электродвигателя, установленного на корпусе шлифовальной бабки, посредством клиноременной передачи. Опорами шпинделя являются два гидродинамических подшипника 7. Между шейками шпинделя 1 (при его вращении) и бронзовыми вкладышами 8 подшипника образуются масляные клинья. Зазор между шейками шпинделя и вкладышами регулируют винтами 6. Последние имеют сферическую опорную поверхность, что позволяет вкладышам 8 самоустанавливаться при работе узла. Осевые нагрузки воспринимаются (от буртика на шпинделе) бронзовыми кольца-

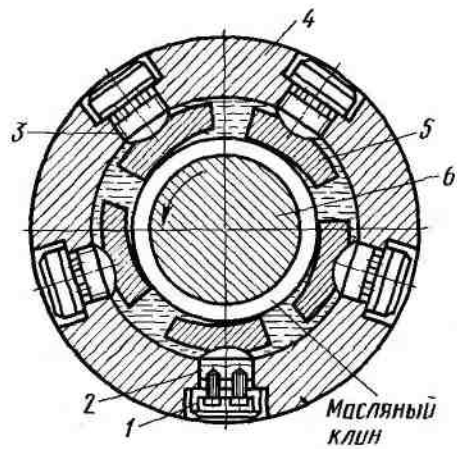


Рис. 13.19. Конструкция гидродинамического подшипника скольжения

ми 2, 3 и корончатой гайкой 4, фиксируемой контргайкой 5. В поперечном направлении шлифовальная бабка перемещается по направляющим качения. Направляющие качения и гидравлические направляющие

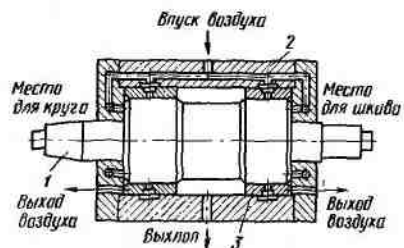


Рис. 13.20. Конструкция аэростатического подшипника круглошлифовального станка

обеспечивают минимальные подачи порядка 0,001—0,002 мм.

Шпиндель шлифовального круга — одна из ответственных деталей любого шлифовального станка. К шпинделям предъявляют высокие требования по жесткости, виброустойчивости, прочности и износостойкости трущихся поверхностей. Шпиндель установлен в подшипниках в корпусе шлифовальной бабки (рис. 13.18). Опоры шпинделя должны обеспечивать его стабильное положение под нагрузкой как в осевом, так и в радиальном направлении в процессе длительной эксплуатации. Опорами шпинделей являются подшипники скольжения и качения. Применяют также гидродинамический подшипник скольжения (рис. 13.19). Во втулке 4 размещены пять самоустанавливающихся вкладышей 5, каждый из которых опирается на сферическую опору в виде штыря 3. Последний закреплен во втулке винтами 2 с шайбой 1. Вкладыши устанавливают сферическими опорами в направлении вращения шпинделя б и в направлении его оси. В прецизионных шлифовальных станках применяют гидростатические подшипники, преимуществами которых (по сравнению с гидродинамическими) являются независимость положения оси шпинделя от частоты его вращения и вязкости масла и постоянство оси вращения шпинделя (биение оси шпинделя не превышает 0,1 мкм). В шлифовальных станках применяют также аэростатические подшипники (рис. 13.20). Шпиндель 1 взвешивается в потоке сжатого воздуха, который подается от воздушной сети через внутренние каналы корпуса 2 и отделяется таким образом от поверхности подшипника 3. Вследствие этого уменьшаются износ и нагрев подшипников, трение и обеспечивается стабильное положение шпинделя.

Передняя бабка шлифовальных станков, служащая для уста-

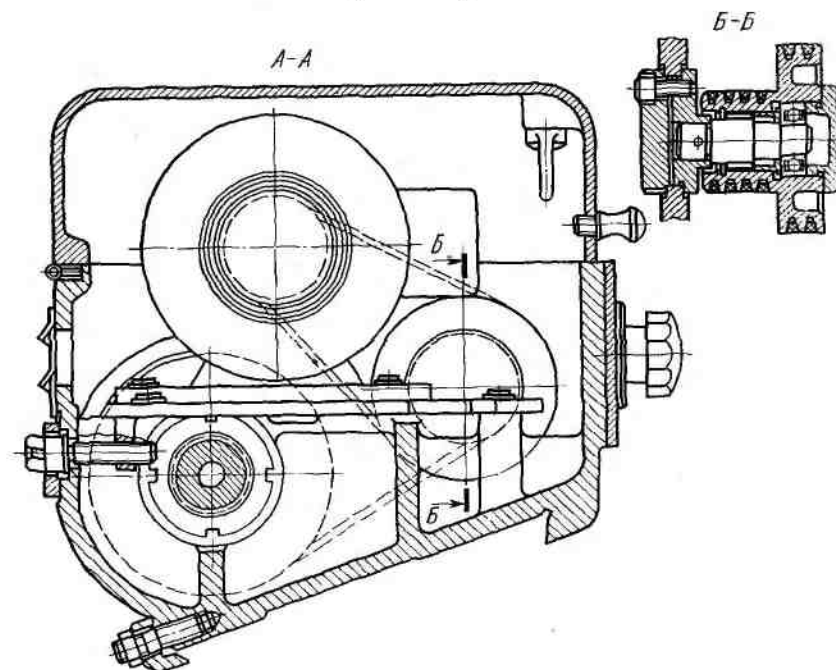
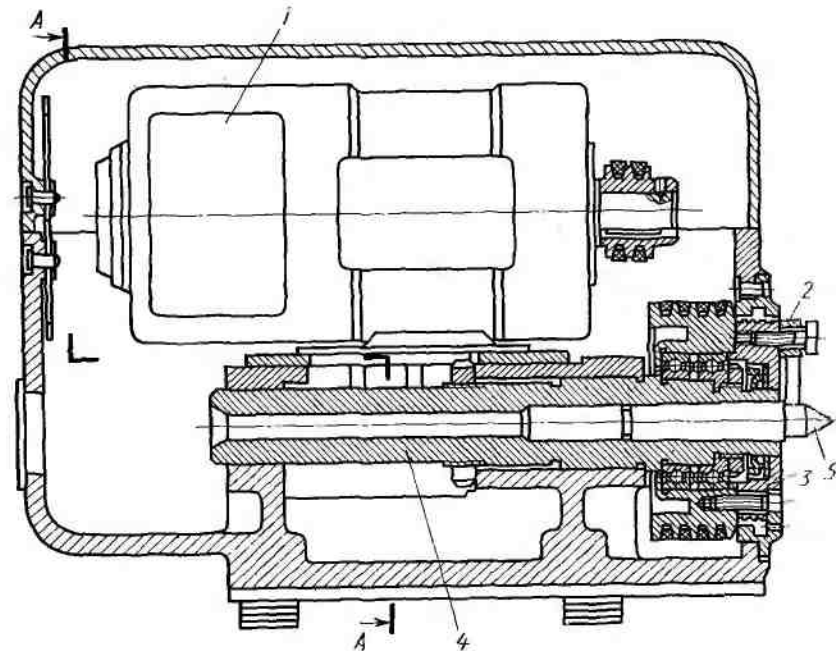


Рис. 13.21. Конструкция передней бабки круглошлифовального станка

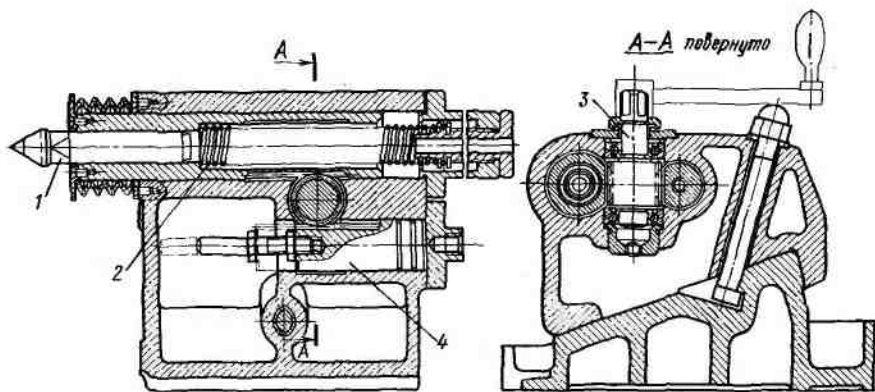


Рис. 13.22. Конструкция задней бабки круглошлифовального станка

новки и закрепления заготовки и передачи ей вращательного движения, располагается на столе станка. Шпиндель 4 (рис. 13.21) передней бабки круглошлифовального станка неподвижен, а заготовка получает вращение от электродвигателя 1 через две клиноремные передачи, планшайбу 3 и поводок 2. Частота вращения планшайбы регулируется. В шпиндель устанавливают центр 5.

Задняя бабка (рис. 13.22) имеет пиноль, в отверстии которой установлен задний центр 1, поддерживающий второй конец заготовки при ее установке в центрах (передний центр установлен в передней бабке). Осевое усилие при закреплении заготовки обеспечивается пружиной 2. Отвод пиноли производят рукояткой 3 или плунжером 4 посредством реечной передачи.

В шлифовальных станках широко применяются гидравлические приводы. В качестве рабочих жидкостей используют минеральные масла (Индустриальное 12 и 20). Гидравлический привод стола круглошлифовального станка (рис. 13.23) работает так: масло из резервуара 1 через всасывающий трубопровод насоса 3 и обратный клапан 5 поступает в гидрораспределитель (золотник) 6, а затем (по трубопроводу 8) в левую полость гидроцилиндра 10, двухсторонний шток которого связан со столом 11. Происходит перемещение стола слева

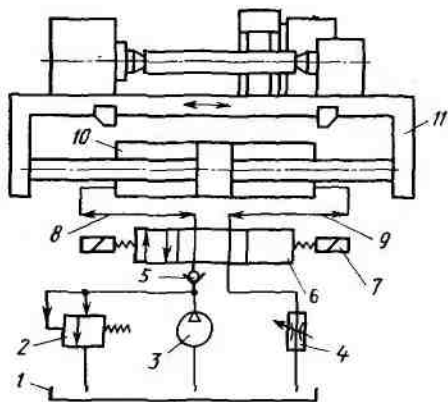


Рис. 13.23. Схема гидравлического привода стола круглошлифовального станка

направо. При этом масло правой полости гидроцилиндра по трубопроводу 9 через гидродроссель 4 возвращается в резервуар 1. Для перемещения стола справа налево соленоид 7 перемещает гидрораспределитель 6. Предохранительный клапан 2 служит для выпуска масла при повышении давления в системе. Для подачи жидкости (в гидравлическую систему шлифовального станка) применяют шестеренчатые, пластинчатые и поршневые насосы. Для контроля и регулирования количества и давления масла применяют различные контрольно-регулирующие устройства: обратные, предохранительные, редукционные клапаны, дроссели, регуляторы скорости и т. д.

13.19. КРУГЛОЕ НАРУЖНОЕ ШЛИФОВАНИЕ

Этот вид шлифования применяют для обработки наружных поверхностей деталей типа тел вращения с прямолинейными образующими. В качестве технологических баз используют центровые отверстия или наружные цилиндрические поверхности. В зависимости от направления поступательного движения подачи различают следующие способы шлифования.

Врезное шлифование: обеспечивается движением продольной подачи $s_{пр}$ в одном направлении, перпендикулярном к оси обрабатываемой заготовки, которая шлифуется при ее вращении.

Осциллирующее шлифование (продольными рабочими ходами): шлифовальный круг или заготовка наряду с вращательным движением совершают возвратно-поступательное движение, предназначенное для обработки поверхностей значительной длины, превышающей высоту шлифовального круга. В конце двойного или каждого прохода круг подают на установленную глубину шлифования или величину поперечной подачи.

Шлифование уступами (комбинация врезного и осциллирующего шлифования): отдельные участки поверхности (уступы) заготовки обрабатывают последовательно врезанием круга, уступы при этом должны перекрывать друг друга. Оставшуюся часть припуска затем снимают осциллирующим шлифованием.

Глубинное шлифование может быть как с продольной, так и с поперечной подачей. При шлифовании с продольной подачей весь (или почти весь) припуск снимают за один проход круга. Последний правят ступенькой или на конус. При шлифовании с поперечной подачей заготовке сообщают медленное вращение. Круг врезается в заготовку с увеличенной подачей на всю (или почти всю) величину припуска и за время одного оборота заготовки снимается весь припуск. Схема обработки аналогична врезному шлифованию периферией круга. При многокруговом наружном шлифовании одной или нескольких заготовок подача круга осуществляется перпендикулярно к оси заготовки или под некоторым углом к ней. Выбор способа шлифования определяется типом производства, конструкцией детали, величиной припуска и требованиями к точности и качеству обработки.

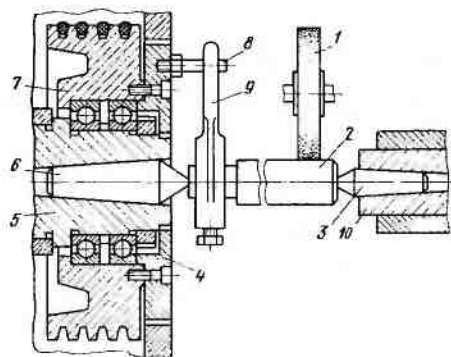


Рис. 13.24. Установка заготовки в неподвижных центрах круглошлифовального станка

По интенсивности съема припуска все операции круглого наружного шлифования подразделяются на обдирочное, предварительное и тонкое шлифование.

Обдирочное шлифование применяют для удаления с заготовок дефектного слоя (толщиной более 1 мм на диаметр) после литья,ковки, штамповки, прокатки. Скорость круга $v_k = 35 \div 60$ м/с и более; точность обработки 8—9-го качества, шероховатость обработанной поверхности $R_a = 2,5 \div 5$ мкм.

Предварительное шлифование выполняют после токарной обработки, но перед термической обработкой заготовки. Скорость круга $v_k = 40 \div 60$ м/с; точность обработки 6—9-го качества, $R_a = 1,2 \div 2,5$ мкм.

Окончательное шлифование производят после термической обработки заготовки при $v_k = 35 \div 40$ м/с. Точность обработки 5—6-го качества; $R_a = 0,2 \div 1,2$ мкм.

Тонкое шлифование (припуск 0,05—0,1 мм на диаметр) предназначено для обеспечения малой шероховатости поверхности ($R_a = 0,025 \div 0,1$ мкм). В индивидуальном производстве шлифование выполняют обычно за одну операцию, в серийном и массовом — за одну, две и более операций (в зависимости от величины припуска, требований к точности и качеству поверхности). Режимы шлифования приводятся в справочниках.

Установка и крепление заготовок на станке. Для установки

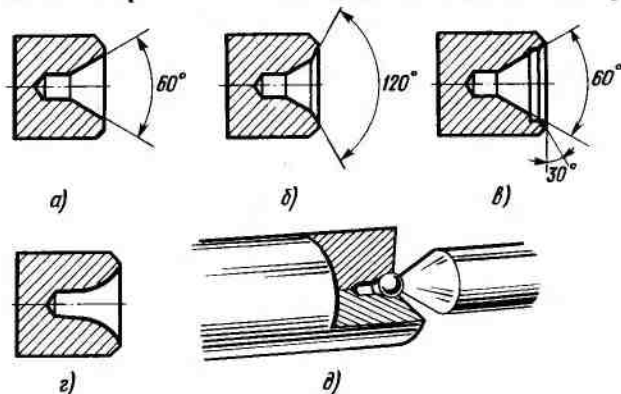


Рис. 13.25. Центровые отверстия:

а — без предохранительного конуса, б — с предохранительным конусом, в — с предохранительной выточкой, г — с криволинейной образующей, д — со сферической поверхностью центра

и зажима заготовок при круглом наружном шлифовании используют различные патроны и оправки, поводковые и другие приспособления. Установка заготовки 2 (рис. 13.24) в невращающихся переднем 6 и заднем 3 центрах исключает влияние на точность обработки (кругом 1) подшипников и шпинделя. Центр 6 установлен в коническом отверстии шпинделя 5 передней бабки, а центр 3 — в коническом отверстии пиноли 10 задней бабки. Вращение заготовке передается от электродвигателя через шкив 7 клиноременной передачи посредством поводкового диска 4, пальца 8 и хомутика 9. Размеры применяемых центров стандартизованы (их различают по номерам). На торцах заготовки выполняют центровые отверстия (рис. 13.25). Конические поверхности этих отверстий сопрягаются с коническими поверхностями центров 3 и 6. Угол при вершине конуса центрального отверстия обычно равен 60° (рис. 13.25, а). В ряде случаев для предохранения основной посадочной поверхности от повреждений выполняют предохранительный конус с углом 120° (рис. 13.25, б). При повышенных требованиях к точности обработки выполняют цилиндрическую предохранительную выточку (рис. 13.25, в). Для снижения погрешности обработки, повышения точности установки заготовки применяют центровые отверстия с криволинейной образующей (рис. 13.25, г) и сферические отверстия (рис. 13.25, д). Заготовки, имеющие на торце отверстия или выточки диаметром более 15 мм, обрабатывают в грибовидных центрах. Центровые

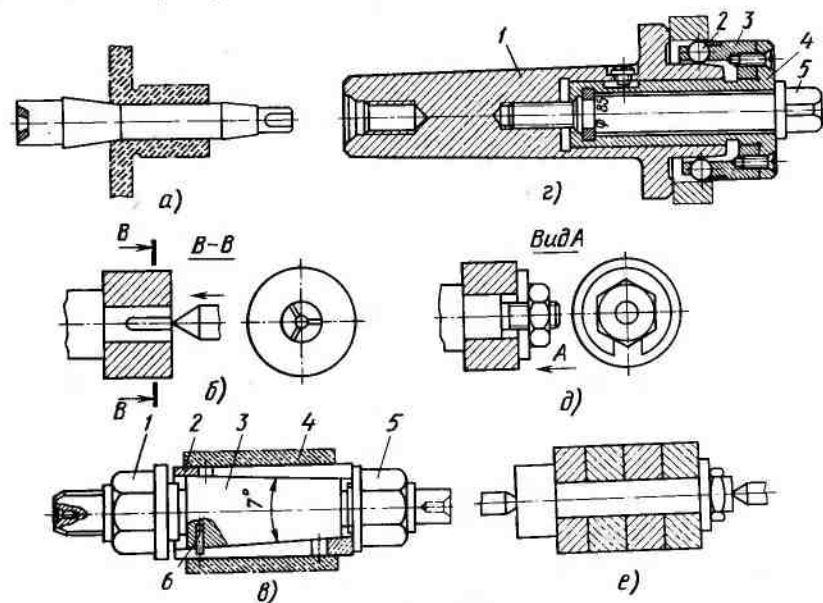


Рис. 13.26. Оправки:

а — жесткая с прессовой посадкой, б, в — разжимные; 1, 5 — гайки, 2 — цапга, 3 — корпус, 4 — заготовка, 6 — штифт; г — разжимная со скользящей посадкой и закреплением гайкой; 1 — оправка, 2 — шарики, 3 — сепаратор, 4 — втулка, 5 — винт; д, е — жесткие для одной и нескольких заготовок

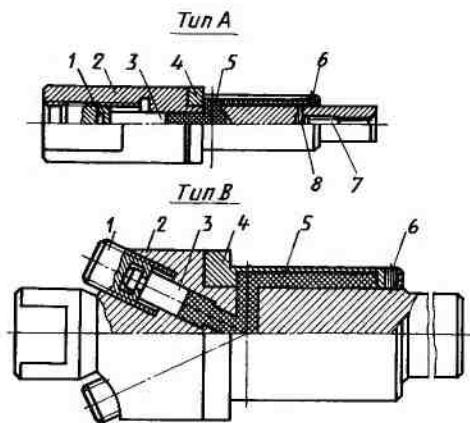


Рис. 13.27. Оправка с гидропластовым зажимом.

отверстия смазывают для уменьшения трения центров с заготовкой. Длина выступающей части заднего центра должна превышать на 10—12 мм высоту шлифовального круга для обеспечения свободного его выхода из контакта с заготовкой в момент реверсирования продольного перемещения стола. Тяжелые детали и детали с отверстиями, имеющие узкие центровочные фаски, обрабатывают на вращающихся центрах.

Заготовки с отверстиями шлифуют на оправках. Конструкции оправок разнообразны. По способу крепления на станке оправки подразделяют на центровые (рис. 13.26, а, б, в) и консольные (рис. 13.26, г, д); по способу установки заготовки — на жесткие (рис. 13.26, а, д, е) и разжимные (рис. 13.26, б, в, г). Центровые отверстия оправок должны быть точно обработаны и закалены. Разжимные оправки применяют при обработке тонкостенных заготовок. У цанговых оправок (рис. 13.26, в) цанга 2 с продольными прорезями, перемещаясь гайкой 5 по конусу 3, упруго разжимается и крепит заготовку 4. Штифт препятствует ее повороту, а гайка 1 служит для снятия заготовки. Консольная шариковая оправка (рис. 13.26, г) предназначена для установки и закрепления коротких заготовок. На них можно зажимать заготовки с разницей в диаметре 5 мкм. Под действием винта 5 сепаратор перемещается и шарики раздвигаются, центрируя заготовку и одновременно поджимая ее к осевому упору.

К разжимным относятся оправки с гидравлическим или гидропластовым зажимом (рис. 13.27). Зажим заготовки происходит вследствие деформации тонкостенного цилиндра, находящегося под равномерным давлением. На корпус напрессована втулка 2 и центрирующая втулка 4, зафиксированная винтом 6. Между корпусом и втулкой залит гидропласт 5. Усилие зажима передается плунжером 3 через винт 1.

Передача крутящего момента от планшайбы станка к оправкам с заготовками осуществляется различными поводками, хомутиками и патронами (рис. 13.28), в том числе самоцентрирующимися трехкулачковыми, мембранными и т. д. Использование патронов с самозажимающимися кулачками сокращает время закрепления заготовок. При закреплении оправки с заготовкой в центрах (рис. 13.28, г) (положение II) зажимные кулачки 3, перемещаясь в радиальном направлении по прорези, поворачи-

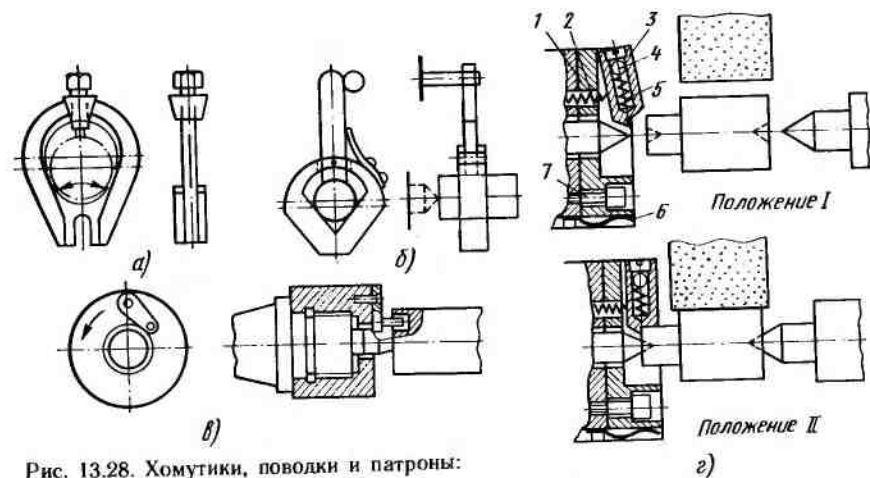


Рис. 13.28. Хомутики, поводки и патроны:

а — винтовой хомутик, б — самозажимающийся хомутик, в — торцовый поводок, г — поводковый патрон с самозажимающимися кулачками

ваются на оси 4 и сжимают пружины 2 и 5. Головка 1 также занимает равновесное положение, так как она может перемещаться по торцовой поверхности патрона в пределах зазора между отверстиями и болтами 7. В свободном состоянии (положение I) равновесное состояние головки 1 обеспечивается плоскими пружинками 6.

Установка заготовок с отверстием в мембранных патронах обеспечивает высокую точность обработки (рис. 13.29). Заготовку 6 устанавливают на кулачки 5, закрепленные на мембранном диске 4, соединенном с планшайбой 3 на шпинделе 2 станка. При движении штока 1 (связанного с гидро- или пневмоцилиндром) справа налево диск 4 прогибается. Это приводит к сближению кулачков к центру, что обеспечивает установку заготовки по отверстию. При перемещении штока в исходное положение кулачки зажимают заготовку по отверстию.

При шлифовании длинных заготовок (ходовые винты, штоки гидроцилиндров и т. д.) под действием силы резания возникает прогиб заготовки из-за ее недостаточной жесткости. Для

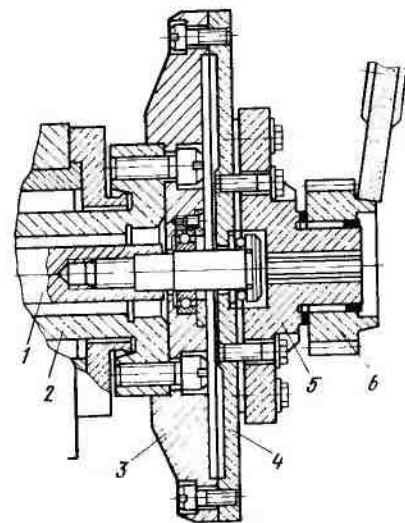


Рис. 13.29. Мембранный патрон

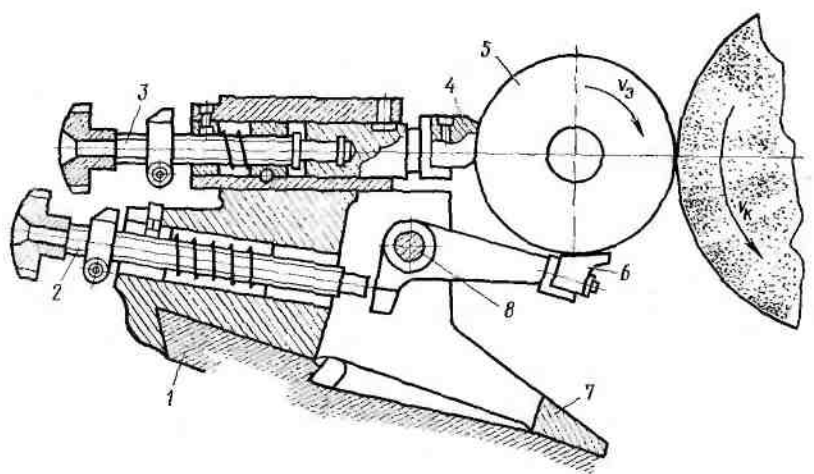


Рис. 13.30. Люнет круглошлифовального станка

устранения прогиба применяют один или несколько люнетов — дополнительных опор для шлифуемой заготовки. Конструкции люнетов разнообразны. Корпус 7 (рис. 13.30) регулируемого люнета для круглошлифовального станка устанавливают на его столе 1. Колодки 4, 6 служат для восприятия радиальной и касательной составляющей силы резания при поддержке заготовки 5. Колодку 4 подводят к заготовке винтом 3, а колодку 6 — винтом 2 и двухплечим рычагом, расположенным на оси 8. Колодки изготовляют из дерева или цветного металла во избежание повреждения шлифуемой поверхности.

13.20. КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ И ИХ НАЛАДКА

Промышленность выпускает круглошлифовальные станки классов точности П, В и А. Для этих станков регламентированы допуски на геометрическую точность шлифуемых образцов и шероховатость их поверхности. Станки обеспечивают круглость 0,3 мкм на образце диаметром 100 мм и шероховатость $Ra = 0,04$ мкм. Как правило, на современных прецизионных круглошлифовальных станках цикл шлифования автоматизирован. Автоматическое управление режимами обработки обеспечивает стабильное качество шлифуемых поверхностей. Общий вид и кинематическая схема универсального круглошлифовального станка мод. ЗУ131 показаны на рис. 13.31 и 13.32. Станок предназначен для единичного, мелкосерийного и серийного производства. Заготовка может устанавливаться и крепиться в невращающихся центрах, в патроне или в планшайбе.

Движение исполнительных органов станка осуществляется от ряда электродвигателей посредством механических и гидравлических устройств. Шпиндель шлифовального круга вращается че-

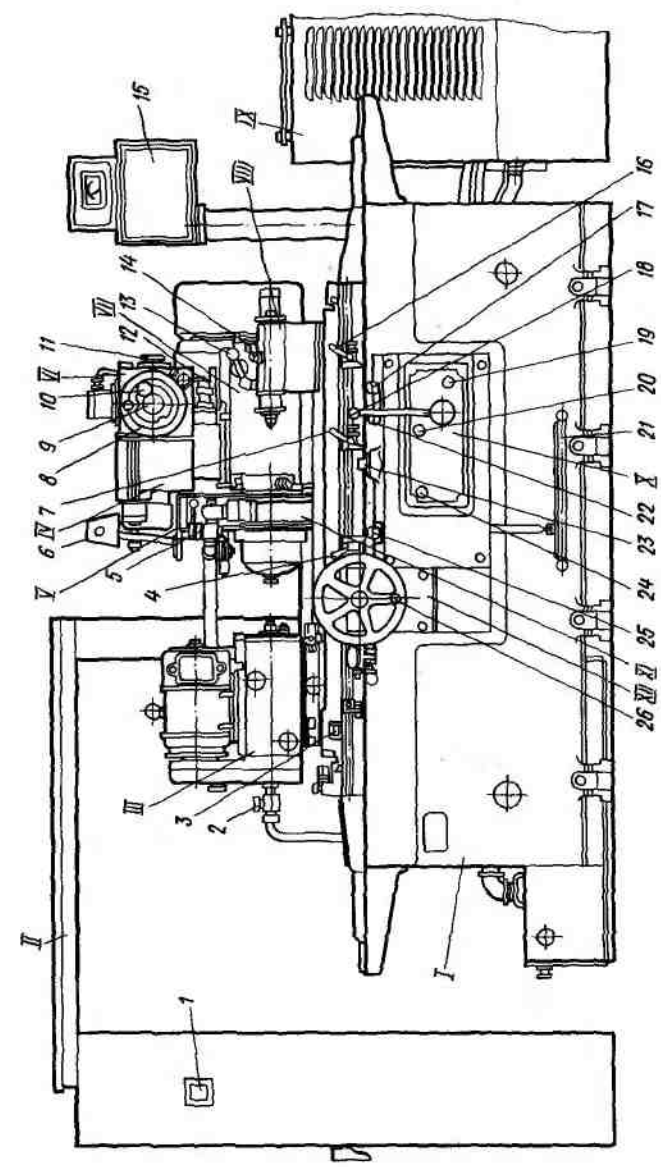
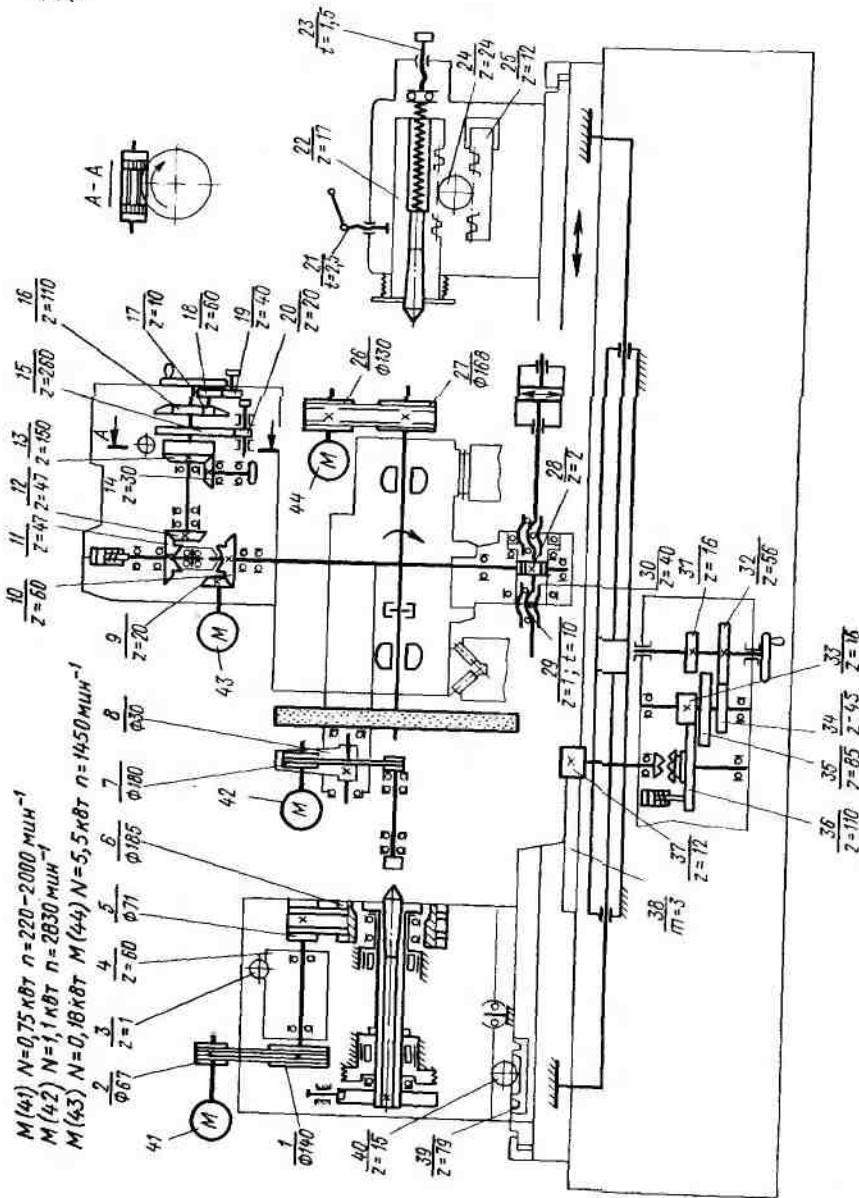


Рис. 13.31. Общий вид и органы управления круглошлифовального станка мод. ЗУ131:

I — станок, II — электрооборудование, III — передняя бабка, IV — приспособление для внутреннего шлифования, V — кожух шлифовального круга, VI — механизм подачи шлифовального круга, VII — шлифовальная бабка, VIII — задняя бабка, IX — система гидропривода и смазывания, X — система гидроуправления, XI — шлифовальный круг, XII — механизм ручного перемещения стола, XIII — задняя бабка, XIV — задняя бабка, XV — задняя бабка, XVI — задняя бабка, XVII — задняя бабка, XVIII — задняя бабка, XIX — задняя бабка, XX — задняя бабка, XXI — задняя бабка, XXII — задняя бабка, XXIII — задняя бабка, XXIV — задняя бабка, XXV — задняя бабка.

Рис. 13.32. Кинематическая схема станка мод. 3У131



Техническая характеристика станка мод. 3У131

Наибольший диаметр наружной шлифуемой поверхности, мм:	
при установке люнета	60
без люнета	280
Наибольшие размеры (диаметр × длина) обрабатываемого отверстия, мм	100 × 125
Наибольшие размеры (диаметр × длина) обрабатываемой детали, мм	280 × 700
Высота центра, мм	185
Размеры шлифовального круга, мм	600 × 50 × 305
Мощность привода шлифовальной бабки, кВт	5,5

рез клиноременную передачу 26, 27 (рис. 13.32) от электродвигателя 44. Вращение заготовки производится от электродвигателя 41 через двухступенчатую клиноременную передачу (со шкивами 1, 2 и 5, 6) на планшайбу. Натяжение ремней регулируют поворотом промежуточного вала в эксцентриковых опорах червячной передачей 3, 4. Частота вращения заготовки (регулируемое бесступенчатое) 4—400 об/мин.

Шпиндель приспособления для внутреннего шлифования вращается через ременную передачу 7, 8 от электродвигателя 42. Электродвигатель 43 приводит в движение механизм быстрого перемещения шлифовальной бабки (для подвода ее к заготовке) посредством конической передачи 9, 10, вертикального вала механизма подачи, соединенного с червяком 28 червячного колеса 30, и передачи 29 винт — гайка качения. Электродвигатель 43 в крайних положениях шлифовальной бабки отключается с помощью упоров. Поперечная подача шлифовальной бабки осуществляется вращением маховичка, поворот которого передается через коническую передачу 12, 11 на вертикальный вал, червячную передачу 28, 30 к винту — гайке качения 29.

Тонкая доводочная подача выполняется вращением другого маховичка при передаче вращения на вертикальный вал через конические передачи 14, 13 и 12, 11. Настроечные перемещения выполняются зубчатыми передачами 15—20. От маховичка через реечную передачу 37, 38 и двухскоростной зубчатый редуктор (с колесами 31, 35, 32, 34, 33, 36) осуществляется ручное перемещение стола. Меньшая скорость движения стола включается перемещением маховичка на себя, при этом в зацеплении находятся колеса 31, 35. Пиноль 22 постоянно поджата пружиной, натяжение которой регулируют винтом 23. Пиноль зажимается рукояткой и винтом 21. Отвод пиноли выполняется от гидропривода посредством реечной передачи 25, 24. Пиноль может также отводиться вручную накидной рукояткой. Поворотный корпус центрируется на оси основания через сферический подшипник. Поворот осуществляется вручную через передачу 39, 40. Положение бабки фиксируется упорами.

Расположение органов управления этого станка показано на рис. 13.31, а пульт управления изображен на рис. 13.33. Ручное

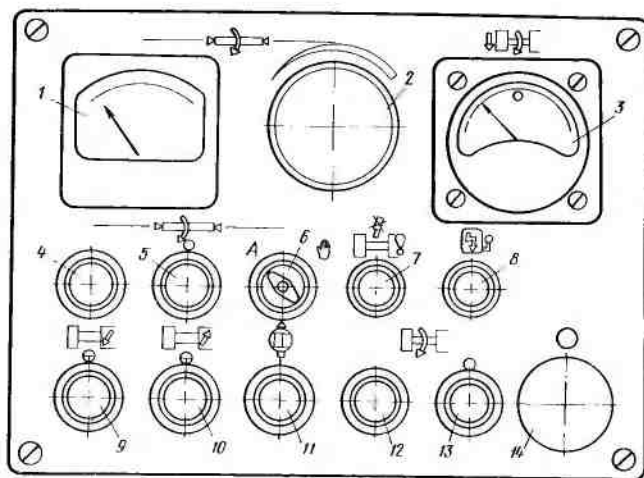


Рис. 13.33. Пульт управления круглошлифовального станка мод. 3У131:
 1 — указатель, 2 — регулятор, 3 — указатель нагрузки двигателя шлифовального круга, 4 — кнопка включения привода, 5 — кнопка выключения привода заготовки, 6 — переключатель пуска вращения заготовки, 7 — сигнальная лампа отсутствия смазки, 8 — сигнальная лампа включения сети, 9, 10 — кнопки установочного перемещения шлифовальной бабки вперед и назад, 11 — кнопка включения гидронасоса, 12, 13 — кнопки включения и выключения привода круга, 14 — кнопка «общий стоп».

перемещение (см. рис. 13.31) осуществляют маховиками 26 и 8 и рукояткой 11. Управление движением исполнительных органов станка осуществляют с помощью пульта управления и рукояток 18, 19, 22, 23, 17, 20, 24, крана 25 установки величины периодической подачи слева, справа и на каждый ход стола. Отвод пиноли задней бабки осуществляют педалью 21 при гидравлическом приводе или валом 14 при ручном отводе. Пиноль зажимают рукояткой 13. Верхний стол поворачивают винтом 3. Лимб подачи шлифовальной бабки настраивают рукояткой 9 и фиксируют винтом 10. Приспособление для внутреннего шлифования закрепляют в нерабочем отведенном положении фиксатором 12. Рукоятки 5, 2 служат для поворота кранов при наружном и внутреннем охлаждении.

Наладкой называют подготовку станка и технологической оснастки к выполнению технологической операции. Конкретные условия наладки и настройки станка приводятся в инструкции, прилагаемой к каждому станку. Вначале нужно подготовить к пуску системы электрооборудования, смазывания, гидронасоса и охлаждения. Затем необходимо выбрать шлифовальный круг, установить и закрепить его на станке, провести балансировку и правку круга. Нужно проверить безотказность срабатывания кнопок «Пуск» и «Стоп» сигнальных лампочек и блокировок исполнительных органов станка. Станок необходимо прогнать на холостом ходу 15–20 мин. При установке центров отверстия пиноли передняя бабки и пиноли задней бабки должны быть

чистыми и сухими. Хвостовики центров должны плотно прилегать к поверхностям этих отверстий. Задний центр должен выступать из пиноли на величину, равную не менее 1,5 высоты круга.

При выверке центров заднюю бабку перемещают к передней. При совпадении верхних центров бабок можно их устанавливать по длине шлифуемой заготовки. Если центры не совпадают, то бабку поворачивают влево или вправо от нуля, добиваясь совпадения вершин центров. Перед установкой заготовки нужно проверить, не повреждены ли поверхности центров. Давление пружины заднего центра проверяют при провертывании вручную. Если заготовка вращается со значительным усилием, то заднюю бабку перемещают вправо. Если заготовка проворачивается очень легко, то ее поджимают центром задней бабки. Если заготовка имеет значительную длину, необходимо установить упоры.

После установки заготовки расставляют упоры для измерения направления движения стола. Упоры продольной подачи располагают так, чтобы круг при шлифовании не задевал за хомутки и не выходил из контакта с заготовкой. Установленные упоры нужно жестко закрепить. Чтобы установить взаимное расположение круга и заготовки, в центры устанавливают эталонную деталь. Левый торец ее используют как базу для установки шлифовальной бабки. При любой длине шлифуемой заготовки положение этого торца остается неизменным.

Перед пробным шлифованием вначале включают электродвигатель шлифовального круга, затем электродвигатель вращения заготовки. Потом подводят круг к заготовке до появления искры и вручную перемещают стол. Выполнив два-три прохода, включают автоматическую подачу и после пробного шлифования измеряют диаметры заготовки у обоих ее торцов. Если есть конусность, то выверяют положение стола, добиваясь цилиндричности обрабатываемой поверхности.

Настройку механизма поперечной подачи осуществляют при неподвижном маховичке. Круг подводят к заготовке и устанавливают лимб так, чтобы число делений между нулевой риской на корпусе механизма поперечной подачи и нулевой риской лимба соответствовало половине припуска на диаметр заготовки. Затем лимб закрепляют. Это обеспечивает выключение автоматической поперечной подачи упором при совпадении указанных рисок. На последнем этапе наладки проверяют ограждение заготовки, крепление защитных кожухов вращающихся приводов.

13.21. ШЛИФОВАНИЕ НАРУЖНЫХ КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Конусность $K = (D - d)/L = 2tg\alpha$ (рис. 13.34), где D и d — соответственно диаметр большого и малого основания конуса, L — длина конуса. Уклон $i = K/2$.

На круглошлифовальных станках конические поверхности шлифуют путем поворота стола, передней бабки или бабки шлифовального круга. Шлифование поверхностей с небольшой конус-

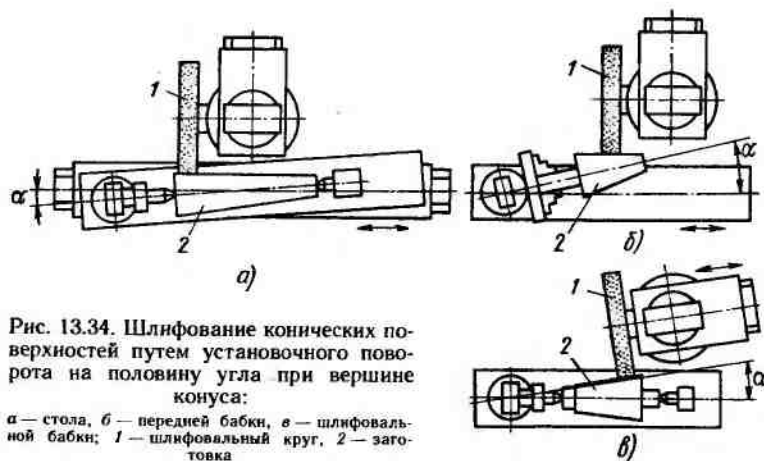


Рис. 13.34. Шлифование конических поверхностей путем установочного поворота на половину угла при вершине конуса:
 а — стола, б — передней бабки, в — шлифовальной бабки; 1 — шлифовальный круг, 2 — заготовка

ностью ($2\alpha = 12 \div 14^\circ$) не требует сложной наладки: стол поворачивают на угол α относительно оси шлифовального шпинделя (см. рис. 13.34). Движение подачи сообщают шлифовальному кругу 1 (рис. 13.34, в) или заготовке (рис. 13.34, а, б). Для шлифования в центрах заготовок с большой конусностью применяют специальное приспособление (рис. 13.35, а), а для шлифования в патроне поворачивают переднюю бабку на требуемый угол (рис. 13.35, б). Шлифование усеченных конусов с углом до 60° небольшой высоты при установке заготовки в центрах выполняют методом врезания при повернутой шлифовальной бабке (рис. 13.35, в).

13.22. ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ДЕФЕКТОВ КРУГЛОГО НАРУЖНОГО ШЛИФОВАНИЯ

Дробление и огранка возникают из-за плохой балансировки круга, повышенной твердости или мелкой зернистости круга, некачественной правки круга, износа центров, неправильного крепления круга.

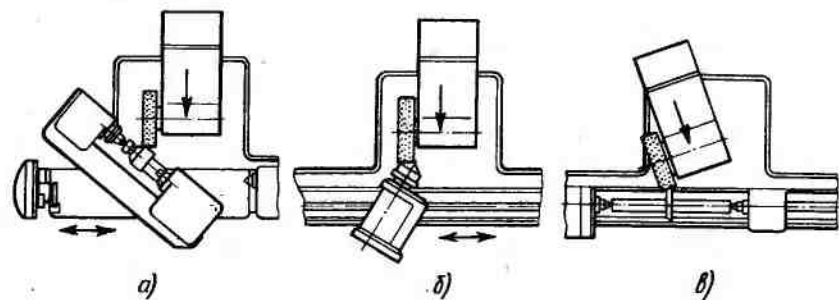


Рис. 13.35. Схема наладки станка для шлифования поверхности с большой конусностью

Для устранения рисок и царапин на обработанной поверхности необходимо применять круги в соответствии с условиями работы, тщательно править их, очищать СОЖ.

Для предупреждения прижогов используют более мягкие круги, увеличивают частоту вращения заготовки, снижают поперечную подачу, увеличивают подачу СОЖ.

Отклонение от цилиндричности устраняют путем регулировки давления на центры, увеличения подачи СОЖ, регулировки положения центров.

Отклонение от прямолинейности может возникнуть из-за оспания круга и недостаточной жесткости динамической системы станка. Методы предупреждения: правка круга, установка дополнительного люнета, увеличение числа ходов выхаживания.

13.23. КРУГЛОЕ ВНУТРЕННЕЕ ШЛИФОВАНИЕ

Оно предназначено для обработки внутренних поверхностей цилиндрической или конической формы с прямолинейной образующей. На внутришлифовальных станках используют следующие методы шлифования отверстий: с продольной подачей (рис. 13.36, а, б); врезное с поперечной подачей (рис. 13.36, в, г); врезное с дополнительным осциллирующим движением (рис. 13.36, в); с планетарным движением шлифовального круга (рис. 13.36, д). Шлифование с продольной подачей обеспечивает более высокую точность и меньшую шероховатость обработанной поверхности. Врезной метод используют при обработке коротких и глухих отверстий. При планетарном движении шлифовальный шпиндель 1 кроме вращения вокруг своей оси получает вращательное движение относительно оси шлифуемого отверстия заго-

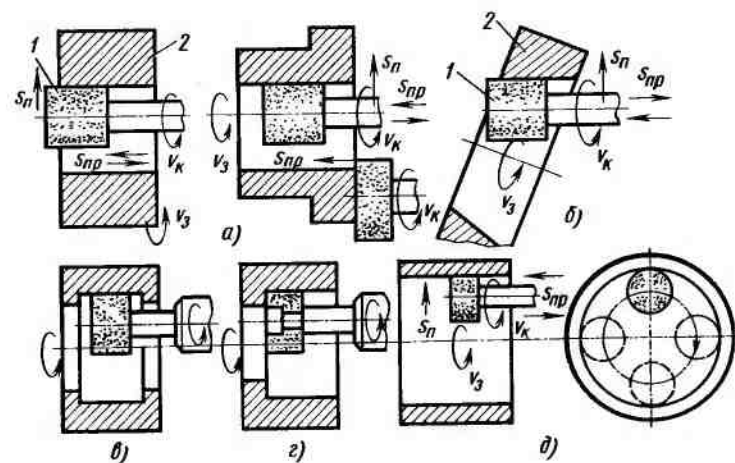


Рис. 13.36. Схемы круглого внутреннего шлифования

товки 2 от специального устройства станка. Внутреннюю коническую поверхность отверстия шлифуют путем поворота бабки с заготовкой на угол α (рис. 13.36, б). Для шлифования отверстия и торца заготовки с одной установки (рис. 13.36, а) на передней бабке станка устанавливают качающееся приспособление с торцовым кругом 3. При внутреннем шлифовании диаметр шлифовального круга всегда меньше диаметра шлифуемого отверстия. Круги из-за малого диаметра быстро изнашиваются и требуют частой правки. Необходимо применять высокую частоту вращения шпинделя шлифовального круга, чтобы обеспечить оптимальную скорость резания.

Диаметр шлифовального круга выбирают наибольшим, допустимым по условию его размещения в обрабатываемом отверстии диаметром d : $(0,75-0,85)d$ при $d = 50 \div 150$ мм и $(0,85-0,95)d$ при $d = 30 \div 45$ мм. При внутреннем шлифовании применяют более мягкие круги, чем при наружном, так как дуга контакта в первом случае больше, чем во втором. При внутреннем шлифовании достигают точность отверстия 7-го качества, шероховатость $Ra = 0,16 \div 0,63$ мкм. Припуски на шлифование, как правило, на 50 % меньше, чем при круглом наружном шлифовании.

СОЖ подают через специальные сопла, расположенные близко к зоне резания, или через поры круга. Рекомендуемые режимы обработки: $v_k = 25 \div 60$ м/с при шлифовании углеродистых и низколегированных сталей; $v_k = 1,5 \div 25$ м/с при шлифовании высоколегированных и закаленных сталей; $v_k = 20 \div 30$ м/с при шлифовании чугунов. Скорость заготовки $v_z = (0,015 \div 0,03) v_k$; продольная подача $S_{пр} = (0,5 \div 0,8)H$ при черновом шлифовании и $S_{пр} = (0,25 \div 0,5)H$ при чистовом шлифовании, где H — высота круга; поперечная подача $S_{п} = 0,1 \div 0,8$ мм/об. Круги обычно правят алмазными карандашами или алмазами с продольной подачей 2—2,5 м/мин и подачей на глубину резания 0,02—0,03 мм/дв. ход.

13.24. УСТАНОВКА И КРЕПЛЕНИЕ ЗАГОТОВОК

Осуществляется посредством универсальных и специальных приспособлений — патронов (рис. 13.37, а, б) и бесцентровых зажимов (рис. 13.37, в — д). Технологическая база, как правило, — наружная цилиндрическая поверхность заготовки (ранее обработанная). Применяют трехкулачковые патроны с ручным или механизированным зажимом. Заготовки с отклонениями от симметричности и цилиндричности удобнее закреплять в четырехкулачковых патронах, в которых кулачки передвигаются независимо друг от друга посредством соответствующей передачи. Кулачки самоцентрирующего патрона шлифуют в сборе на том же станке для повышения точности установки. Заготовки крепят также на планшайбе (прихватами) после установки по центрирующему калибру, входящему в центральное отверстие планшайбы. Установку заготовок для шлифования отверстия и торца

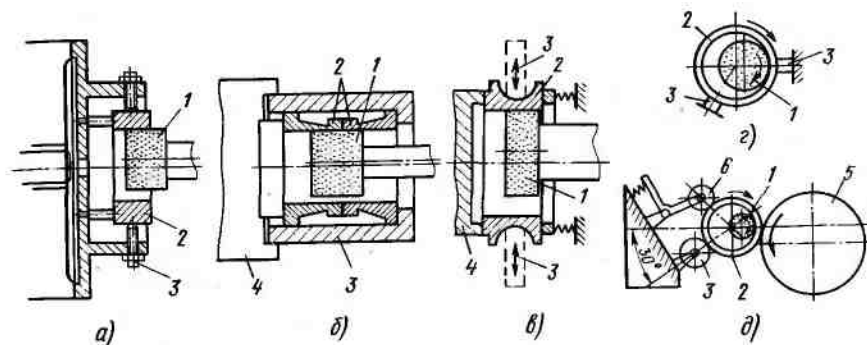


Рис. 13.37. Базирование заготовок при внутреннем шлифовании в патроне (а, б) и зажимах (в—д):

1 — шлифовальный круг, 2 — обрабатываемая заготовка, 3 — поддерживающий ролик, 4 — корпус торцовой опоры, 5 — ведущий ролик, 6 — прижимной ролик

осуществляют в мембранных кулачковых патронах. Для прижима заготовки к торцовой опоре используют патроны с вращающимися (рис. 13.38) и невращающимися электромагнитами. Корпус 2 (рис. 13.38) патрона закреплен на шпинделе бабки изделия 1. В корпусе размещен магнитопровод 3, внутри которого установлены катушки 4, залитые эпоксидной смолой 6. Верхняя плита 5, имеющая форму обрабатываемой заготовки, состоит из шести полюсов 7 с чередующейся полярностью, разделенных прослойками из немагнитного металла 9. Твердосплавные штифты 8 служат для повышения износостойкости торца патрона. Штифты 10 центрируют верхнюю плиту. Питание катушки осуществляется через контактные кольца, расположенные на другом конце шпинделя.

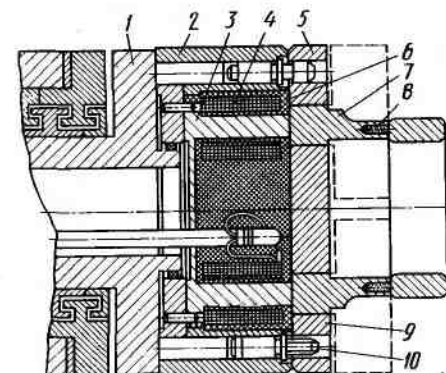


Рис. 13.38. Патрон с вращающимися электромагнитами

13.25. ВНУТРИШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

Их подразделяют на простые, универсальные, специальные автоматы и полуавтоматы. В этих станках, за исключением станков, работающих методом врезания, шлифовальная бабка с кругом или передняя бабка с заготовкой совершают возвратно-поступательное движение. Промышленность выпускает станки для шлифования отверстий диаметром 3—1000 мм и длиной 32—

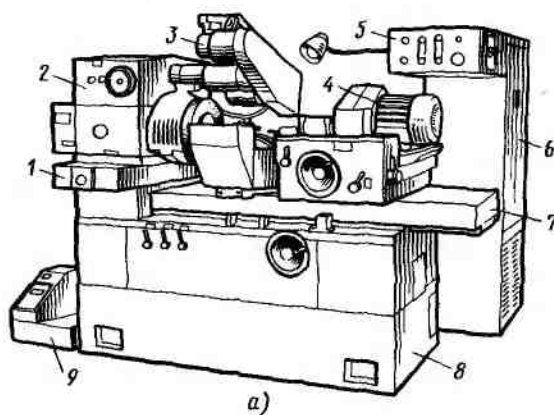
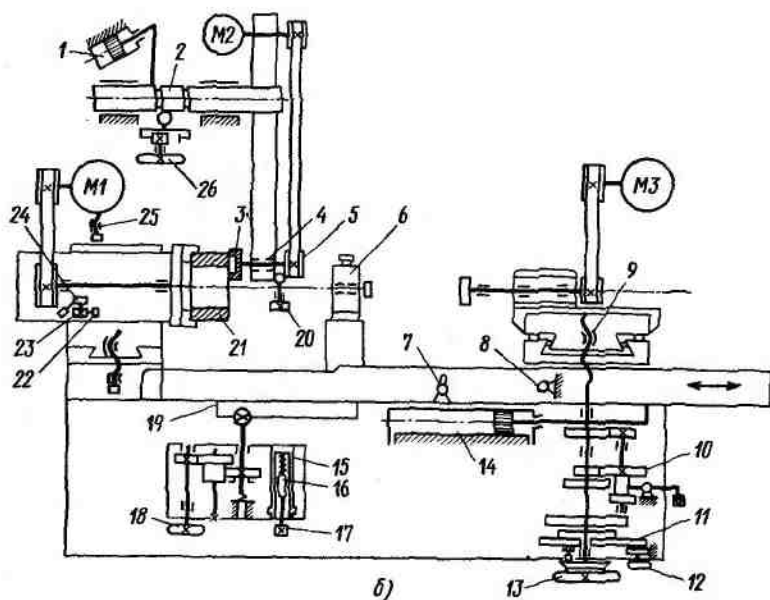


Рис. 13.39. Общий вид (а) и кинематическая схема (б) внутришлифовального станка мод. 3К227В



500 мм. Станки выпускают классов точности П, В, А. Кроме отверстия на станках обычно шлифуют и наружный торец заготовки. Станки оснащают устройствами активного контроля. Некоторые модели могут быть встроены в автоматические линии, оснащенные роботами и манипуляторами. На рис. 13.39 показаны общий вид и кинематическая схема внутришлифовального станка мод. 3К227В.

Техническая характеристика станка мод. 3К227В

Диаметр шлифуемых отверстий, мм	50—200
Наибольшая длина шлифования, мм	200
Наибольший диаметр устанавливаемой заготовки, мм	560
Частота вращения внутришлифовальных шпинделей, об/мин	12 000

Мост 1 (рис. 13.39, б) с бабкой 2 изделия расположен на верхней плоскости станины 8. При наладке салазки, несущие бабку 2 изделия, перемещаются по направляющим скольжения моста. Торцешлифовальное приспособление 3 установлено на бабке 2. Стол 7 со шлифовальной бабкой 4 совершает возвратно-поступательные перемещения (от гидроцилиндра) вдоль станины по направляющим качения. В баке 9 расположен электронасос и магнитный сепаратор для очистки СОЖ. Сзади станка установлена насосная станция, электрошкаф 6 (с электроаппаратурой и пультом управления), а также пневмоагрегат для подачи масляного тумана к опорам шпинделя.

Электродвигатель М3 (рис. 13.39, б) через плоскоремennую передачу вращает шлифовальный круг. Электродвигатель М2 приводит во вращение шлифовальный круг торцешлифовального устройства. Гидроцилиндр 1 осуществляет поворот хобота с торцешлифовальным шпинделем, а гидроцилиндр 14 — возвратно-поступательное перемещение стола. Ручное перемещение стола выполняют маховичком 18 через зубчатые передачи и реечную передачу 19. Гидравлическое и ручное перемещение стола заблокированы. При включении гидросистемы реечное зубчатое колесо автоматически выводится (гидроцилиндром) из зацепления с рейкой, при этом плунжер 15 фиксируется шариками 16, западающими в канавку.

Для ввода зубчатого колеса в зацепление с рейкой нужно выключить гидросистему и нажать на кнопку 17. Заготовка 21 вращается от электродвигателя М1 через плоскоремennую передачу со ступенчатым изменением частоты вращения. Ремень натягивают винтом 25. Червячная 24 и цепные 23, 22 передачи служат для поворота бабки изделия на угол при шлифовании конусной поверхности. Маховичком 26 (через зубчатые колеса и круговую рейку) осуществляется продольное перемещение торцешлифовального устройства. Ограничение хода продольной подачи при шлифовании внутреннего торца заготовки выполняют торцовым упором.

Откидной упор 8 поджимается гидроцилиндром 14 к эксцентрику 7. При повороте рукоятки эксцентрика включается продольная подача стола со шпинделем шлифовального круга. Ручное перемещение бабки шлифовального круга выполняется маховичком 13 через двухскоростную коробку 10 и винтовую шариковую пару 9. Передача через эту коробку используется при наладке станка и при рабочей подаче. Прерывистая рабочая ручная поперечная подача может также выполняться через собачку и храповик (на схеме не показаны). Автоматическая поперечная подача бабки шлифовального круга выполняется при включении соответствующего крана гидросистемы. Подачу настраивают кнопкой 12 через зубчатое колесо 11. Автоматическое выключение поперечной подачи и отвод стола в исходное положение после снятия припуска осуществляется упором, который расположен на лимбе и действует на путевой переключатель.

Наладочное движение алмаза выполняют перемещением всего правящего устройства *б* или планки с алмазом. Круг *з* правят вручную при качательном движении державки с алмазом. На станке имеется измерительный прибор для визуального контроля. Настроенный по эталону щуп прибора вводят в шлифуемое отверстие. Последний по мере снятия припуска воздействует на индикатор, что позволяет визуально следить за ходом обработки и закончить ее при достижении необходимого размера изделия. Станки могут быть оснащены системами активного контроля.

Шлифование глубоких отверстий выполняют с помощью сменных удлинителей (оправок). На одном конце оправки устанавливают круг, а другой конец оправки соединяют с передним концом шлифовального круга.

Наладка внутришлифовальных станков включает в себя ряд подготовительных работ, характерных для наладки любого шлифовального станка (например, смазывание, установка приспособлений и т. д.). После установки круга нужно проверить правильность установки передней бабки станка, чтобы избежать конусообразности шлифуемого отверстия. При шлифовании круг должен выходить из обрабатываемого отверстия на $(1/3 \div 1/2)H$ во избежание искажения размера и формы отверстия у его торцов; это достигают расстановкой упоров, ограничивающих ход стола. Зажимные патроны расшлифовывают по месту. При установке заготовки в патроне на их поверхностях не должно быть абразивной пыли и стружки. При шлифовании конических отверстий необходимо, чтобы ось круга располагалась в одной горизонтальной плоскости с осью шлифуемой заготовки во избежание появления выпуклости отверстия.

13.26. БЕСЦЕНТРОВОЕ КРУГЛОЕ НАРУЖНОЕ ШЛИФОВАНИЕ

Его используют для обработки деталей типа тел вращения (ступенчатых валов, поршневых пальцев, гильз, прутков, деталей подшипников качения и др.). Ведущий круг и шлифовальный (рабочий) круг вращаются в одном направлении, но с разной окружной скоростью. Скорость шлифовального круга (30—50 м/с) в 75—80 раз превышает скорость ведущего круга. Вследствие этого сила трения между заготовкой и шлифовальным кругом меньше, чем между заготовкой и ведущим кругом. Поэтому окружная скорость заготовки близка к окружной скорости ведущего круга. В качестве ведущих кругов чаще используют мелкозернистые твердые круги на вулканитовой связке, реже — чугуны, стальные или алюминиевые круги. Опорная поверхность ножа, скошенная на угол 20—30° к линии центров, для уменьшения износа армируется твердым сплавом. На бесцентрово-шлифовальных станках используют следующие основные способы обработки заготовок.

Бесцентровое шлифование напроход (рис. 13.40, а): продоль-

ное перемещение заготовки обеспечивается установкой оси ведущего круга на угол $\alpha \leq 8^\circ$ к оси шлифовального круга.

Бесцентровое шлифование до упора (13.40, б): осевое перемещение заготовки осуществляется до упора; затем ведущий круг отводит от детали в направлении, перпендикулярном к ее оси, и обработанная деталь выводится упором из рабочей зоны.

Врезное бесцентровое шлифование применяется для обработки ступенчатых и профильных заготовок. Заготовку укладывают на нож и ведущий круг, после чего шлифовальный круг перемещается на заготовку или наоборот. Ведущий круг при этом устанавливают под углом $\alpha = 20 \div 30^\circ$, что обеспечивает прижим заготовки к торцовому упору. В ряде случаев используют опорный нож и ведущий круг ступенчатой формы в соответствии с профилем заготовки.

Бесцентровое шлифование применяют в серийном и массовом производстве. Оно отличается производительностью, в несколько раз превышающей производительность центрового шлифования. Его недостатками являются: сложность наладки при высоких требованиях к цилиндричности заготовки; невозможность получения ранее обработанных центровых отверстий.

При шлифовании напроход обеспечивается точность формы детали в поперечном сечении 2,5 мкм, шероховатость $Ra = 0,32 \div 0,16$ мкм. При правке шлифовального круга (для рационального распределения нагрузки в зоне контакта) на его режущей поверхности создают четыре участка, имеющих разное назначение (рис. 13.41). Заборный конус 1 с углом, обеспечивающим надежный вход заготовок с предельной величиной припуска в зону шлифования, формируется на входе. Основную часть высоты H круга занимает рабочий конус 2, обеспечивающий равномерность съема припуска по линии контакта заготовки с кругом. Калибрующая часть 3 формирует заданную шероховатость поверхности, точность формы и размеров. Зона 4 с обратной конусностью обеспечивает правильный выход детали из зоны контакта с кругом. Для ввода заготовок в зону шлифования и вывода из нее, используются направляющие линейки,

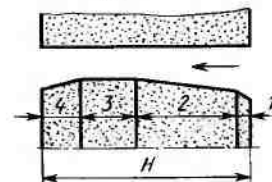


Рис. 13.41. Схема правки шлифовального круга

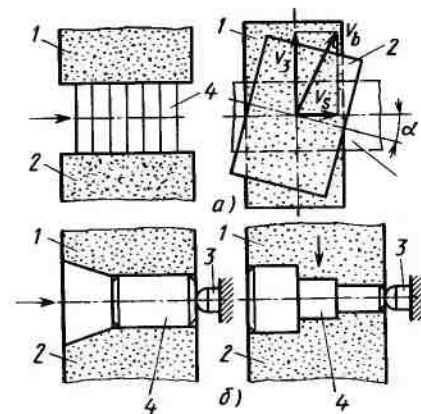


Рис. 13.40. Схемы обработки заготовок на бесцентрово-шлифовальных станках:

1 — шлифовальный круг, 2 — ведущий круг, 3 — упор, 4 — заготовка

расположенные параллельно линии контакта заготовки со шлифовальным кругом. Правку выполняют алмазными роликами или алмазами, которые имеют форму шлифовального круга.

13.27. БЕСЦЕНТРОВО-ШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

Их выпускают для наружного и внутреннего шлифования, универсальные и специальные. Они подразделяются в зависимости от расположения осей шлифовальных кругов (рис. 13.42).

Общий вид и кинематическая схема бесцентрово-шлифовального станка мод. 3М184 показана на рис. 13.43. Шлифовальная бабка 1, неподвижная опора с опорным ножом 2 и бабка 3 ведущего круга расположены на станине 4 (рис. 13.43, а). Бабки 1 и 3 могут перемещаться по направляющим по командам от органов управления, находящихся на панели управления 6. В шкафу 5 расположено электрооборудование станка.

Вращение шлифовального круга осуществляется от электродвигателя 1 (рис. 13.43, б) через клиноременную передачу 2. Шлифовальная бабка 3 перемещается по роликовым направляющим относительно станины. Шпиндель шлифовального круга установлен на гидродинамических подшипниках скольжения. Электродвигатель 6 через червячный редуктор 4 приводит во вращение шпиндель ведущего круга. Бабка 8 ведущего круга установлена на направляющих скольжения. Ускорение наладочных перемещений бабки 3 осуществляют от электродвигателя 10 через винтовую передачу с шариковой гайкой 11. Ручное пере-

Рис. 13.43. Общий вид (а) и кинематическая схема (б) бесцентрово-шлифовального станка мод. 3М184

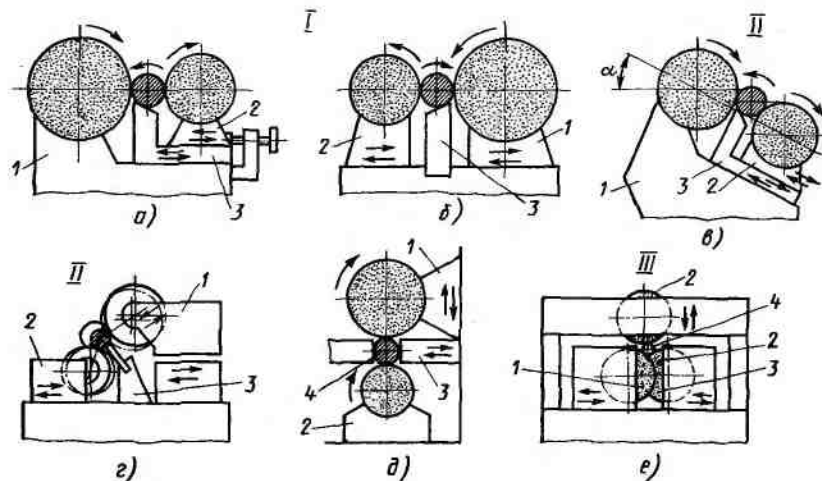
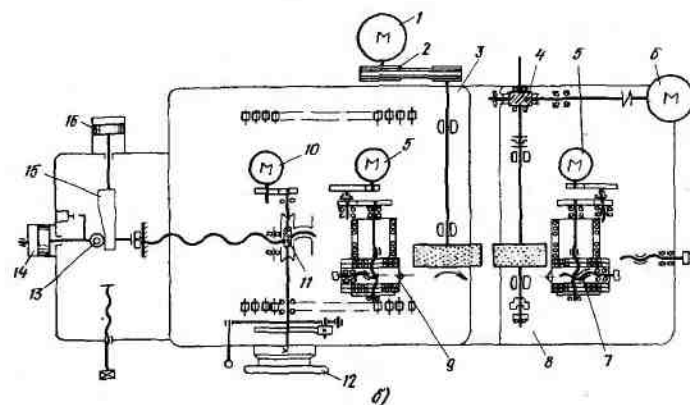
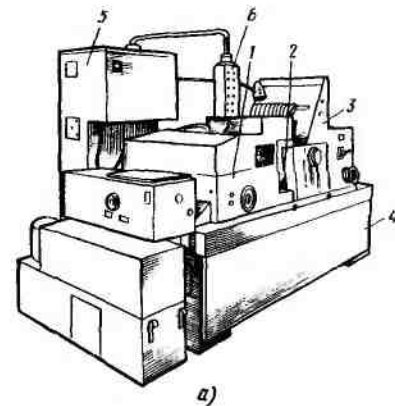


Рис. 13.42. Принципиальные схемы бесцентровых круглошлифовальных станков: I — с горизонтальной линией центров; а — с неподвижной шлифовальной бабкой, б — с подвижными бабками; II — с наклонной линией центров; в — с неподвижной шлифовальной бабкой, г, д, е — с подвижными бабками и неподвижным суппортом; III — с двумя ведущими кругами; 1 — бабка шлифовального круга, 2 — бабка ведущего круга, 3 — опорный нож, 4 — заготовка

мещение бабки 3 выполняют от маховика 12 через червячную передачу. Механизм 13 врезной подачи выполняет форсированную подачу от гидроцилиндра 14 и рабочие подачи от гидроцилиндра 16 и копира 15. Устройства 9 и 7 служат для правки шлифовального и ведущего кругов. Каретки устройств получают продольные перемещения от электродвигателей 5 через зубчатые передачи и передачу винт — гайка. Поперечные каретки устройств 9 и 7 перемещаются по копирам.

При наладке бесцентрово-шлифовальных станков осуществляют: выбор и балансировку установок; установку заготовки между кругами; правку кругов; установку боковых направляющих; наладку систем охлаждения и автоматизации. Установка оси заготовки ниже или выше линии центров кругов является глав-

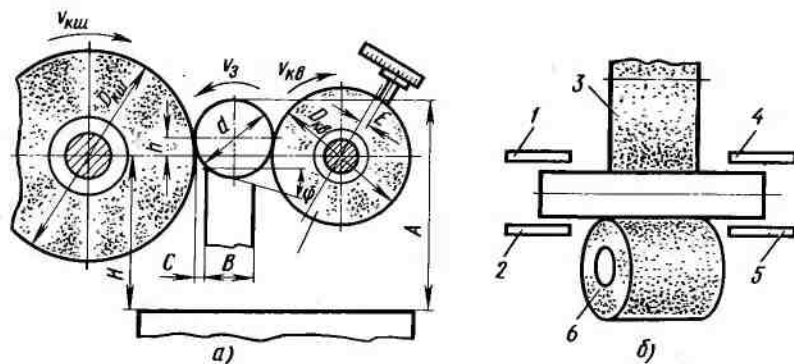


Рис. 13.44. Схемы наладки бесцентрово-шлифовального станка:

a — основные параметры; *d* — диаметр заготовки, *D_{шл}* — диаметр шлифовального круга, *D_{кв}* — диаметр ведущего круга, γ — угол скоса опорного ножа, *h* — высота оси заготовки над линией центров, *E* — смещение правящего инструмента, *C* — зазор между кругами и опорным ножом, *H* — высота линии центров кругов; *б* — установка направляющих щечек

ным условием обеспечения правильной геометрической формы заготовки. Высота $h = 0,1d + 0,5$ (рис. 13.44, *a*). Размер для штангенвысотомера $A = H \pm h + 0,5d$. Опорный нож должен выступать по обе стороны кругов на величину, большую половины длины заготовки. Ширина ножа $B = 12$ мм для заготовок диаметром 12,5—100 мм. Угол $\varphi = 10 \div 35^\circ$.

На входе и выходе из зоны шлифования устанавливают направляющие щечки (рис. 13.44, *б*). Их наладку выполняют по эталонной детали или валику. Контрольный валик устанавливают на опорный нож до касания только с ведущим кругом 6: Щечки 1, 2 располагают с зазором $t/2 + (0,4 - 1,0)$, где *t* — глубина шлифования. Щечку 4 смещают на расстояние 0,012—0,025 мм, а щечку 5 — на величину $t/2$. При врезном шлифовании вместо наладки щечек выполняют наладку упора и механизма выталкивания готовой детали. При шлифовании напроход угол поворота ведущего круга определяют по формуле $\sin \alpha/2 = S_{пр}/v_{кв}$, где $S_{пр}$ — продольная подача заготовки, м/мин; $v_{кв}$ — окружная скорость ведущего круга 3, м/мин.

13.28. ДЕФЕКТЫ ПРИ БЕСЦЕНТРОВОМ ШЛИФОВАНИИ

К ним относятся следующие.

Овальность, возникающая из-за биения шпинделя ведущего круга (нужно провести правку круга); неравномерного вращения заготовки (нужно увеличить ее продольную подачу и v_k); недостаточной подачи СОЖ (нужно увеличить ее подачу).

Огранка, возникающая из-за недостаточной величины *h* (нужно поднять опорный нож); повышенной глубины съема (при шлифовании напроход) и поперечной подачи круга (при врезном шлифовании).

Конусность, возникающая из-за неправильного положения бабки ведущего круга (нужно повернуть ее в горизонтальной плоскости); неправильного положения опорной поверхности ножа в продольном направлении (нужно выверить его положение); затупления алмаза правки (нужно его повернуть или заменить).

Седлообразность, возникающая из-за искривления оси заготовки в сторону шлифовального круга на входе и выходе (нужно правильно установить транспортные устройства станка или боковые направляющие планки); отклонения от параллельности оси заготовки относительно оси шлифовального круга (нужно выверить положение ножа в продольном направлении).

Изгиб оси длинных заготовок, возникающий из-за: их неправильной установки (нужно расположить ось заготовки ниже линии центров кругов); увеличенной кривизны заготовки (следует править заготовку перед шлифованием).

Дробление шлифуемой поверхности, происходящее из-за плохой балансировки круга; плохого закрепления опорного ножа или кругов; большой частоты вращения заготовки (нужно ее уменьшить); неправильного выбора режимов обработки (нужно их уточнить); большой твердости или мелкой зернистости круга (нужно подобрать круги с соответствующими характеристиками).

Риски и царапины, появляющиеся вследствие загрязнения СОЖ (нужно ее заменить); неравномерной твердости шлифовального круга (нужно подобрать круги одной твердости); образования задиров или наростов из абразива и металла на рабочей поверхности опорного ножа (следует заменить или перешлифовать нож).

Прижоги, возникающие из-за малого количества СОЖ (нужно увеличить ее подачу); малой частоты вращения заготовки (нужно увеличить $v_{кв}$); высокой твердости шлифовального круга (нужно заменить круг на более мягкий).

Нестабильность диаметрального размера, происходящая из-за биения ведущего круга (устраняют правкой круга); перегрева заготовки (нужно увеличить подачу СОЖ); плохого качества заготовок (нужно рассортировать заготовки по припускам).

13.29. ПРОФИЛЬНОЕ ШЛИФОВАНИЕ

Этим способом шлифуют сложные контуры, которые нельзя обработать простым движением круга простой формы. Сложные (фасонные) контуры поверхности имеют такие детали, как шлицевые валы, зубчатые колеса, кулачки, валики прокатных станков, фасонные резцы, профильные шаблоны, копиры, пуансоны, матрицы, лопатки турбин и т. д. Для обработки этих деталей создано много станков различного назначения: зубошлифовальные; шлифовальные; резьбо- и червячно-шлифовальные; вальцешлифовальные; шлифовально-копировальные; профилишлифовальные; желобошлифовальные и др. Для обработки фасонных по-

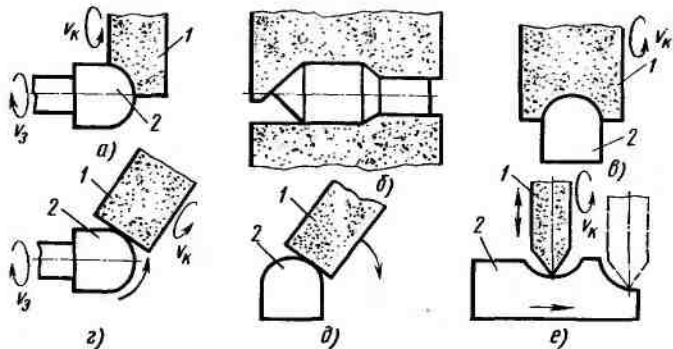


Рис. 13.45. Схемы профильного шлифования:

а — копированием на круглошлифовальном станке, б — копированием на бесцентровошлифовальном станке, в — копированием на плоскошлифовальном станке, г — огибанием на круглошлифовальном станке, д — огибанием на плоскошлифовальном станке, е — огибанием на профильшлифовальном станке; 1 — шлифовальный круг, 2 — заготовка

верхностей на деталях подшипников созданы специальные станки (автоматы и полуавтоматы), которые встраивают в автоматические линии или гибкие производственные системы.

Профильное шлифование ведут методом копирования или огибания (рис. 13.45). При методе *копирования* профиль шлифуемой поверхности детали полностью совпадает с профилем шлифовального круга, который специально профилируют при правке. При методе *огибания* профили детали и круга не совпадают, а сложный контур на детали образуется как огибающая различных положений шлифовального круга простой формы.

Более распространен метод копирования. Он применяется на различных типах шлифовальных станков и обеспечивает высокую производительность. Круги правят фасонными алмазными роликами и копируемыми устройствами, расположенными на бабке шлифовального круга.

Операция шлифования кулачков распределительного вала (рис. 13.46) является типовым примером огибания детали по кругу. Заданный профиль кулачка образуется при совокупном вращении и качании распределительного вала 1, который установлен в центрах круглошлифовального станка с качающимся столом. Копиры 3, установленные на передней бабке, поочередно контактируют с копируемым роликом 4 и при вращении шпинделя передней бабки осуществляется качательное движение стола по программе, задаваемой профилем копира. Хомутик 2 обеспечивает согласование углового положения копиров и кулачков.

Профильшлифовальные станки, работающие по методу огибания, основаны на принципе копирования чертежа или шаблона и бывают механического или оптического действия. Механический станок (рис. 13.47, а) с пантографом имеет шаблон 1 и шуп 2. Поступательное перемещение последнего передается на шлифовальный круг 5 через пантограф 4 (с уменьшением),

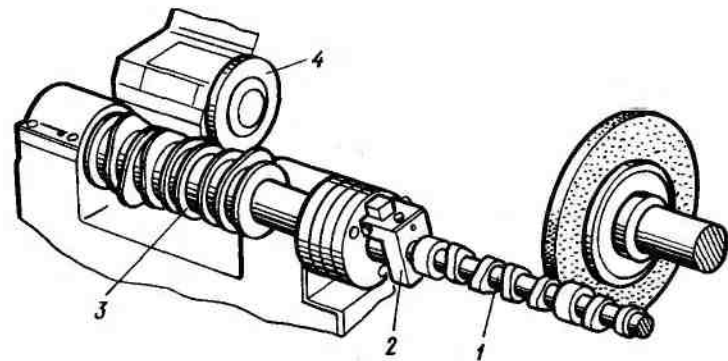


Рис. 13.46. Шлифование кулачков распределительного вала

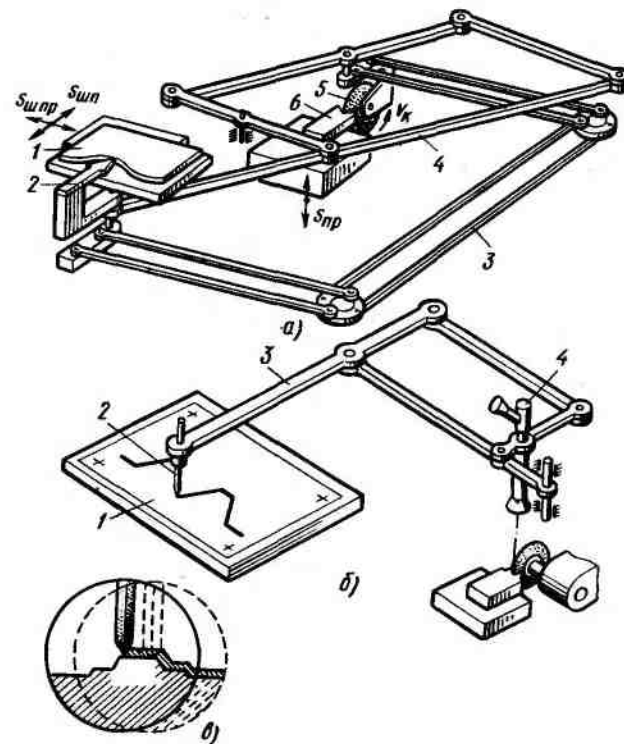


Рис. 13.47. Схемы работы профильшлифовальных станков с пантографом

а поворот шупа в горизонтальной плоскости осуществляется через вспомогательный двойной параллелограмм 3. Обрабатываемая деталь б имеет продольную подачу S_{np} . Настраивочные перемещения $s_{ш.п}$ и $s_{ш.пр}$ совершает шаблон.

Оптический профилишлифовальный станок с пантографом (рис. 13.47, б) работает по увеличенному (масштаб 50:1) чертежу 1. Игла 2 перемещается пантографом 3 с передаточным отношением 1:50 и фиксируется микроскопом 4 (с 25-кратным увеличением). Перекрестные микроскопы повторяют траекторию иглы, уменьшенную в 50 раз, т. е. соответствующую истинным размерам детали. В окуляре микроскопа (рис. 13.47, в) видны перекрестие окуляра, участок поверхности детали и контур шлифовального круга. Перемещение иглы на чертеже из точки А в точку Б сопровождается перемещением перекрестия. Точку периферии шлифовального круга нужно переместить из точки А в точку Б крестовым суппортом шлифовальной бабки.

Оптическая система (с экраном) профилишлифовального станка является проектором, дающим изображение детали и круга с 50-кратным увеличением. Чертеж детали, выполненный в масштабе 50:1, накладывают на экран. На нем оператор видит поверхность заготовки, круга и чертеж в одинаковом масштабе. Оператор, перемещая круг механизмом крестового суппорта, видит рабочую точку периферии круга по линии контура чертежа и, снимая припуск с заготовки, добивается совпадения профиля детали с чертежом. Такие станки позволяют шлифовать плоские и круглые заготовки со сменным профилем с точностью 0,01—0,02 мм.

13.30. ПЛОСКОЕ ШЛИФОВАНИЕ

Это высокопроизводительный метод обработки незакаленных и закаленных деталей различного назначения. Плоское шлифование в ряде случаев применяют вместо чистового строгания, чистового фрезерования и шабрения. Плоские поверхности можно шлифовать периферией и торцом круга (рис. 13.48). Разновидностью плоского является профильное шлифование, выполняемое на плоскошлифовальных станках (рис. 13.48, ж). При работе периферией круга на станках с прямоугольным столом припуск снимают следующими способами.

Шлифование поперечными рабочими ходами (рис. 13.49, а): поперечная подача круга (детали) вдоль оси шпинделя осуществляется за каждый ход стола; круг снимает слой материала толщиной, равной глубине резания, а шириной, равной поперечной подаче круга за один ход стола. После рабочего хода вдоль всей шлифуемой поверхности круг устанавливают на определенную глубину и снимают следующий слой. Рабочие ходы повторяются до полного удаления припуска.

Глубинное шлифование (рис. 13.49, б): круг снимает основную часть припуска за каждый ход стола; после каждого хода

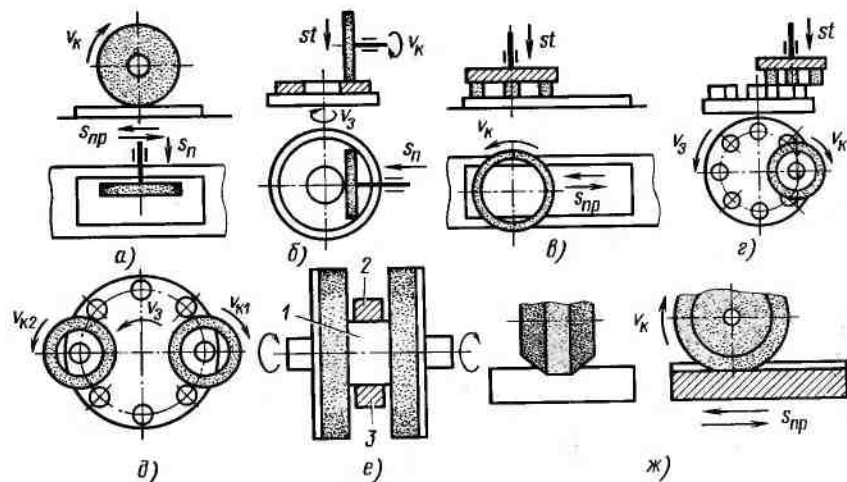


Рис. 13.48. Схемы обработки поверхностей при плоском шлифовании периферией шлифовального круга:

а—ж — с прямоугольным столом, б — с круглым столом; торцом шлифовального круга, в — с прямоугольным столом, з — с круглым столом; д — с двумя вертикальными шпинделями и круглым столом, е — с двумя горизонтально расположенными шпинделями при одновременном шлифовании двух торцов заготовки; 1 — заготовка, 2 — верхняя линейка, 3 — нижняя линейка

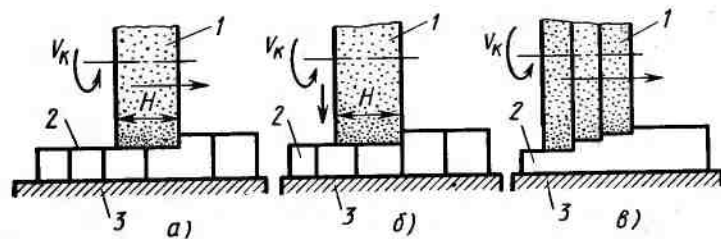


Рис. 13.49. Схемы шлифования периферией круга на станках с прямоугольным столом:

1 — шлифовальный круг, 2 — заготовка, 3 — магнитная плита

стола круг (стол) перемещается вдоль оси шпинделя на расстояние $(3/4—4/5)H$; оставшуюся часть припуска (0,01—0,02 мм) снимают предыдущим способом.

Шлифование ступенчатым кругом (рис. 13.49, в): основная часть припуска распределяется между отдельными ступенями круга и снимается за один рабочий ход; последняя ступень снимает небольшой слой материала; затем выполняют чистовое шлифование поперечными рабочими ходами.

Плоское шлифование торцом круга производительней шлифования периферией круга, так как в резании участвует большее число абразивных зерен. Стол плоскошлифовального станка совершает возвратно-поступательное движение (см. рис. 13.48, в).

Торец круга обычно перекрывает ширину заготовки. Производительность шлифования увеличивается при использовании одношпиндельных станков с круглым столом (см. рис. 13.48, *з*) или двухшпиндельных (см. рис. 13.48, *е, д*) с вертикальным или горизонтальным расположением шпинделей. При торцовом шлифовании осуществляется вращение круга, подача заготовки и поперечная подача круга на каждый ход стола или после каждого его оборота. Для обработки крупногабаритных поверхностей используют сегментные круги (см. рис. 13.48, *з*).

При плоском шлифовании для повышения точности обработки и снижения шероховатости поверхности в конце цикла следует выполнять выхаживание.

Для закрепления заготовок при плоском шлифовании применяют магнитные (электромагнитные) плиты и тиски со сменными губками. Электромагнитные и магнитные плиты обеспечивают: быстрое закрепление и освобождение детали; прочность закрепления; возможность закрепления на плите нескольких деталей, а также других приспособлений; возможность использования стационарных плоских и круговых плит, наклоняющихся и поворотных плоских плит, плит-угольников, которые сами оснащаются различными магнитными блоками для закрепления деталей сложной формы.

13.31. ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

По принципу работы их делят на станки для шлифования периферией и торцом круга; по форме стола и характеру его движения — на станки с возвратно-поступательным и вращательным движением стола (рис. 13.50); по степени универсальности — на универсальные, полуавтоматические и автоматические. Плоскошлифовальные станки с прямоугольным столом выпускают с горизонтальным и вертикальным шпинделем; неавтоматизированные и полуавтоматические станки — с приборами активного контроля.

Плоскошлифовальный полуавтомат мод. ЗП722 (рис. 13.51) с прямоугольным столом и горизонтальным шпинделем имеет следующую компоновку. На тумбе, отлитой совместно со станиной 1, установлена колонна 3 с направляющими 4, по которым перемещается каретка со шлифовальной бабкой 2. Вертикальное перемещение каретки со шлифовальной бабкой может быть ручное или автоматическое. Возвратно-поступательное перемещение стола осуществляется по направляющим станины от двух гидроцилиндров. За станком расположены электрошкаф 5, гидростанция, установка для смазывания шпинделя и агрегат охлаждения.

На рис. 13.52 приведена кинематическая схема универсального плоскошлифовального станка мод. ЗГ714 высокой точности. Шлифовальный круг получает вращение от электродвигателя М1 через ременную передачу 7, 8. Частота вращения шпинделя

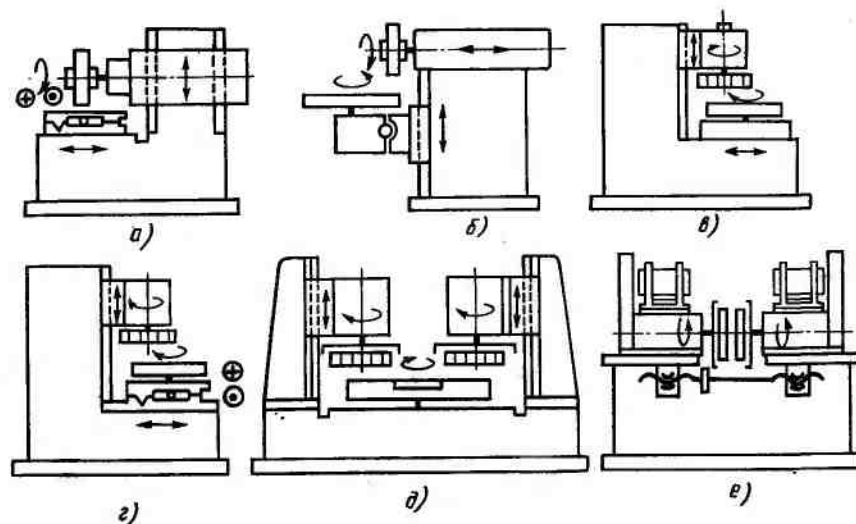


Рис. 13.50. Схема плоскошлифовальных станков:

а, б — с горизонтальными шпинделем, прямоугольным столом, работающие периферией круга; в, г — с вертикальным шпинделем, круглым столом, работающие торцом круга; д — с двумя вертикальными шпинделями; е — с двумя горизонтальными шпинделями

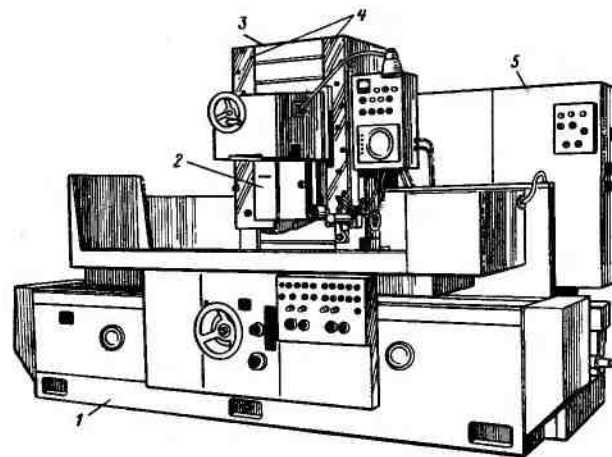


Рис. 13.51. Плоскошлифовальный полуавтомат мод. ЗП722 с прямоугольным столом и горизонтальным шпинделем

постоянная. Перемещение шлифовальной головки осуществляется с помощью винтового механизма с винтом 6 и гайкой 5, соединенной с червячным колесом 3. Червяк 4 вращается: при ускоренном перемещении — от электродвигателя М2 через цилиндрическую зубчатую передачу 1, 2; при автоматической верти-

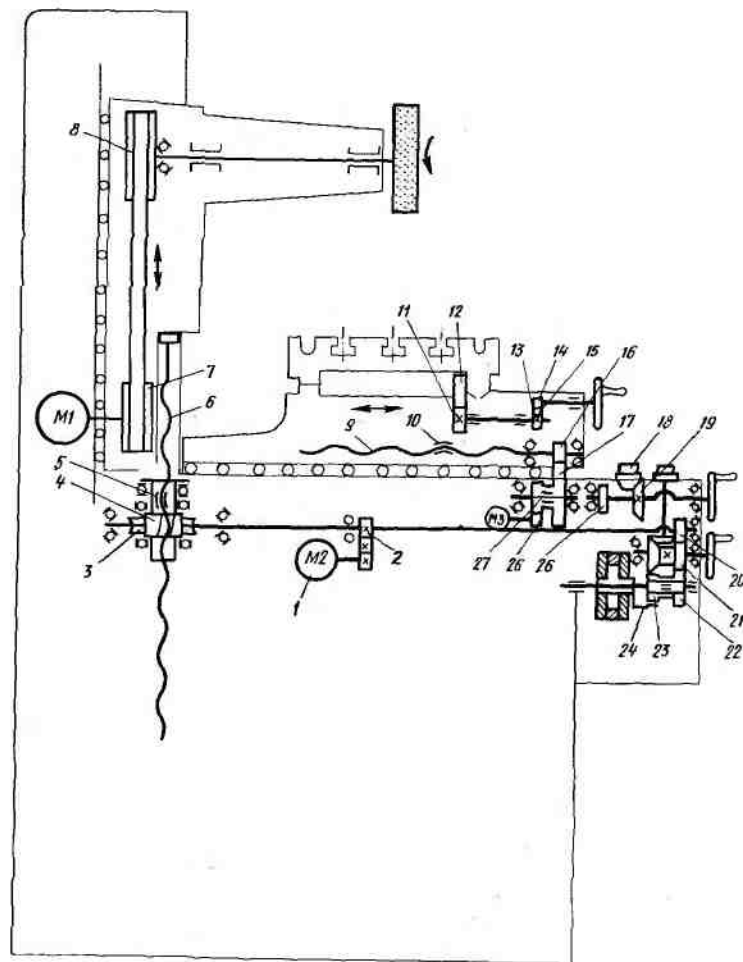


Рис. 13.52. Кинематическая схема универсального плоскошлифовального станка мод. 3Г714 с горизонтальным шпинделем

кальной подаче — от лопастного насоса, работающего в момент поперечного или профильного реверса стола, через собачку 24, храповик 23, соединенный с колесом 22, колеса 20, 21, червяк 4. Предел вертикальной подачи 0,002—0,05 мм. Нижний предел 0,002 мм соответствует повороту храпового колеса 23 на один зуб.

Ручное продольное перемещение стола происходит от маховика через зубчатые колеса 14, 15, 13, 11 и рейку 12. За один оборот маховика стол перемещается на 18,1 мм. В нормальном состоянии механизм ручного продольного перемещения стола

разомкнут в результате вывода колеса 11 из зацепления и включения микропереключателя, разрешающего механическое перемещение стола. Винт 9 с гайкой 10, расположенные в крестовом суппорте, осуществляют поперечную подачу стола: в автоматическом режиме — от электродвигателя МЗ через зубчатые колеса 26, 27, 16, 17; в ручном режиме — от маховика через колеса 17, 16. Тонкая поперечная подача осуществляется (нажатием кнопки) через конические колеса 18, 19, муфту 25 и зубчатые колеса 17, 16.

При наладке станков с прямоугольным столом контролируют магнитную плиту. В зависимости от длины заготовок размещают упоры переключения хода стола так, чтобы его перебег не превышал 20—30 мм. Упоры размещают на плите так, чтобы круг выходил на $1/3 H$. Число двойных ходов стола устанавливают в соответствии с длиной хода стола и скорости подачи. Затем устанавливают вертикальную и поперечную подачи шлифовальной бабки, производят настройку устройства на автоматическое отключение станка при получении заданного размера шлифуемой заготовки.

13.32. ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ДЕФЕКТОВ ПРИ ПЛОСКОМ ШЛИФОВАНИИ

При шлифовании могут появляться прижоги. Для их устранения нужно применять круги пониженной твердости, увеличить подачу СОЖ, уменьшить площадь соприкосновения круга с заготовкой.

Поверхностные трещины появляются из-за недостаточного охлаждения и завышенных режимов шлифования. Этот дефект устраняют правильным выбором режимов и непрерывной обильной подачей СОЖ.

На обработанной поверхности могут быть грубые штрихи и риски, что обусловлено неправильным выбором зернистости круга, загрязнением СОЖ, некачественной правкой круга. Для их ликвидации нужно зачистные рабочие ходы выполнять с меньшими подачами, регулярно зачищать и заменять СОЖ.

Дробление на поверхности заготовки получается из-за неуравновешенности круга, низкой жесткости заготовки, плохого ее крепления, неправильного выбора круга, увеличенных зазоров в механизмах станка.

Для устранения дробления необходимо выявить и устранить указанные причины.

Отклонение от параллельности поверхностей заготовки происходит из-за забоин и грязи на поверхности магнитной плиты и заготовки, неправильной установки приспособлений и заготовки, погрешностей формы установочных элементов приспособлений, износа направляющих стола или бабки шлифовального круга. Необходимо устранить указанные причины.

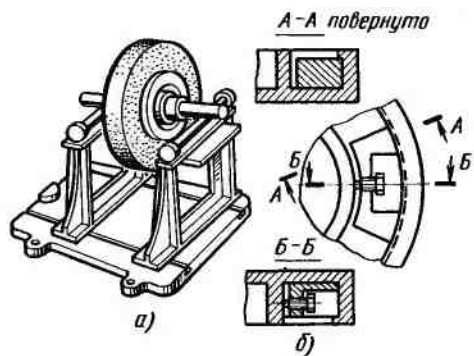


Рис. 13.53. Схема балансировки шлифовальных кругов

13.33. БАЛАНСИРОВКА ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ

Если центр тяжести круга совпадает с осью его вращения, то круг сбалансирован и может надежно работать на высоких окружных скоростях. Неуравновешенность кругов возникает из-за их неправильной формы; расположения посадочного отверстия с эксцентриситетом относительно периферии круга; неодинаковой

плотности материала и др. Круги балансируют на специальных стендах (рис. 13.53, а). В качестве опор используют призмы, диски и цилиндрические валики. Круг устанавливают на оправку и размещают на валиках. Уравновешивание выполняют двумя сегментами (рис. 13.53, б) путем их перемещения по пазу фланца с торцевой стороны. При отсутствии уравновешенности тяжелая часть круга опускается вниз. Перемещая сегменты, снова проверяют степень уравновешенности круга до тех пор, пока круг в любом его положении на опорах будет находиться в покое. Необходимо балансировать все круги диаметром больше 100 мм. Перед балансировкой круг нужно осмотреть, чтобы убедиться в отсутствии трещин. Круги можно балансировать непосредственно на шлифовальном станке с помощью специальных механизмов.

13.34. АКТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Шлифование, как правило, завершает технологический процесс и размеры изделий окончательны. Значительная часть времени рабочего цикла на автоматизированных шлифовальных станках (до 30 % вспомогательного времени) затрачивается на измерение шлифуемых заготовок. Поэтому используют автоматизацию контроля размеров, которая значительно повышает производительность шлифования.

Станки снабжают системами активного контроля (рис. 13.54). При активном контроле действительный размер заготовки до обработки (или размеры обрабатываемой заготовки) сравнивается с заданным размером. Устройства, осуществляющие и вырабатывающие такое сравнение и соответствующий сигнал измерительной информации, называют приборами активного контроля. Эти приборы работают методом прямого или косвенного измерения. При прямом измерении чувствительный элемент прибора контактирует с обрабатываемой поверх-

ностью заготовки, при косвенном — не контактирует. Приборы бывают механические, электрорезистивные, пневматические, индуктивные и др.

Средства активного контроля содержат: измерительный прибор; измерительную оснастку; командное устройство; усилитель командных сигналов; устройства сигнализации; источники питания. Измерительный прибор выдает информацию в виде показателей. Командное устройство преобразует измерительную информацию в дискретные сигналы — команды

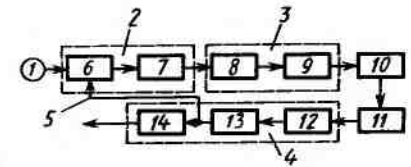


Рис. 13.54. Схема системы активного контроля:

1 — заданное значение измеряемого параметра, 2 — регулирующее устройство, 3 — позиционирующее устройство (управление перемещением), 4 — измерительное устройство, 5 — обратная связь, 6 — сравнивающее устройство, 7 — регулятор, 8 — привод установочного движения, 9 — исполнительный механизм, 10 — инструмент, 11 — заготовка, 12 — датчик измеряемой величины, 13 — прибор, 14 — выход измеряемой величины

для автоматического управления обработкой. Измерительная оснастка — это рычажные механизмы, призмы и т. д. Усилитель командных сигналов усиливает электрические сигналы измерительных приборов. Устройства сигнализации дают информацию об исполнении команд. В зависимости от условий производства используют упрощенные схемы активного контроля, в которых применяют только некоторые из указанных элементов.

Для активного контроля используют различные измерительные приборы (индикаторы; пневматические; индуктивные и т. д.). На рис. 13.55 приведены схемы измерительных средств с механическим (рис. 13.55, а) и пневматическим (рис. 13.55, б) приборами. Измерительный прибор неподвижно связан с измерительной оснасткой 1. Информация о размере заготовки выдается по шкале прибора 2. Управление обработкой осуществляется вручную. Измерительная оснастка 1 (рис. 13.55, б) осуществляет бесконтактные измерения посредством пневмодатчика. Измерительная информация выдается по шкале прибором 2 и с помощью командного устройства 3 и усилителя 4 передается к исполнительным органам станка, которые совершают необходимые движения. Выполнение командных сигналов контролируется блоком 5.

На рис. 13.56, а показано одноконтактное измерительное

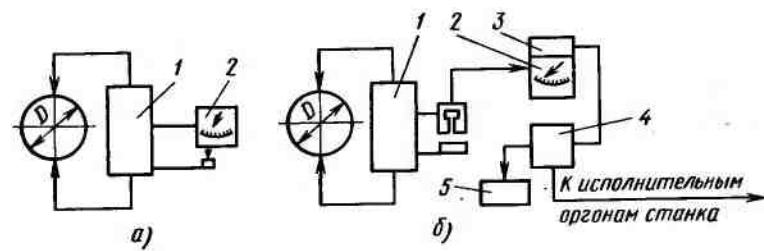


Рис. 13.55. Схемы измерительных средств активного контроля

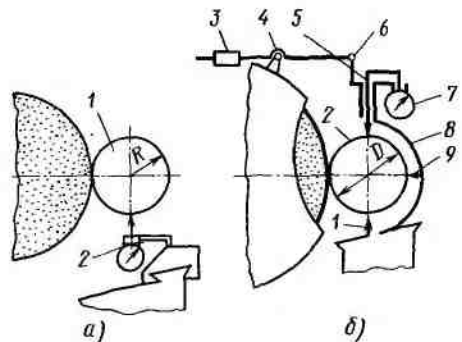


Рис. 13.56. Схемы измерительных устройств:
а — однокоординатного, б — трехкоординатного

устройство для измерения радиуса R заготовки 1, установленной в центрах круглошлифовального станка, посредством отсчетного устройства 2. Трехконтактное измерительное устройство со скобой 8 для измерения диаметрального размера D заготовки 2 на том же станке показано на рис. 13.56, б. Скоба 8 самоустанавливается на поверхности заготовки 2 посредством наконечников 1, 9, которые постоянно поджимаются рычажной системой с шарнирами 4, 6 под действием груза 3 (или пружины). Наконечники 1, 5 являются измерительными элементами, а на-

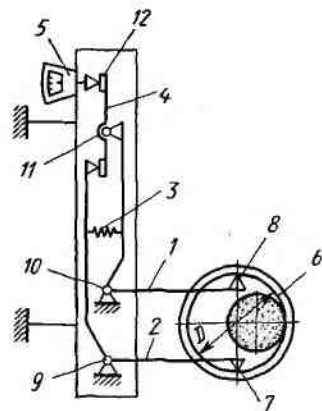


Рис. 13.57. Схема прибора визуального контроля

конечник 9 — базовым элементом. Стержень 5 может перемещаться относительно скобы 8. Величина перемещения воспринимается отсчетным устройством 7.

На рис. 13.57 показано устройство для измерения диаметра при шлифовании на внутришлифовальном станке. Измерительные наконечники 7, 8, закрепленные на рычагах 1, 2 посредством пружины 3, соприкасаются с обрабатываемой поверхностью 6. Рычаги расположены на шарнирах 9, 10. На шарнирной опоре 11 рычага 1 установлен рычаг 4, который суммирует перемещения обоих наконечников 12 и передает суммарное перемещение измерительному прибору 5.

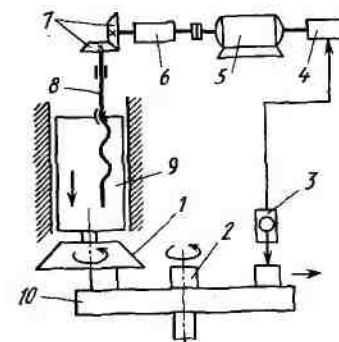


Рис. 13.59. Схема подналадочной системы плоскошлифовального станка

Схема подналадочной системы бесцентрово-шлифовального станка показана на рис. 13.58. Деталь 1, обработанная на станке, переносится транспортным устройством на позицию 2, где измеряется преобразователем 3. Когда контролируемый размер выходит за пределы установленного поля допуска, преобразователь 3 выдает сигнал — команду на исполнительное устройство 4 (электромагнит с храповым механизмом).

При включении электромагнита храповое колесо поворачивается и перемещает через винтовой механизм шлифовальную бабку на величину, соответствующую наладочному импульсу (1—2 мкм).

Схема подналадочной системы для двухшпиндельного плоскошлифовального станка показана на рис. 13.59. При вращении круглого стола 10 заготовки 2 подаются под измерительное устройство 3, наконечник которого контактирует с обработанной поверхностью. При износе круга 1 высота шлифуемых заготовок возрастает.

Когда размер заготовок становится равным подналадочному размеру, устройство 3 срабатывает и выдает сигнал (команду на подналадку), который поступает в усилитель 4 и далее в пускатель, включающий электродвигатель 5, от которого через редуктор 6, коническую передачу 7 и винт 8 перемещение передается шлифовальной бабке 9. Последняя совершает малые подналадочные перемещения.

Для контроля и измерения обработанных поверхностей применяются различные универсальные контрольно-измерительные средства: штангенциркули, микрометры, скобы, калибры и т. д.

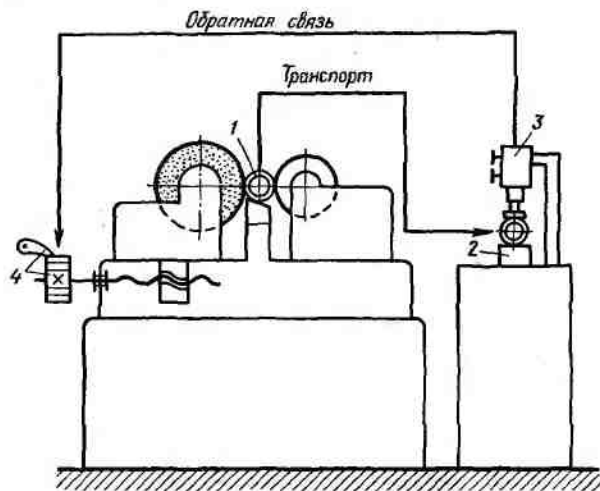


Рис. 13.58. Схема подналадочной системы для бесцентровошлифовального станка

13.35. РАБОЧЕЕ МЕСТО ШЛИФОВЩИКА

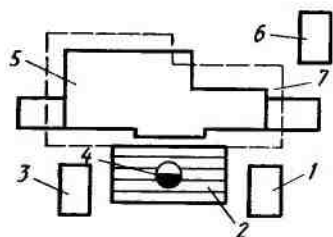


Рис. 13.60. Рабочее место шлифовщика:

1 — шкаф для хранения инструмента, 2 — подставка, 3 — контрольный стол для измерительного инструмента, 4 — рабочее место, 5 — станок, 6 — стеллаж для хранения крупногабаритных приспособлений, 7 — фундамент станка

Оно должно быть укомплектовано предметами, необходимыми для выполнения данной операции (рис. 13.60). Каждый предмет должен быть расположен на определенном месте. Часто употребляемые инструменты и предметы хранят на верхней полке стеллажа, а редко употребляемые — на нижних. Режущий инструмент нужно класть отдельно от измерительного, готовые детали — отдельно от заготовок. Технологическая документация должна быть на рабочем месте заблаговременно, до начала работы. Рабочее место должно быть обеспечено соот-

ветствующими абразивными и измерительными инструментами. Рабочее место должно находиться в чистом состоянии.

13.36. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ НА ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ

Круги должны быть без трещин и закрыты защитными кожухами. Ручное измерение размеров заготовок при работе станка запрещено. Работать нужно в защитных очках. Подводить круг и заготовку следует осторожно, чтобы не вызвать разрыва круга. Перед работой необходимо проверить надежность закрепления заготовки, закрепления упоров, ограничивающих ход стола. Отходить от работающего станка не разрешается. Оператор должен в совершенстве знать устройство и порядок работы всех механизмов станка. Необходимо соблюдать установленные режимы работы станка.

Контрольные вопросы

1. В чем сущность шлифования?
2. Какие существуют виды и способы шлифования?
3. Назовите основные абразивные материалы.
4. Что представляет собой шлифовальный круг?
5. Как образуется стружка при шлифовании?
6. Силы резания и мощность при шлифовании.
7. Для чего применяют СОЖ при шлифовании?
8. Причины износа шлифовальных кругов.
9. Назовите методы правки шлифовальных кругов.
10. Назовите основные типы шлифовальных станков.
11. Назовите основные узлы и механизмы шлифовальных станков.
12. Как предупреждают дефекты различных видов шлифования?
13. Как осуществляется активный контроль при шлифовании?
14. Техника безопасности при работе на шлифовальных станках.

ГЛАВА 14

СВЕРЛИЛЬНЫЕ СТАНКИ И ИХ ЭКСПЛУАТАЦИЯ

14.1. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКОВ

Эти станки предназначены для сверления (глухих и сквозных цилиндрических и конических отверстий), рассверливания, зенкерования, снятия фасок, развертывания, растачивания, нарезания резьбы. Станки позволяют обтачивать наружные цилиндрические и конические поверхности, накатывать резьбу, обкатывать и раскатывать поверхности. Выполнение нескольких переходов за один рабочий ход комбинированным инструментом, а также быстросменное закрепление инструмента сокращает машинное и вспомогательное время. По степени специализации станки подразделяются на универсальные и специальные; по степени автоматизации — на автоматические, полуавтоматические автоматизированные, с программным управлением, с механической и ручной подачей.

Станки бывают вертикально-сверлильные настольные и колонные, радиально-сверлильные, горизонтально-сверлильные, для глубокого сверления, центральные, многошпиндельные. Станки выпускают классов точности Н и П. Наиболее распространены вертикально-сверлильные и радиально-сверлильные станки. Основными формообразующими движениями при сверлильных операциях являются вращение (v) и подача (S) шпинделя станка. Кинематические цепи, осуществляющие эти движения, имеют самостоятельные органы настройки, с помощью которых устанавливаются необходимые частота вращения и подача инструмента. Вертикально-сверлильные и радиально-сверлильные станки предназначены для сверления отверстий диаметром 18, 25, 35, 50 и 75 мм. Вылет рукава радиально-сверлильных станков 1300—2000 мм.

14.2. УСТРОЙСТВО ОСНОВНЫХ УЗЛОВ И МЕХАНИЗМОВ СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКОВ

На рис. 14.1 показан общий вид вертикально-сверлильного станка мод 2Н135, предназначенного для использования в единичном, мелко- и среднесерийном производстве.

Техническая характеристика

Наибольший диаметр сверления, мм	35
Частота вращения шпинделя (число ступеней 12), об/мин	31,5—1400
Подача (число ступеней 9), мм/об	0,1—1,6

Колонна 6 (рис. 14.1) станка — чугунная отливка, имеющая направляющие типа «ласточкин хвост», по которым вручную перемещаются сверлильная головка 16 (со шпинделем 9) и стол 13. Стол станка имеет три Т-образных паза. Колонна крепится к

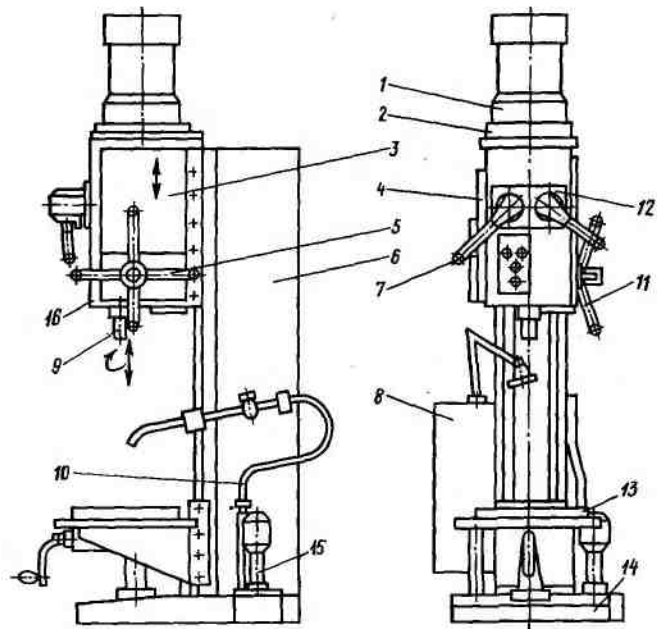


Рис. 14.1. Общий вид вертикально-сверлильного станка мод. 2H135:
 1 — привод, 2 — коробка скоростей, 3, 4 — плунжерный насос, 5 — коробка подач, 6 — колонна, 7 — механизм управления скоростями, 8 — электрооборудование, 9 — сверлильная головка, 10 — трубопровод охлаждения, 11 — штурвал механизма подач, 12 — механизмы управления подачами, 13 — стол, 14 — основание, 15 — насос системы охлаждения, 16 — сверлильная головка

фундаментной плите 14, на которой установлен электронасос 15. Внутри плиты расположен резервуар с отстойником для СОЖ. Коробка 2 скоростей посредством блоков зубчатых колес сообщает шпинделю 9 вращение от электродвигателя 1 через муфту и зубчатую передачу. Последний вал коробки — гильза — имеет шлицевое отверстие, через которое вращение передается шпинделю. Через зубчатую пару вращение передается на коробку подач. Смазывание коробки осуществляется от плунжерного насоса 3. Блоки зубчатых колес коробки скоростей переключаются рукояткой 7, имеющей четыре положения по окружности и три вдоль оси. При движении рукоятки по окружности переключаются двойные блоки, при движении вдоль оси — тройной блок.

Коробка 5 подач смонтирована в отдельном корпусе и установлена в сверлильной головке. Переключение подач производится рукояткой, расположенной на лицевой стороне сверлильной головки, через рычажную систему, которая перемещает вилки, связанные с блоками колес.

Механизм 12 управления подачами, состоящий из червячной передачи, горизонтального вала с реечной шестерней, лимба, рукоятки, кулачковых и храповых обгонных муфт, является

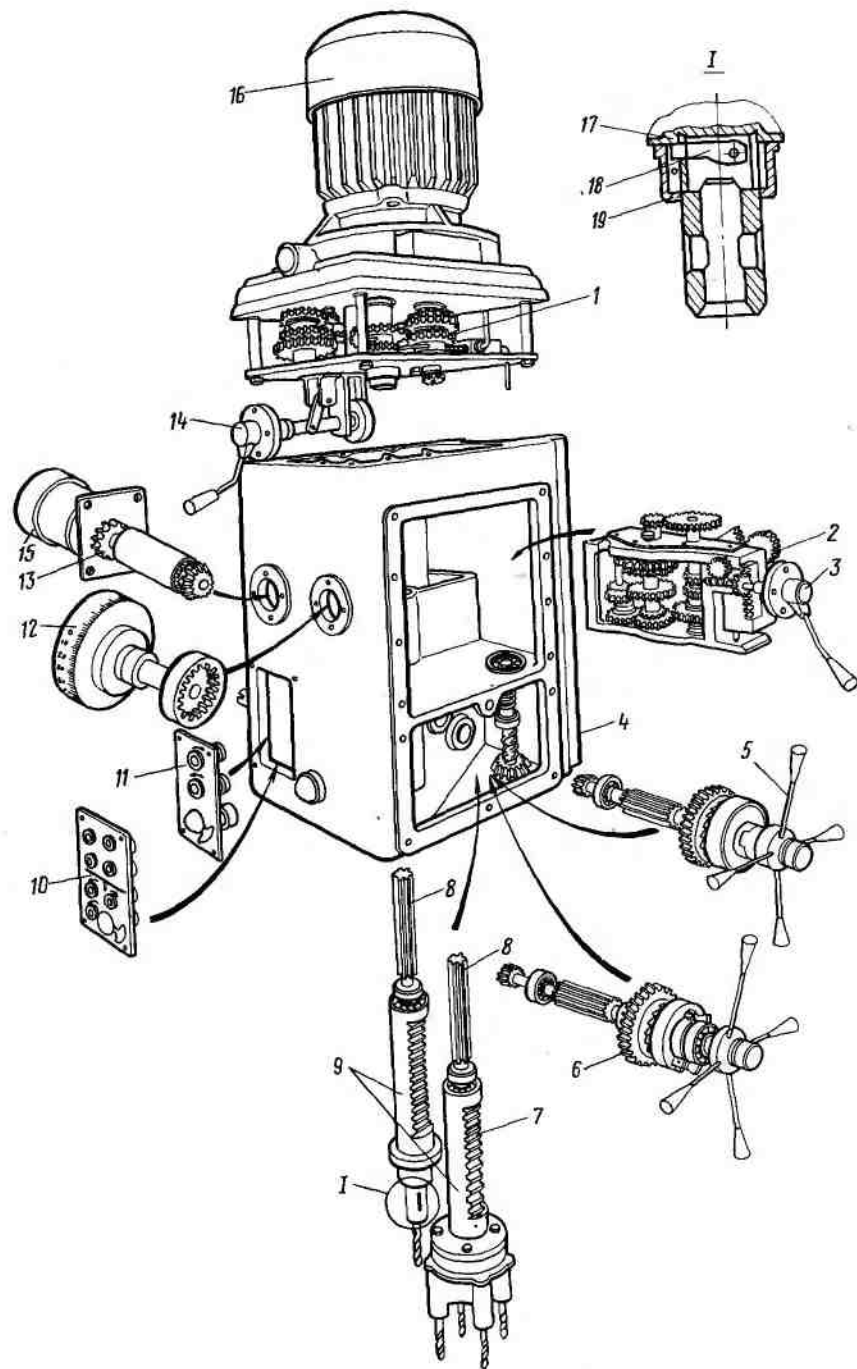


Рис. 14.2. Сверлильная головка

составной частью сверлильной головки (рис. 14.2), в чугунном корпусе которой смонтированы коробка скоростей, коробка подач, шпиндель и другие механизмы. Коробка скоростей содержит двух- и трехвенцовые блоки 1 зубчатых колес. Блоки переключаются рукояткой 14, в результате чего шпиндель 9 получает различную частоту вращения от электродвигателя 16. Переключение выполняется кулачково-зубчатым механизмом, передающим движение штангам, на которых закреплены вилки, связанные с блоками 12 ступеней вращения.

Коробка 2 обеспечивает девять подач шпинделя посредством механизма переключения 3. Переключение выполняется одной рукояткой. Коробка подач получает вращение от одного из валов коробки скоростей, связанного со шпинделем, постоянными передаточными. Механизм подачи обеспечивает ручное или механическое переключение шпинделя. Механизм 5 или 6 подачи универсальных станков обеспечивает передачу от маховика ручного управления через реечную передачу 7 непосредственно на гильзу 8 шпинделя. Для удаления инструмента из конуса шпинделя используется специальный механизм, состоящий из выбивного кулачка 18, обоймы 17 и кожуха 19. При подъеме шпинделя обойма за-

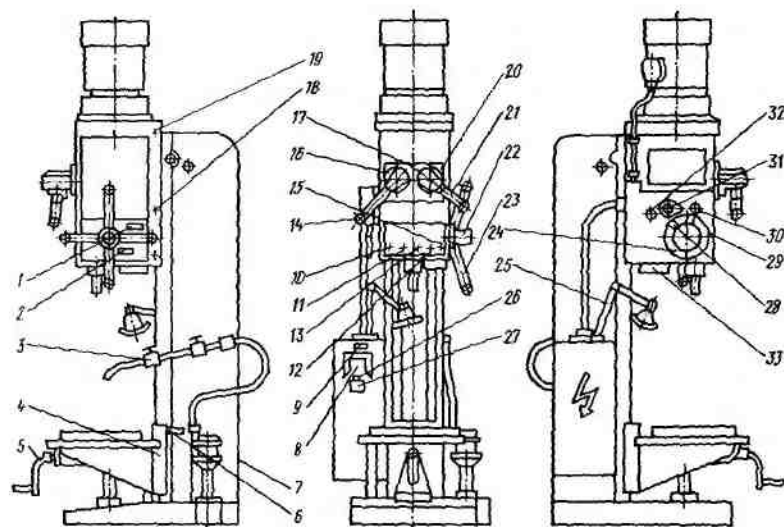


Рис. 14.3. Органы управления станка мод. 2Н135:

1 — заполнение СОЖ, 2 — слив, 3 — край включения охлаждения, 4, 19 — болты для регулировки клина стола в сверлильной головке, 5 — рукоятка перемещения стола, 6 — винт зажима сверлильной головки и рукоятка зажима стола, 7 — колонна, 8 — вводный выключатель, 9 — главный переключатель, 10 — кнопка «Стоп», 11 — кнопка включения качательного движения шпинделя при переключении, 12 — кнопка включения правого вращения шпинделя, 14 — рукоятка переключения скоростей, 15 — сигнальная лампа «Станок выключен», 16 — рукоятка смены частоты вращения шпинделя, 17 — рукоятка смены скорости вращения, 20 — подача за один оборот вращения шпинделя, 21 — рукоятка переключения подач, 22 — кнопка включения ручной подачи, 23 — штурвал механизма подачи, 24 — лимб для отсчета глубины обработки, 25 — выключатель освещения, 27 — выключатель насоса охлаждения, 28 — кулачок для настройки глубины обработки, 29 — кулачок для настройки глубины нарезной резьбы, 30 — рычаг автоматического реверсирования главного привода при достижении заданной глубины резьбы, 31 — рычаг отключения подачи при достижении заданной глубины обработки, 32 — квадрат для ручного перемещения сверлильной головки, 33 — винт регулировки противовеса.

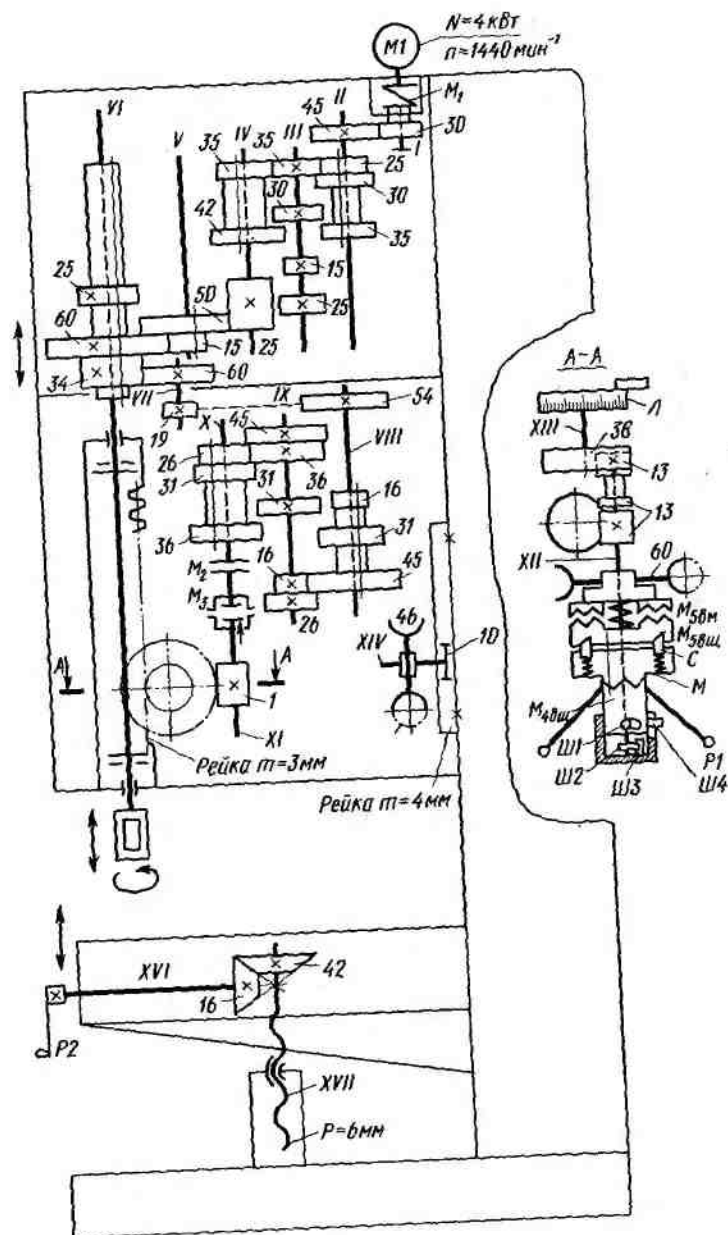


Рис. 14.4. Кинематическая схема станка мод. 2Н135

держивается нижней стенкой корпуса сверлильной головки, а шпиндель, перемещаясь вверх, увлекает за собой кулачок, который закреплен в нем шарнирно. Другой конец кулачка упирается в остановившуюся обойму. Кулачок поворачивается и выдвигает инструмент из конуса шпинделя.

Глубина обработки устанавливается с помощью механизма 12, приводимого во вращение зубчатой парой и имеющего диск с кулачками для установки глубины сверления и автоматического выключения реверсом, а также лимб для визуального отсчета. Ускоренное перемещение шпинделя осуществляется механизмом 13 с электроприводом 15. Управление станком осуществляется кнопочной станцией 11 (для универсального станка) и 10 (для автоматизированного станка).

Шпиндель смонтирован на двух шарикоподшипниках в гильзе. Осевое усилие подачи воспринимается нижним упорным подшипником, вес шпинделя — верхним. Подшипники регулируют гайкой.

Органы управления станком показаны на рис. 14.3, а кинематическая схема — на рис. 14.4.

Цепь главного движения: шпиндель VI получает вращение от электродвигателя M1 через коробку скоростей. Минимальная частота вращения $n_{\min} = 1450 \cdot (30/45) \cdot (25/25) \cdot (15/42) \cdot (25/50) \times (15/60) = 31,5$ об/мин.

Цепь подачи связывает прямолинейное движение шпинделя вдоль оси с его вращением. Она состоит из постоянных зубчатых передач (34/60) и (19/54); коробки подач, соединительной муфты M2, предохранительной муфты M3, червячной передачи (1/60); реечной передачи (рейка с $m = 3$ мм). Зубья рейки нарезаны на гильзе, несущей опоры шпинделя. Максимальная подача $S_{\max} = 1 \cdot (34/60) \cdot (19/54) \cdot (45/16) \cdot (36/26) \cdot (1/60) \cdot \pi \cdot 3 \times 13 = 1,6$ мм/об.

Штурвальное устройство сверлильной головки (разрез А—А) обеспечивает ручной подвод инструмента к заготовке и его отвод, включение и выключение рабочей подачи, подачу для нарезания резьбы.

Из центровых полумуфт M4 и M5 с валом XII шлицами связана ведомая часть M4вм. Она вращается от штурвала P1 через ведущую часть M4вш при подводе. По окончании подвода для врезания требуется значительный крутящий момент, который не может быть передан зубьями муфты M4, сжатыми пружиной на валу XII. Полумуфта M4вш отжимается, преодолевая сопротивление пружины: муфта M5 включается и передает вращение валу XII от червячного колеса 60 через собачки (С) и полумуфту M4вш. Если нужно включить ручную рабочую подачу, вал XII поворачивают штурвалом непосредственно через штифт Ш1; при этом собачки С проскальзывают по зубьям торцового храповика на полумуфте M5вш (этот храповой механизм является механизмом обгона). Ручная подача для нарезания резьбы включается нажимом колпачка со штифтом Ш3; тогда вращение

от штурвала передается через штифты Ш4, Ш3, Ш2. Лимб, связанный с валом XII передачей (13/38) с внутренним зацеплением, позволяет вести отсчет глубины обработки, а также настраивать положение кулачка, реверсирующего шпиндель, и положение кулачка, отключающего подачу на заданной глубине (отключающего муфту M3).

Механизм ручного перемещения сверлильной головки состоит из червячной передачи (1/46), реечного колеса 10 на валу XIV и рейки ($m = 4$ мм), повернутой к колонне. Колесо 10, перекачиваясь по рейке, перемещает головку.

Механизм перемещения стола состоит из рукоятки P2, конической передачи (16/42), передачи винт — гайка (с шагом $P = 6$ мм).

Наладка станка на обычную работу с механической подачей шпинделя состоит в установке стола и сверлильной головки в положения, необходимые для работы, и их зажиме на направляющих колонны, а также в установке необходимой частоты вращения и подачи шпинделя. При наладке на работу с выключением подачи шпинделя на заданной глубине нужно: установить инструмент в шпинделе; закрепить заготовку; опустить шпиндель до упора инструмента в заготовку; установить лимб сверлильной головки так, чтобы против указателя находилась цифра, соответствующая глубине обработки с учетом угла заточки инструмента. Кулачок с буквой П закрепляют так, чтобы его риска совпала с соответствующей риской на лимбе. При обработке, когда достигается заданная глубина, подача шпинделя прекращается, но он будет вращаться до момента нажатия на кнопку «Стоп».

Наладка станка на нарезание резьбы с реверсом шпинделя на определенной глубине: устанавливают патрон с метчиком в шпиндель, а заготовку на столе; опускают шпиндель до упора инструмента в заготовку; устанавливают лимб на сверлильной головке для соответствующей глубины обработки; совмещают риски кулачка P с соответствующей риской на лимбе и закрепляют кулачок; включают шпиндель и вручную вводят метчик в отверстие; через 2—3 оборота метчика включают механическую подачу. При достижении заданной глубины шпиндель автоматически реверсируется и метчик выходит из отверстия. Для правого вращения шпинделя включают нужную кнопку.

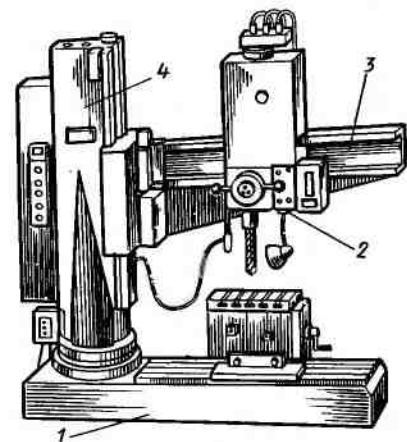


Рис. 14.5. Общий вид радиально-сверлильного станка мод. 2554

Радиально-сверлильный станок мод. 2554 (рис. 14.5) предназначен для сверления, зенкерования, развертывания отверстий, нарезания резьбы метчиками в корпусных и других деталях в условиях единичного и серийного производства. Использование специальной оснастки позволяет вырезать из листа круглые пластины, выполнять операции, характерные для расточных станков.

Техническая характеристика

Наибольший диаметр сверления, мм	50
Вылет шпинделя от направляющих колонны, мм	350—1600
Частота вращения шпинделя (число ступеней 25), об/мин	21
Подача (число ступеней 21), мм/об	0,05—5

Заготовку крепят на плите 1 (см. рис. 14.5) или в приспособлении, установленном на этой плите, или на приставном столе. Все движения выполняет шпиндель, который вращается (главное движение) и перемещается вдоль оси (движение подачи). Головка 2 со шпинделем может перемещаться по рукаву 3 и вместе с рукавом вокруг колонны 4. Рукав может также перемещаться вертикально по прямоугольным направляющим колонны. На сверлильной головке смонтированы коробки скоростей и подачи, а также гидравлические механизмы переключения.

Цепь главного движения (рис. 14.6) соединяет электродвигатель М1 со шпинделем VI. Фрикционная муфта М1 реверсирует шпиндель, соединяя с валом I колеса 38—33 или 34, которые передает движение на вал II через паразитное колесо 22. Муфтой управляет гидропривод, обеспечивающий три положения. В среднем (нейтральном) положении муфта выключена, движение на вал II не передается, поскольку включен тормоз Т, заблокированный с муфтой. Коробка скоростей содержит, кроме того, четыре двойных блока и сопряженные с ними колеса. Шпиндель VI через шлицевый хвостовик получает вращение от втулки, по которой может перемещаться колесо 28. Оно передает вращение от колеса 50 на валу V или от внутреннего зубчатого венца 28, соединенного с колесом 65 и работающего как зубчатая муфта. Максимальная частота вращения шпинделя $n_{max} = 1450 \cdot (26/38) \times (38/38) \cdot (35/25) \cdot (36/32) \cdot (50/28) = 2000$ об/мин.

Привод подачи обеспечивает осевое перемещение гильзы с шпинделем. Коробка подачи охватывает валы VII—XI и получает движение от шпиндельной шлицевой втулки через передачу (36/44). Затем следует две тройные группы передач, причем колесо 40 на валу VIII принадлежит обеим группам. На валу XII установлены три зубчатых венца (49—32—28). Движение на вал XII может быть передано с вала IX напрямую при сцеплении наружного и внутреннего венцов 18 (образуют зубчатую муфту), либо через вал X (передачи 42/21 и 32/32), либо через вал XI (передачи 18/47 и 16/49). С вала XII на вал XIV движение передается через предохранительную и управляющую муфты М2.

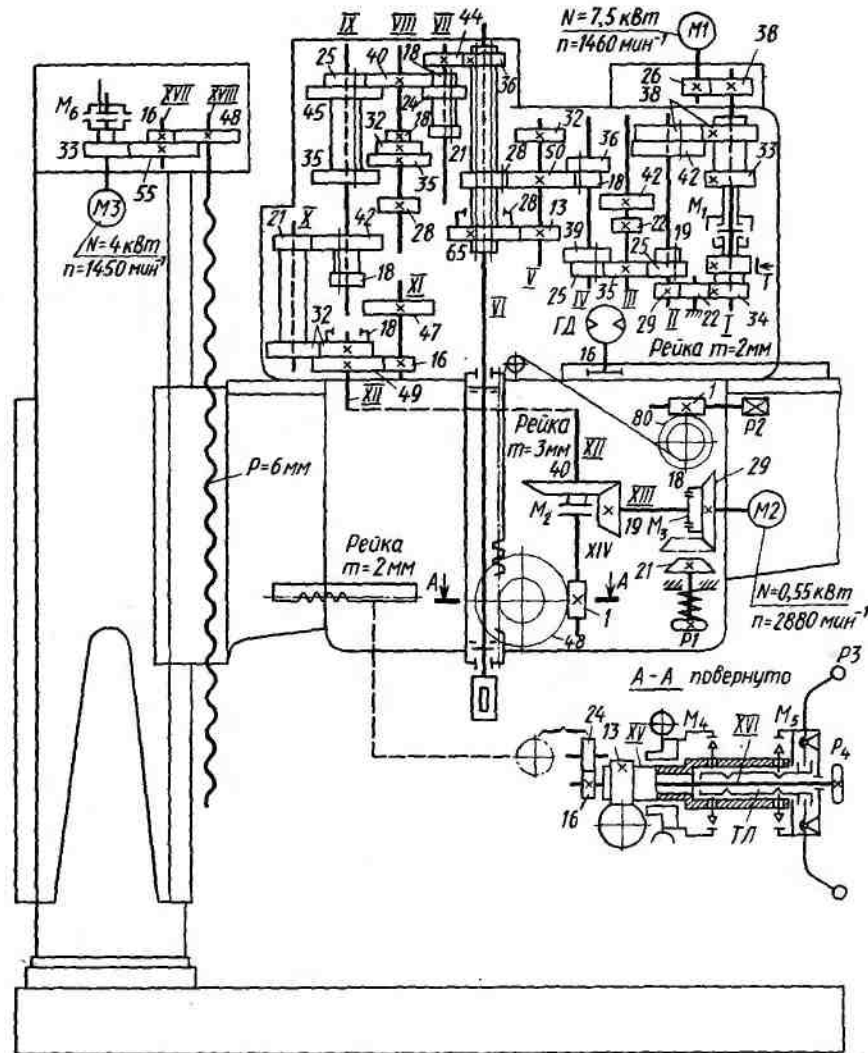


Рис. 14.6. Кинематическая схема радиально-сверлильного станка мод. 2554

Последняя срабатывает при перегрузке, а также при достижении заданной глубины сверления.

Далее следуют червячная передача (1/48) и реечная передача 13 (сечение А—А). Зубья рейки ($m=3$ мм) нарезаны на гильзе, несущей опоры шпинделя. Минимальная величина подачи $S_{min} = 1 \cdot (36/44) \cdot (18/40) \cdot (18/45) \cdot (18/47) \cdot (16/49) \cdot (1/48) \times \pi \cdot 3 \cdot 13 = 0,05$ мм/об.

Гильза со шпинделем уравновешены спиральными пружина-

ми, регулируемые рукояткой $P2$ через передачу (1/80). Быстрое осевое перемещение невращающегося шпинделя выполняется от электродвигателя $M2$ через зубчатую муфту $M3$, коническую передачу (19/40), муфту $M2$. Маховичком $P1$ осуществляют тонкую ручную подачу. Рукоятки штурвала $P3$ предназначены для быстрого ручного перемещения или грубой подачи шпинделя, а также для включения цепи механической подачи. Нажимая на рукоятки «от себя» (на схеме влево), перемещают толкатель $TЛ$ вправо. Муфта M_4 при этом включается, червячное колесо 48 соединяется с реечным колесом 13 и становится возможной механическая подача. При повороте рукоятки «на себя» муфта M_4 выключается, а M_5 включается и появляется возможность поворачивать штурвал с реечным колесом при неподвижном червячном колесе, т. е. производить грубую ручную подачу.

Сверильную головку перемещают по рукаву вручную посредством маховичка $P4$, зубчатых передач (33/55) и (16/48), передачи винт — гайка ($P = 6$ мм). Крутящий момент передается с ротора на первое колесо 33 через шариковую предохранительную муфту M_6 . Зажим сверильной головки на рукаве, рукава на колонне и самой колонны (от поворота) выполняют гидроцилиндры. Для зажима колонны используются плунжер-рейка и передача винт — гайка. В остальных случаях поршни действуют через рычажные системы.

Штурвальное устройство механизма подач (рис. 14.7). Механическую подачу включают поворотом рычагов 15 штурвала от себя. При этом ползушка 18 выталкивается из паза толкателя

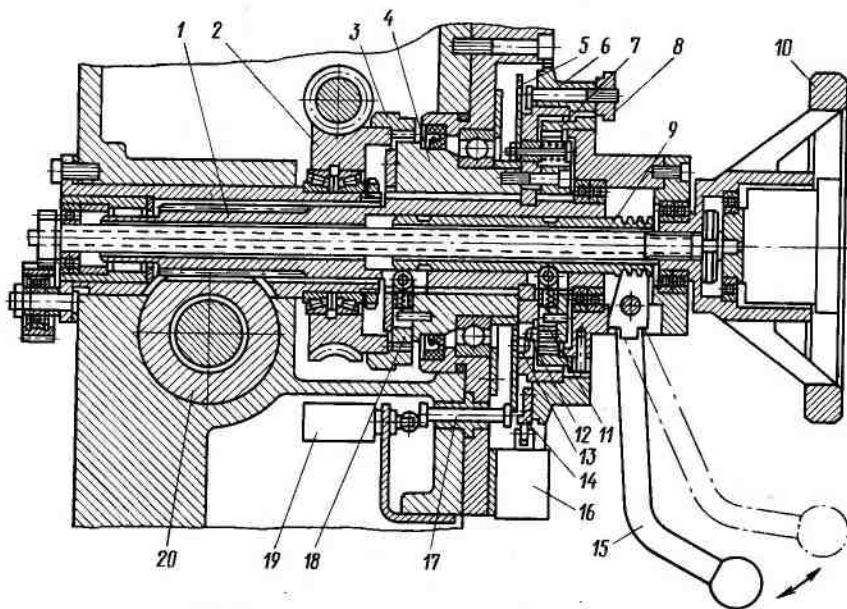


Рис. 14.7. Механизм управления подачей станка мод. 2554

9 и вводится (профильным концом) во впадину внутреннего зубчатого венца 3; червячное колесо 2 привода соединяется с корпусом 4 ползушек. Корпус 4 через шлицы передает вращение полному валу 1 реечного колеса, которое перемещает гильзу 20 со шпинделем. При повороте рычагов 15 на себя ползушка 18 выходит из зацепления, а ползушка 11 выталкивается и вводится в зацепление с зубчатым венцом 7. Ступица штурвала теперь связана с корпусом 4. При перемещении ползушки 11 взаимодействуют упоры 12, 13; подпружиненный диск 5 отжимается влево и стержнем 17 нажимает на микропереключатель 19, включающий механическую подачу. Для ее включения при достижении заданной глубины обработки настраивают положение кулачка 14 относительно микропереключателя 16; при этом используют шкалу лимба 6, который крепится гайкой 8. Сверильную головку перемещают по рукаву маховичком 10.

14.3. РЕЖУЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ НА СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКАХ

Для обработки заготовок применяют сверла, зенкеры, развертки, метчики, комбинированные инструменты, расточный инструмент (рис. 14.8). Для сверления и растачивания используют спиральные сверла (рис. 14.8, а). Геометрические параметры: $\omega = 26 \div 30^\circ$; $\gamma = 1 \div 4^\circ$; $\alpha = 8 \div 14^\circ$, у перемычки $\alpha = 20 \div 26^\circ$. Угол при вершине $116-118^\circ$ при обработке стали, $90-100^\circ$ при обработке бронзы и чугуна. Угол наклона поперечной режущей кромки $52-55^\circ$. Сверла для рассверливания отверстий в

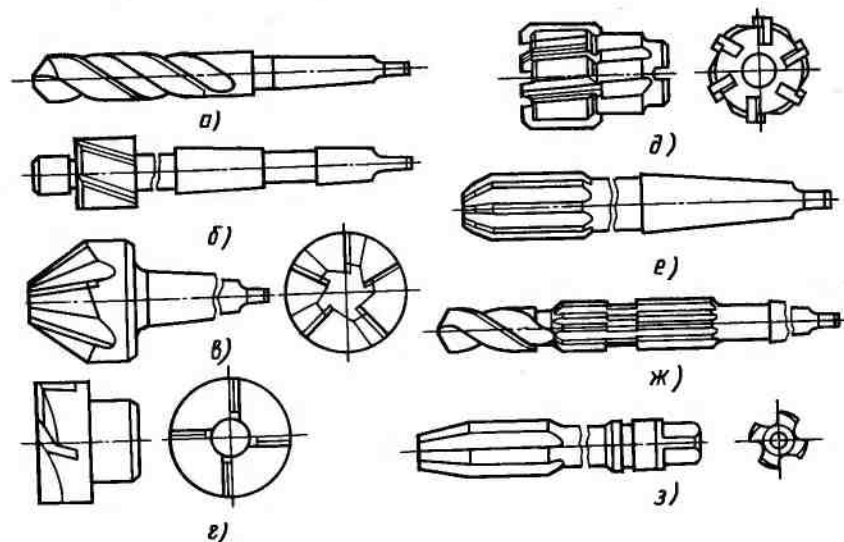


Рис. 14.8. Режущие инструменты для обработки отверстий на сверлильных станках

чугунных заготовках имеют прямолинейную канавку или канавку с крутой спиралью для отвода стружки и пластину твердого сплава на режущей части. Для сверления глубоких отверстий большого диаметра используют перовые сверла. Отверстия большого диаметра сверлят полыми головками для кольцевого сверления.

Зенкеры используют для обработки отверстий, предварительно полученных литьем, ковкой или сверлением. Применяют цилиндрические (рис. 14.8, б), конические (рис. 14.8, в) и торцовые (рис. 14.8 г) зенкеры, а также зенкеры с коническим цилиндрическим хвостовиком, насадные зенкеры и зенкеры с припаянными пластинами инструментального материала. Геометрические параметры зенкеров: $\omega = 10 \div 20^\circ$; $\alpha = 5 \div 8^\circ$; $\gamma = 15 \div 20^\circ$ (при обработке мягкой стали), $\alpha = 10 \div 12^\circ$ (при обработке стали средней твердости и стальных отливок); $\gamma = 0 \div 5^\circ$ (для твердой стали и твердого чугуна), $\gamma = 6 \div 8^\circ$ (для твердосплавных зенкеров).

Развертки используют для окончательной обработки отверстий. Применяют цилиндрические (рис. 14.8, д, е) и конические развертки — цельные (рис. 14.8, е) и со вставными ножами (рис. 14.8, д). Обработку отверстий $\varnothing 60\text{—}400$ мм можно вести плавающими развертками. Геометрические параметры: на заборной части $\alpha = 6 \div 15^\circ$, на калибрующей части $\alpha = 0 \div 10^\circ$. У чистовых разверток для обработки хрупких материалов $\alpha = 0$; у твердосплавных разверток $\alpha = 0 \div 5^\circ$. Для улучшения шероховатости отверстий применяют развертки с углом наклона канавок к оси $7\text{—}8^\circ$ (для серого чугуна и твердой стали) и $12\text{—}20^\circ$ (для ковкого чугуна и стали средней твердости). В крупносерийном и массовом производстве применяют комбинированный инструмент (рис. 14.8, ж).

Для нарезания внутренней резьбы используют метчики (рис. 14.8, з), которые закрепляют в специальном патроне.

14.4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА И ЗАГОТОВОК

На вертикально-сверлильных станках заготовки крепят непосредственно на столе станка (с помощью прихватов, ступенчатых или регулируемых упоров) либо в приспособлениях. На радиально-сверлильных станках крупные заготовки устанавливают на плиту, а средние — на съемную проставку. В качестве приспособлений применяют универсальные или специализированные машинные тиски с винтовым или эксцентриковым зажимом (в единичном производстве) и с пневмо- или гидроприводом (в серийном и массовом производстве). Крепление заготовок на вертикальной или наклонной поверхности осуществляют с помощью поворотных стоек. Цилиндрические заготовки устанавливают на призмы. При обработке отверстия с торца применяют кулачковые или цанговые патроны, закрепленные на столе станка. При обработке отверстий, расположенных по окружности, для

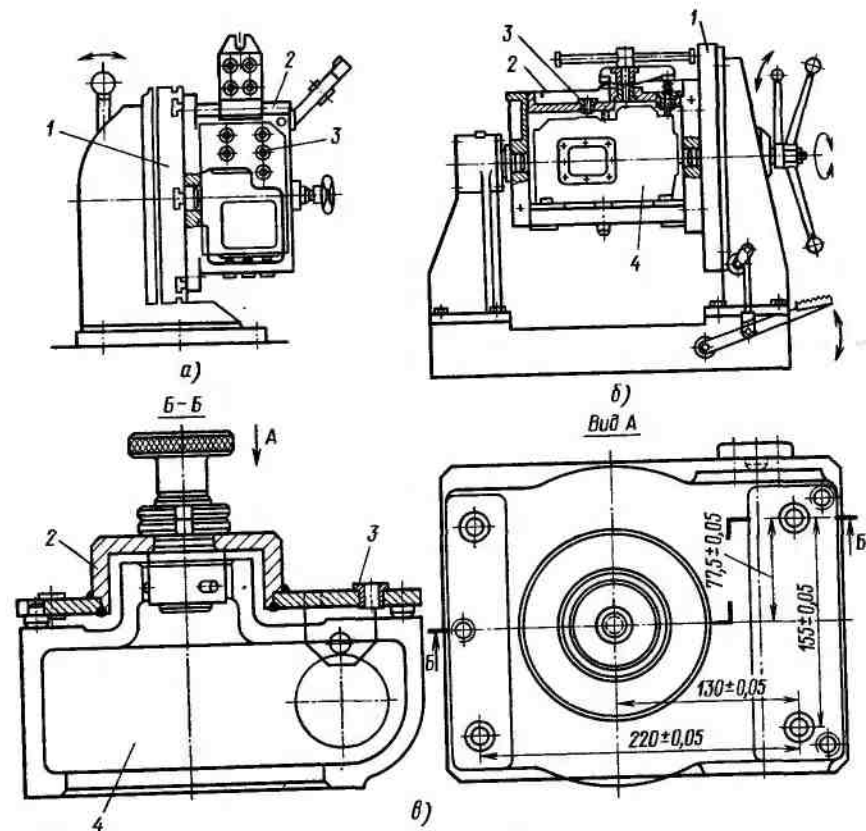


Рис. 14.9. Кондукторы для сверлильных станков:

а — однопорный поворотный кондуктор с нормализованной стойкой, б — двухпорный поворотный кондуктор, в — накладной кондуктор; 1 — поворотная планшайба, 2 — кондуктор, 3 — направляющая втулка, 4 — заготовка

крепления заготовок используют поворотные столы с ручным (ножным) и механизированным приводом.

Для точной установки заготовку выверяют с помощью рейсмуса, кронциркуля, штангенрейсмуса, индикатора, угольника. В серийном производстве детали средних и крупных размеров обрабатывают в поворотных кондукторах (рис. 14.9, а, б). Применяют также накладные кондукторы (рис. 14.9, в).

Инструмент с коническим хвостовиком устанавливают непосредственно в отверстие шпинделя (через переходную втулку или набор втулок) или в патрон. При обработке отверстий в несколько переходов применяют быстросменные патроны с шариковыми или кулачковыми зажимами.

Быстросменный патрон (рис. 14.10, а) позволяет менять инструмент на ходу при подъеме втулки 3 вверх; при этом шарики

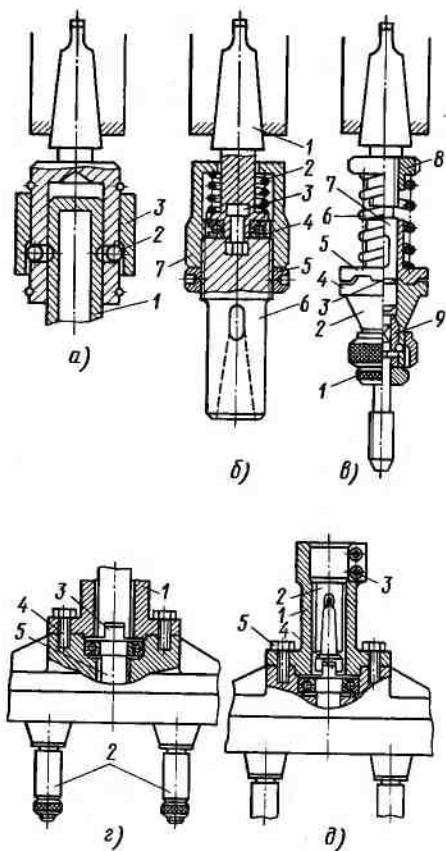


Рис. 14.10. Вспомогательный инструмент для сверлильных станков

При росте нагрузки на метчик полумуфта 5, перемещаясь вверх, выходит из зацепления с зубцами полумуфты 4, сжимает пружину 6 и, пробуксовывая, прекращает передачу движения на метчик. Регулировка пружины 6 осуществляется гайкой 8.

Инструменты с цилиндрическим хвостовиком закрепляют в самоцентрирующих кулачковых патронах, разрезных втулках и цанговых патронах. После установки и закрепления режущего инструмента проверяют его радиальное и торцовое биение.

Универсальные вертикально-сверлильные станки оснащают многошпиндельными головками, что повышает их производительность и позволяет применять в крупносерийном и массовом производстве. Эти головки бывают стационарными, обеспечивающими одновременный ввод одинаковых или разных по назначению и размерам инструментов, и поворотными (револьверными),

2 расходятся под действием центробежной силы и освобождают сменную державку 1 с инструментом.

Самоустанавливающиеся патроны (рис. 14.10, б) применяют при обработке предварительно просверленных отверстий для обеспечения соосности отверстия и инструмента. Патрон крепят коническим хвостовиком корпуса 1 в шпинделе станка. Вращательное движение передается от корпуса через поводок 3 оправке 6. Муфта 7 стопорится кольцом 5. Упорный подшипник 4 установлен между торцами корпуса и оправки. Пружина 2 прижимает оправку к корпусу. Оправка самоустанавливается относительно оси вращения корпуса патрона.

Предохранительные патроны (рис. 14.10, в) применяют при нарезании резьб в глухих отверстиях. Пружина 6 прижимает ведущую кулачковую полумуфту 5 к ведомой полумуфте 4 с конусом 2, свободно установленной на оправке 7, и сообщает ей движение. Метчик установлен в сменной втулке 9.

позволяющими последовательно вводить в работу разные по назначению и размерам инструменты. Головки бывают специальные и универсальные: первые предназначены для обработки отверстий с определенным расположением координат, вторые допускают в определенных пределах регулировку расположения рабочих шпинделей.

Головки имеют зубчатый, кривошипный и зубчато-кривошипный привод. При фланцевом исполнении пиноли 1 головку (рис. 14.10, г) крепят к ней болтами 4. Шпиндели 2, число которых равно числу отверстий, подлежащих обработке, получают вращение от зубчатого колеса, насаженного на ведущий вал 5, получающий вращение от шпинделя станка через поводок 3. При отсутствии на пиноли фланца его делают съемным (рис. 14.10, д): к фланцу 1 крепят болтами 5 многошпиндельную головку, устанавливают его на гильзу шпинделя 2 и зажимают болтами 3; ведущий вал головки получает вращение от шпинделя через оправку и поводок 4.

14.5. РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ НА СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКАХ

Элементы режима резания при сверлении: подача S ; скорость резания $v = \pi Dn/1000$ (где D — диаметр инструмента, мм; n — частота вращения инструмента, об/мин); глубина резания $t = 0,5D$ (при сверлении) и $t = 0,5 \cdot (D - d)$ (при рассверливании, зенкерования, развертывании).

Сверлением (рис. 14.11, а) получают сквозные и глухие цилиндрические отверстия (качество 12—13; $Ra = 6,3 \div 15$). Отверстия диаметром больше 30 мм в сплошном материале обычно сверлят двумя сверлами (первое меньшего и второе большего диаметра) в целях уменьшения осевой силы и предотвращения значительного увода сверла. Спиральные сверла обеспечивают при обработке деталей в кондукторах точность расположения отверстий $\pm 0,15$ мм. Отверстия, длина которых меньше пяти диаметров сверла, сверлят по разметке (без кондуктора). При точном расположении отверстия сверла направляют через втулки, установленные в приспособлении, или через отверстия, предварительно обработанные в одной из стенок детали. В качестве СОЖ применяют эмульсию или керосин (расход 10—12 л/мин).

Рассверливание (рис. 14.11, б) спиральным сверлом выполняют для увеличения диаметра отверстия. Диаметр отверстия под рассверливание выбирают так, чтобы в работе не участвовала поперечная режущая кромка.

Зенкерование (рис. 14.11, в) применяют как предварительную обработку литых, штампованных или просверленных отверстий под последующее развертывание, растачивание или протягивание. Точность зенкерования 11—13-го качества (при шероховатости $Ra = 10 \div 15$ мкм). Зенкерование может быть и окончательной операцией. В отличие от рассверливания зенкero-

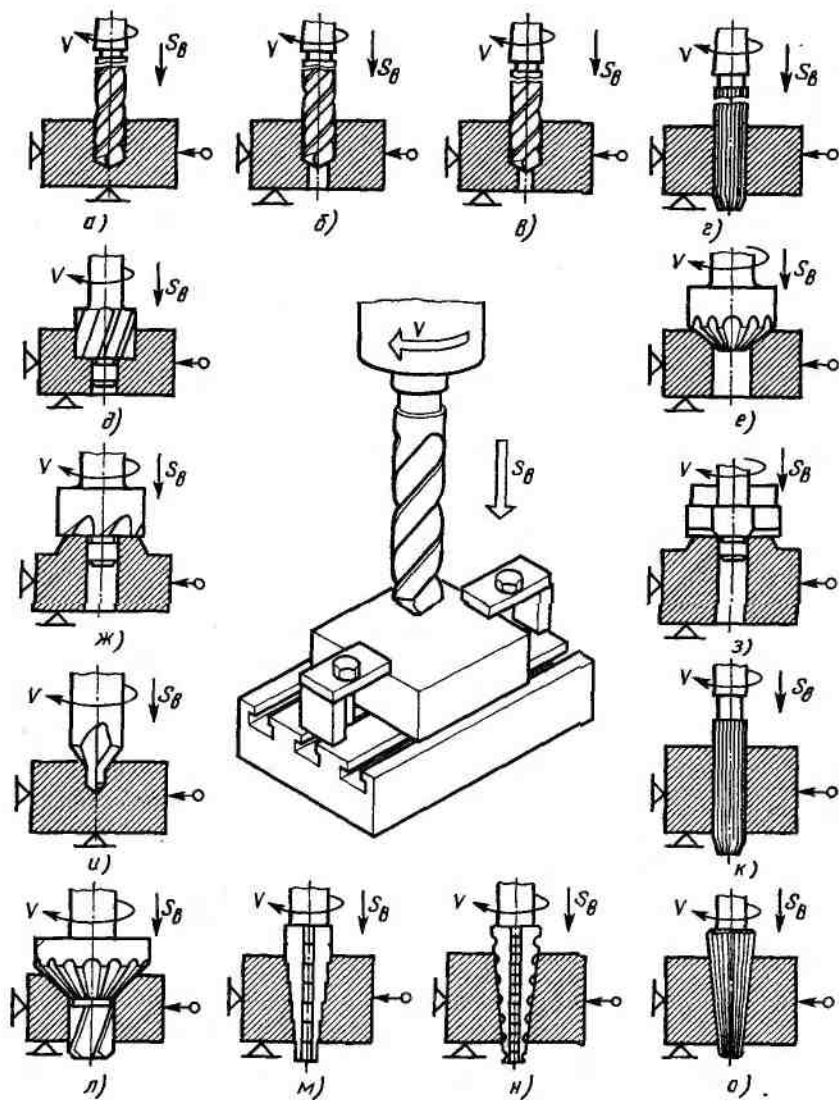


Рис. 14.11. Основные схемы обработки на сверлильных станках

вание обеспечивает большую производительность и точность обработки. У твердосплавных зенкеров скорость резания $v = 40 \div 150$ м/мин (при обработке заготовок из незакаленных деталей с охлаждением) и $v = 50 \div 175$ м/мин (при обработке чугуна без охлаждения). Период стойкости в зависимости от диаметра зенкера 15–80 мин.

Развертывание — чистовая обработка цилиндрических

и конических отверстий с точностью 7–11-го качества и шероховатостью $Ra = 1,25 \div 5$ мкм. Развертывание конических отверстий: сначала цилиндрические отверстия в заготовке обрабатывают коническим ступенчатым зенкером (рис. 14.11, м), далее — конической разверткой (рис. 14.11, н) со стружкоразделительными канавками и затем конической разверткой (рис. 14.11, о) с гладкими режущими кромками. При требуемой шероховатости $Ra = 5$ мкм заготовку предварительно сверлят с припуском на размер 0,3–0,5 мм; при $Ra = 2,5$ мкм заготовку предварительно зенкуют с припуском на размер 0,25–0,4 мм; при $Ra = 1,25$ мкм заготовку подвергают предварительно черновому развертыванию с припуском на размер 0,15–0,25 мм.

Зенкованием обрабатывают цилиндрические (рис. 14.11, д) и конические (рис. 14.11, е) углубления под головки болтов и винтов. Обработку ведут зенковками-зенкерами спиральной конструкции. Некоторые зенковки (рис. 14.11, д) имеют направляющую часть, обеспечивающую соосность углубления и основного отверстия.

Цекованием (рис. 14.11, ж, з) обрабатывают торцовые поверхности, являющиеся опорными плоскостями головок гаек, винтов, болтов. Перпендикулярность торца к основному отверстию обеспечивается наличием направляющей части у цельной цековки (рис. 14.11, ж) и у пластинчатого реза (рис. 14.11, з).

Нарезание резьбы (рис. 14.11, к) выполняют метчиком.

Комбинированным инструментом получают сложные поверхности (рис. 14.11, л).

Рассмотренные схемы обработки применяют и на станках с ЧПУ. Канавки в отверстиях растачивают с помощью специальных патронов, преобразующих ручную осевую подачу шпинделя в радиальную подачу реза.

Многопереходную обработку на сверлильных станках осуществляют простыми или комбинированными быстросменными инструментами за несколько рабочих ходов. Глубину отверстий или высоту ступеней при ручной подаче и точности линейных размеров до 0,2 мм обеспечивают вращающимися ограничительными упорами на инструменте или приспособлении. При автоматической подаче на всех переходах обработки используют регулируемые сменные втулки, уравнивающие вылет шпинделя станка, что позволяет отключать подачу станочным упором. Обработанные отверстия контролируют штангенциркулем, штангенглубомером, индикаторным нутромером и др.

14.6. ДЕФЕКТЫ ОБРАБОТКИ И ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

При сверлении могут появляться следующие погрешности обработки: увод сверла от заданной оси; разбивка отверстия по диаметру, неудовлетворительная шероховатость обработан-

ной поверхности; смещение оси отверстия от базовых поверхностей.

Причины увода сверла от заданной оси: продольный изгиб сверла; неплотная посадка конуса сверла в шпинделе станка; неперпендикулярность поверхности заготовки к направлению подачи сверла. Во избежание увода; выполняют двойную заточку сверла с проточкой перемычки и ленточки; предварительно за сверливают заготовку жестким укороченным сверлом; применяют удлиненные направляющие втулки; следует, чтобы конусы шпинделя и инструмента не имели забоин и загрязнений.

Причины разбивки отверстия при сверлении: несоосность осей хвостовика и рабочей части сверла; смещение оси заборного конуса относительно оси хвостовика; неравномерно режущих кромок при заточке или биение оси шпинделя станка. Во избежание разбивки отверстий необходимо: соблюдать технические условия на биение рабочей части сверла относительно хвостовика; затачивать режущие кромки сверла с базой от хвостовика и контролировать равенство длин режущих кромок.

Неудовлетворительная шероховатость поверхности отверстия и смещение оси отверстия относительно базовых поверхностей являются следствием тех же причин, что и увода сверла и разбивки отверстия, а также определяются качеством затачивания и неправильностью установки инструмента.

Поломок сверл может произойти из-за выкрашивания режущих кромок; затупления, износа или повреждения кромок ленточек; поломки лапки хвостовика. Во избежание поломок необходимо: уменьшить скорость резания и подачу; затачить сверло; заменить направляющую втулку; своевременно очищать сверло от стружки; обеспечить правильное сопряжение конических поверхностей инструмента, переходной втулки и шпинделя.

При сверлении следует соблюдать следующие правила: не использовать сверла, длина спиральных канавок которых меньше глубины сверления; подводить сверло к заготовке только при его вращении; врезание осуществлять вручную, а потом включать механическую подачу; не останавливать сверло при резании, не выключив предварительно его подачу; при сверлении отверстий торец заготовки должен быть перпендикулярен к оси сверла на входе и выходе.

Дефекты при зенкеровании: задиры и глубокие риски от прилипшей к инструменту стружки; разбивка отверстия; появление дробленной поверхности и выкрашивание режущей кромки из-за вибраций инструмента. Для предупреждения указанных дефектов нужно смазать зенкер керосином или индустриальным маслом, изменить геометрию заточки, уменьшить диаметр зенкера или повысить его подачу.

Дефекты при развертывании: не выдержан диаметр отверстия; остались следы предыдущей обработки; дробления, задиры, заедание и поломка инструмента. Для предупреждения этих дефектов нужно: довести развертку по диаметру, правильно со-

вместив ось развертки с осью отверстия; уменьшить скорость резания; затачить развертку; повисить припуск под развертывание.

14.7. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ НА СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКАХ

Используемые при наладке сверлильных станков прижимные планки, призмы, угольники, машинные тиски должны соответствовать габаритам обрабатываемых деталей. Вспомогательный инструмент для закрепления режущего инструмента не должен иметь повреждений посадочных мест. Комплект переходных втулок должен быть в исправном состоянии. Рабочие поверхности цанговых сверлильных патронов и конусные гнезда быстросменных патронов должны обеспечивать точное и надежное крепление инструментов.

Во избежание поломок инструмента и повреждения кондукторных втулок правильность положения заготовок по отношению к инструменту следует проверять при легком закреплении заготовки. Окончательное крепление заготовки нужно производить после совмещения оси вращения инструмента и оси втулки.

При работе с быстросменными сверлильными патронами необходимо следить за состоянием рифленной поверхности кольца; она должна быть ровной, а рифления равномерными. После наладки станка необходимо проверить правильность установки упоров, ограничивающих перемещение исполнительных усилий станка, а также работу рукояток и кнопок управления.

Контрольные вопросы

1. Что вы знаете о назначении и классификации сверлильных станков?
2. Что вы знаете об устройстве основных узлов и механизмов вертикально- и радиально-сверлильных станков?
3. Какие режущие инструменты применяют на сверлильных станках?
4. Какая технологическая оснастка используется на сверлильных станках?
5. Расскажите о работах, выполняемых на сверлильных станках.
6. Какие дефекты могут возникать при обработке на сверлильных станках и как их устранить?

ГЛАВА 15

ПРИВОДЫ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

15.1. НАЗНАЧЕНИЕ И ТИПЫ ПРИВодОВ

Совокупность устройств, приводящих в движение рабочие органы металлорежущих станков, называют приводом. Он состоит из двигателя, являющегося источником движения, и механизмов, передающих движение рабочим органам.

В качестве двигателей чаще всего применяют односкоростные

асинхронные электродвигатели переменного тока с короткозамкнутым ротором. Обладая жесткой характеристикой, они обеспечивают постоянство мощности на всем диапазоне скоростей и незначительное изменение числа оборотов вала под нагрузкой. Реже применяют двухскоростные и шаговые электродвигатели, а в приводах тяжелых и некоторых средних станков электродвигатели постоянного тока. При осуществлении вспомогательных движений нередко используют электромагниты.

Широкое распространение в металлорежущих станках получили гидравлический и пневматический приводы, которые имеют ряд преимуществ перед электроприводом.

Привод станка должен обеспечивать заданный диапазон регулирования скоростей главного движения и подачи станка, их число и величину. От привода требуется плавная безвибрационная передача мощности и крутящего момента при обеспечении необходимой точности и шероховатости обрабатываемой поверхности детали.

В большинстве случаев вал электродвигателя, гидро- или пневмомотора и ведущий вал привода связывают между собой соединительными муфтами, ременными или зубчатыми передачами.

Привод главного движения в станках обладает рядом особенностей. К ним относятся: повышенная мощность двигателей; необходимость использования всей мощности электродвигателя на любой частоте вращения шпинделя станка; длительная работа при постоянной заданной частоте вращения шпинделя станка; большие вращающиеся массы, во много раз превосходящие собственные моменты инерции двигателя.

Для приводов главного движения необходимо использовать максимальную мощность двигателя во всем диапазоне скоростей резания, поэтому неизбежным оказывается наличие коробок передач. Если диапазон частот вращения шпинделя велик, коробки передач получаются сложными. Применение асинхронных электродвигателей с электрическим переключением скоростей значительно упрощает коробки передач станков. Однако асинхронные электродвигатели с переключением скоростей обладают постоянным моментом на разных скоростях, что снижает их эффективность при работе на малых скоростях.

Большое преимущество в этих случаях имеют пневмо- и гидроприводы, регулирование частоты вращения которых осуществляется бесступенчато в большом диапазоне.

Использование электродвигателей постоянного тока, частота вращения которых в достаточно широких пределах может регулироваться при постоянной мощности в определенном диапазоне скоростей путем регулирования поля возбуждения, оказывается более предпочтительным, так как значительно упрощает коробку передач.

Особенностью главных приводов (помимо большой мощности) по сравнению с приводами подачи является их работа при значи-

тельно изменяющихся инерционных моментах нагрузки при переключении коробок передач, что создает определенные трудности при стабилизации приводов.

Большие нагрузки, действующие на двигатели главных приводов достаточно большой мощности, обуславливают большое время для их разгона и торможения.

Приводы подачи станков: сообщают движения суппортам и столам токарных, револьверных, шлифовальных, фрезерных и других станков; осуществляют подачу шпинделей в расточных и сверлильных станках, движения обката и деления в зубообрабатывающих станках, вращения заготовки в круглошлифовальных станках; производят вспомогательные и установочные перемещения; устанавливают в рабочее положение или исходную позицию столы, суппорты, траверсы.

К приводам подачи станков предъявляются весьма жесткие требования, перечисленные ниже.

1. Обеспечение требуемого режима обработки и получение заданного ряда точных передаточных отношений при ступенчатом регулировании.

2. Кинематические и силовые характеристики приводов должны обеспечивать требуемые величины подач и усилий при обработке различных деталей в целях достижения заданной шероховатости обрабатываемых поверхностей, высоких стойкости инструмента и производительности обработки.

3. Механизмы подачи должны быть выполнены с минимально возможными зазорами, что осуществляется путем уменьшения числа звеньев в этих механизмах, а также путем использования гидро- и пневмоприводов.

4. Приводы подачи должны обеспечивать наибольшие величины ускорений в результате уменьшения приведенного момента инерции движущихся частей привода.

5. Уменьшение износа узлов привода и повышение стабильности его параметров.

6. Уменьшение нагрева привода.

15.2. СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ТОКЕ

Упорядоченное движение электрических зарядов (т. е. движение, имеющее преобладающее направление в пространстве) образует электрический ток, создаваемый обязательно в замкнутой электрической цепи.

Для количественной оценки тока служит понятие силы тока I — количество электричества, протекающего через поперечное сечение проводника в единицу времени. Если движение зарядов равномерно и за время t через поперечное сечение проводника переместилось количество q электричества, то постоянная сила тока в проводнике $I = q/t$. Единица силы тока — ампер. Единица количества электричества — кулон — определяется как количество электричества, протекающее через поперечное сечение

проводника в одну секунду при изменяющейся силы тока в один ампер.

Для характеристики электрической цепи одной из основных величин является напряжение U — скалярная величина, равная работе, которая производится при перемещении единицы положительного электричества (одного кулона) между двумя точками цепи: $U = A/q$. Единицей измерения напряжения служит вольт. Это напряжение между двумя точками цепи, когда при перемещении заряда в один кулон совершается работа в один джоуль.

При изучении всякого рода энергетических процессов в силовых полях применяется вспомогательное понятие — потенциал, который численно равен работе, совершаемой силами поля при перемещении единицы положительного электричества из рассматриваемой точки поля в точку, потенциал которой равен нулю.

Электроны, перемещающиеся под действием сил электрического поля, сталкиваются с атомами и молекулами проводника. Это противодействие проводника электрическому току является сопротивлением R проводника. Единицей сопротивления является ом, равный сопротивлению проводника, по которому течет ток силой в 1 ампер при напряжении на концах проводника в 1 вольт. Сила тока, напряжение и сопротивление связаны соотношением, которое называют законом Ома: $I = U/R$, т. е. сила тока в проводнике прямо пропорциональна разности потенциалов и обратно пропорциональна сопротивлению.

15.3. СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЯХ

Наиболее распространенными видами электродвигателей являются асинхронные бесколлекторные машины, коллекторные машины, а также синхронные машины.

Из числа различных видов современных электрических машин самой распространенной является асинхронная бесколлекторная машина, в которой при работе возбуждается вращающееся магнитное поле, но ротор которой вращается асинхронно, т. е. со скоростью, отличной от скорости поля. Асинхронная машина включается в трехфазную сеть, поэтому она должна иметь на статоре три фазные обмотки.

Характерной частью большой группы электрических машин является коллектор — полый цилиндр, собранный из изолированных друг от друга клинообразных медных пластин. Применение коллектора в двигателях постоянного тока необходимо для получения постоянного по направлению вращающегося момента. Область применения коллекторных машин, в особенности машин постоянного тока, достаточно обширна, а применение простых и малогабаритных выпрямительных устройств дало возможность широко применять их в сетях переменного тока. Особенно ценным свойством коллекторной машины постоянного тока явля-

ется возможность плавного (бесступенчатого) регулирования частоты вращения ротора.

Синхронной называется электрическая машина, скорость вращения ротора которой связана постоянным отношением с частотой f сети переменного тока, в которую эта машина включена. Синхронные двигатели рекомендуется применять во всех тех случаях, когда необходим двигатель, работающий при постоянной скорости. У синхронных двигателей КПД несколько выше, а масса на единицу мощности ниже, чем у асинхронных двигателей, рассчитанных на ту же частоту вращения.

15.4. ИЗОБРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Изображения электрических схем электрооборудования гостированы и обязательны при выполнении всех электрических схем. Условные обозначения элементов электрооборудования приведены в табл. 15.1.

15.5. ВИДЫ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ, ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ И ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРИВодОВ

Широкое распространение в приводах металлорежущих станков получили электромеханический, гидромеханический и пневмомеханический приводы.

Кинематическая цепь электромеханического привода изображена на рис. 15,1, а. В процессе работы станка электродвигатель M развивает крутящий момент M_d . Под совместным действием сил резания и сил трения в движущихся частях привода станка возникает момент сопротивления M_c . При этом может

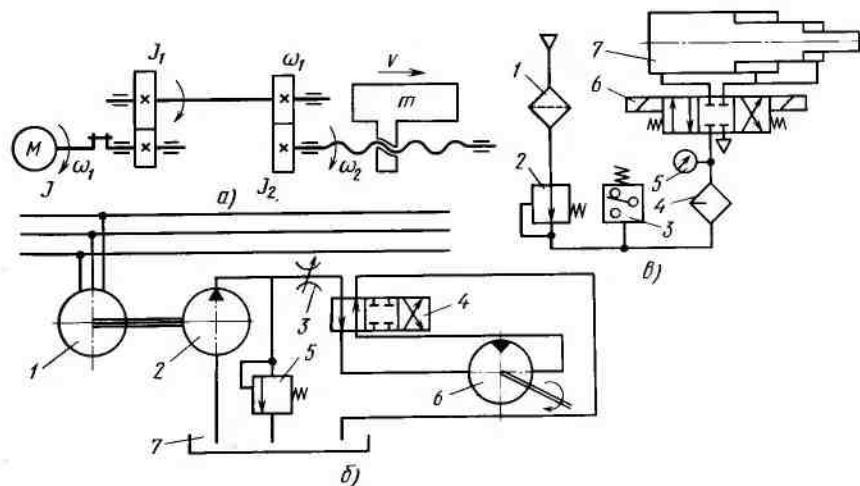


Рис. 15.1. Виды приводов:

а — электромеханический, б — гидромеханический, в — пневмомеханический

15.1. Условные графические обозначения электрических элементов

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Линия электрической связи	—	Катушка индуктивности	
Линии электрической связи пересекающиеся, электрически не соединенные		Амперметр	
Линии электрической связи, электрически соединенные		Вольтметр	
Род тока:		Выключатель; контакт выключателя замыкающий	
постоянный		Диод полупроводниковый	
переменный	~	Лампа накаливания	
Обмотка трехфазная: соединение в звезду		Двигатель трехфазный	
соединения в треугольник		Предохранитель	
Резистор (сопротивление)		Электромагнит	
Конденсатор		Муфта электромагнитная	

происходить изменение угловой скорости ω электродвигателя. Движение от электродвигателя к исполнительному органу станка (суппорту) передается через две пары зубчатых колес, обеспечивая при этом скорость v .

Гидромеханический привод (рис. 15.1, б) состоит из асинхронного электродвигателя 1, соединенного с гидравлическим насосом 2. Последний подает масло в гидромотор 6, приводящий в движение исполнительный орган станка. Бесступенчатое изменение скорости обеспечивается при помощи дросселя 3. Распределитель 4 позволяет изменять направление вращения гидромотора или его останавливать. Постоянство давления в гидросети обеспечивается предохранительным клапаном 5, через который масло переливается в бак 7.

На рис. 15.1, в представлена схема пневмомеханического привода патрона станка мод. 1Б732Ф3. Сжатый воздух из пневмосети поступает в фильтр 1, где он очищается от влаги и компрессорного масла. Затем регулятором 2 в пневмосистеме устанавливается давление воздуха 0,4—0,5 МПа, которое контролируют манометром 5. При разжиме и освобождении заготовки в пневмопатроне с сдвоенным пневмоцилиндром 7 сжатый воздух, проходя через маслораспылитель 4, насыщается масляным туманом, который обеспечивает смазывание всех трущихся поверхностей пневмораспределителя 6 и пневмоцилиндра 7 тонкой

масляной пленкой. Распределитель 6 направляет сжатый воздух в соответствующую полость пневмоцилиндра, который осуществляет освобождение или зажим заготовки в патроне. Реле 3 при снижении давления ниже установленного (0,25 МПа) выключает станок.

15.6. СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Электропроводом называется часть машинного устройства, состоящая из электродвигателя, передаточного механизма к машине и всей аппаратуры для управления электродвигателем.

Применение систем электропривода позволяет избавиться от целого ряда передаточных механизмов и заменить их электрическим управлением.

В качестве систем электроприводов, позволяющих изменять частоту вращения двигателя в больших диапазонах, используются системы генератор — двигатель (Γ — Δ), а также электромашинный усилитель (ЭМУ).

Система Γ — Δ состоит из асинхронного электродвигателя Δ_n , генератора Γ , возбудителя B и рабочего электродвигателя Δ_n постоянного тока (рис. 15.2). Возбудитель B представляет собой маломощный генератор с самовозбуждением, который предназначен для питания обмотки $ОВГ$ возбуждения генератора Γ и обмотки $ОВД$ возбуждения электродвигателя Δ_n ; диапазон изменения частоты вращения последнего 10—16. Изменение частоты вращения двигателя Δ_n осуществляется изменением сопротивлений R_1 и R_2 .

В станкостроении нашли широкое распространение системы ЭМУ (рис. 15.3). Изменяя сопротивление R_1 в обмотку 1 ЭМУ , можно менять величину и направление тока. На обмотку 2 ЭМУ подается питание с тахогенератора Γ_t , установленного на валу электродвигателя Δ_n . Таким образом, в цепи создается напряжение, пропорциональное разности потоков в обмотках возбуждения 1 ЭМУ и 2 ЭМУ . Это напряжение подается на обмотку $ОВГ$ возбуждения генератора. Электромашинный усилитель обеспечи-

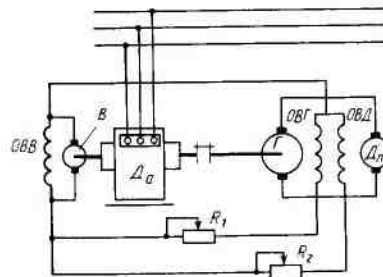


Рис. 15.2. Система Γ — Δ (генератор — двигатель)

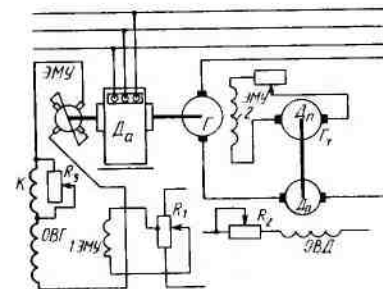


Рис. 15.3. Система ЭМУ (электромашинный усилитель)

вает возможность бесступенчатого изменения скорости движения рабочих органов станков в широком диапазоне (400—1000).

15.7. ПНЕВМОПРИВОД И ЕГО НАЗНАЧЕНИЕ

В приводах станков применяют пневматические приводы и механизмы, основанные на использовании в качестве рабочей среды сжатого воздуха, получаемого из компрессорных установок.

С помощью пневматических устройств решаются сложные задачи автоматизации и управления станками.

В металлорежущих станках пневматические приводы используют для выполнения операций загрузки и закрепления заготовок, включения и выключения рабочих движений режущего инструмента, для торможения рабочих органов станка при их остановке, освобождения и удаления заготовок со станка, для аэростатических опор и направляющих и выполнения других функций.

К основным преимуществам пневматических приводов относятся: надежность, быстроедействие; простота конструкции; экономичность; дешевизна энергоносителя (воздуха); возможность бесступенчатого регулирования скорости исполнительных органов привода в широких пределах; безопасность в пожарном отношении.

Однако пневмоприводы имеют ряд недостатков, связанных в основном с высокой сжимаемостью воздуха. Энергия сжатого воздуха, преобразуемая в кинетическую энергию движущихся масс, вызывает рывки и удары, снижающие точность позиционирования выходных звеньев исполнительных органов станка. Поэтому пневмоприводы не обеспечивают необходимой плавности и точности хода, а также получения при переменной нагрузке равномерной и стабильной скорости перемещения исполнительных органов станков.

Пневмоприводы, как правило, имеют более низкий (по сравнению с гидроприводом) КПД, а также требуют применения смазывающих устройств.

15.8. СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ ВОЗДУХА

Сжатый воздух для питания пневматических приводов обычно вырабатывается компрессорами, обслуживающими пневматические приводы всего предприятия либо определенную группу приводов. Применяются преимущественно компрессоры объемных типов, главным образом поршневые и пластинчатые. В подобных централизованных и групповых системах подготовки сжатого воздуха обычно применяют давление 0,5—0,6 МПа.

Атмосферный воздух через воздушный фильтр засасывается и нагнетается в компрессор и далее в воздухохранилище, аккумулирующий сжатый воздух. Воздухохранилище компенсирует пульса-

цию сжатого воздуха, нагнетаемого компрессором, а также питание пневматической системы при отключенном компрессоре в случае небольшого расхода сжатого воздуха. Из воздухохранилища сжатый воздух поступает в водоотделитель, затем в маслоотделитель, далее в воздухохранилище и в магистральные цеховые трубопроводы.

15.9. ПНЕВМООБОРУДОВАНИЕ

Компрессоры классифицируются следующим образом: по конструкции — поршневые и пластинчатые; по числу ступеней сжатия — одноступенчатые и многоступенчатые; по давлению вырабатываемого воздуха — низкого (1,0—8,0 МПа), высокого (8,0—10,0 МПа) и сверхвысокого (свыше 10 МПа); по производительности — малой (0,15 м³/с); средней (0,15—0,5 м³/с) и высокой (свыше 0,5 м³/с), по расположению цилиндров (для поршневых компрессоров) — горизонтальные и вертикальные.

Поршневые компрессоры в свою очередь делятся на компрессоры простого и двойного действия.

Одноступенчатый поршневой компрессор (рис. 15.4) состоит из цилиндра 2, поршня 3, который приводится в движение от вала с помощью кривошипно-шатунного механизма 4. Вал компрессора вращается от электродвигателя. В крышке цилиндра расположены всасывающий 1 и нагнетательный 5 клапаны, которые открываются и закрываются под действием разности давлений в цилиндре и трубопроводах. При прохождении поршня через левую мертвую точку между крышкой цилиндра и поршнем остается некоторое пространство, называемое вредным. При движении поршня вправо происходит всасывание в цилиндр окружающего воздуха, а при обратном движении, когда всасывающий клапан закрыт, — сжатие его до требуемого давления. После этого открывается нагнетательный клапан 5 и производится выталкивание сжатого воздуха при постоянном давлении в резервуар 6, из которого он поступает к потребителям.

В многоступенчатом компрессоре газ можно сжимать до давления 0,6—0,8 МПа в нескольких ступенях с промежуточным охлаждением между ними, позволяющим снижать энергию, затрачиваемую на сжатие воздуха в последующей ступени.

Сжатый воздух в компрессоре приводит в движение пневмодвигатели, в которых преобразование энергии происходит в процессе попеременного заполнения рабочих камер воздухом и вытеснения его из рабочих камер.

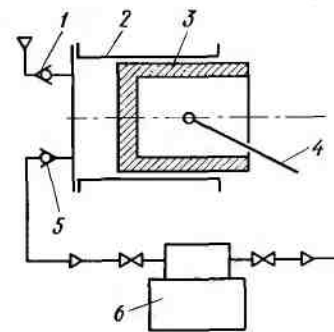


Рис. 15.4. Схема поршневого компрессора:

1 — всасывающий клапан, 2 — цилиндр, 3 — поршень, 4 — кривошипно-шатунный механизм, 5 — нагнетательный клапан, 6 — резервуар

Достоинствами пневмодвигателя являются высокая приемистость; высокий пусковой момент; малая масса, приходящаяся на единицу мощности; взрывобезопасность.

Пневмодвигатели бывают прямолинейного (возвратно-поступательного) движения; поворотного движения (поворот на угол менее 360°); вращательного движения (пневмомоторы).

Пневмодвигатели прямолинейного движения называют пневмоцилиндрами. Промышленность выпускает пневмоцилиндры типа ЦРГП, предназначенные для осуществления возвратно-поступательных перемещений механизмов станков, промышленных роботов, автоматических манипуляторов, прессов и других машин и оборудования с пневматическими приводами, где требуются рабочие скорости до 1,5 м/с. В цилиндрах предусмотрена возможность регулирования режима торможения в конце хода штока благодаря встроенным тормозным устройствам.

В качестве пневмомоторов применяют пластинчатые, поршневые и реже шестеренные, центробежные и другие машины.

Пластинчатые пневмомоторы обеспечивают частоту вращения до 10 000 об/мин, что позволяет применять их в высокоскоростных шлифовальных шпинделях.

Схема пластинчатого пневмомотора представлена на рис. 15.5. Сжатый воздух подводится через канал *a* корпуса, отверстие *b* (в статоре 2) в соответствующую рабочую камеру пневмомотора, образованную между смежными пластинами 3 и поверхностями статора 2 и ротора 1 (*в* — выходные каналы). Частота вращения ротора обычно регулируется изменением расхода сжатого воздуха с помощью дросселя, включаемого в входную магистраль, а величина крутящего момента — изменением давления, осуществляемым при помощи регулятора давления.

Поворотные пневмодвигатели предназначены для осуществления поворотных движений механизмов станков, промышленных роботов. Эти пневмодвигатели работают на сжатом воздухе при температуре окружающей среды от 0 до 60 °С. Конструктивно двигатели выполнены на базе передачи зубчатое колесо —

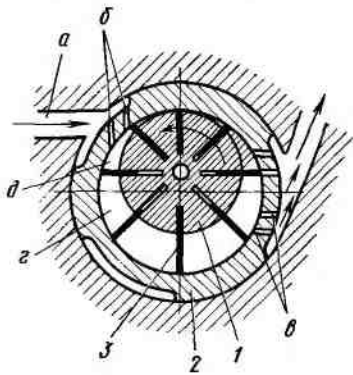


Рис. 15.5. Схема пластинчатого пневмомотора:

1 — ротор, 2 — статор, 3 — пластина

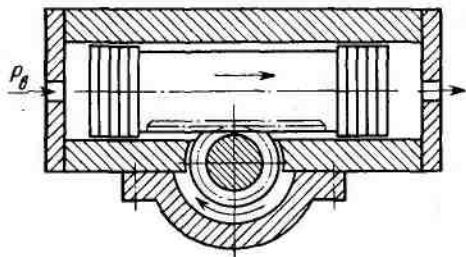


Рис. 15.6. Поворотный пневмоцилиндр (p_a — давление воздуха)

рейка (рис. 15.6). Роль рейки выполняют штоки двух соосно установленных пневмоцилиндров. Поворотные пневмодвигатели максимально упрощают приводы станков, промышленных роботов и других машин.

Для изменения направления и перекрытия потоков сжатого воздуха в пневматических приводах станков используют пневмораспределители, которые по виду управления бывают односторонние и двухсторонние, с пневматическим и электропневматическим управлением, а по числу позиций золотника — двухпозиционные и трехпозиционные.

Для нормальной работы пневмопривода питание его должно производиться воздухом с постоянным давлением, которое обеспечивается специальными регуляторами давления, служащими для автоматического понижения давления сжатого воздуха и автоматического поддержания давления на заданном уровне. В качестве регуляторов давления (до 3—4 МПа) используют диафрагменные и сильфонные редукторы. Принцип работы таких регуляторов основан на автоматическом изменении проходного сечения потока воздуха при изменении давления и расхода воздуха в питающей сети и поддержании постоянства давления воздуха на выходе пневмоклапана.

Постоянство давления обеспечивается автоматическим изменением положения дроссельного клапана, регулирующего проходное сечение потока воздуха при колебаниях давления в камере *a* (рис. 15.7), связанной с выходом. Для установившегося определенного давления на выходе пневмоклапана служит регулировочный винт 1, с помощью которого изменяют усилие пружины 2, действующей на мембрану 3, связанную с клапаном 4, который удерживается в седле пружинной 5. Изменение давления и потока воздуха в сети вызывает перемещение мембраны 3 и клапана 4, вследствие чего изменяется проходное сечение потока воздуха до тех пор, пока силы, действующие на мембрану 3, не уравновесятся и давление в камере *a* не стабилизируется.

При уменьшении давления в камере *a* (что может быть вызвано уменьшением давления в подводящей сети или увеличением потока воздуха) мембрана 3 под действием пружины 2 опустится и, переместив вниз клапан 4, увеличит проходное сечение потока воздуха. Это обеспечит выравнивание давления в камере *a* до заданного. Увеличение давления в камере *a* вызовет обратное действие указанных частей пневмоклапана. Малейшее

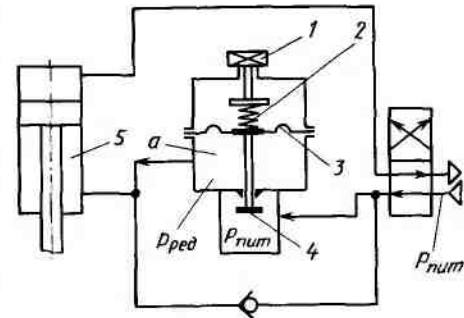


Рис. 15.7. Схема работы пневматического регулятора давления:

1 — регулировочный винт, 2 — пружина, 3 — мембрана, 4 — клапан, 5 — пневмоцилиндр

изменение давления в камере *a* обуславливает мгновенное изменение положения клапана 4.

15.10. ГИДРОПРИВОД И ЕГО НАЗНАЧЕНИЕ

Гидравлические приводы металлорежущих станков используют энергию сжатой жидкости. Гидравлические приводы подразделяются на объемные и гидродинамические. В гидродинамических приводах используется кинетическая энергия жидкости. В приводах станков применяют объемный гидропривод, в котором используется потенциальная энергия жидкости, преобразуемая в механическую работу. Объемный гидропривод реализует большие передаточные отношения, любые силы и крутящие моменты, обладает высокой компактностью и энергоемкостью, удобен в управлении, позволяет реализовать любые циклы работы исполнительных органов станков.

Объемным гидроприводом называется совокупность одной или нескольких объемных гидropередач, гидроаппаратуры и вспомогательных гидроустройств.

Объемной гидropередачей называют часть объемного гидропривода, предназначенную для передачи движения от приводящего двигателя к машинам и механизмам и состоящую из гидромашин (насосов и гидродвигателей) и магистральных гидравлических линий.

Объемные гидроприводы подразделяются следующим образом: по источнику подачи рабочей жидкости (насосные, аккумуляторные, магистральные); по характеру движения исполнительного звена (поступательного, поворотного и вращательного движения); по возможности регулирования скорости или усилия на исполнительном органе (регулируемые и нерегулируемые); по циркуляции рабочей жидкости (замкнутые или разомкнутые).

Регулируемые объемные гидроприводы различают по регулируемому устройству, по задаче регулирования и по способу регулирования. Регулирование может быть ступенчатым и бесступенчатым.

Достоинства объемного гидропривода следующие.

1. Меньшие по сравнению с электроприводом масса и габарит.

2. Малая инерционность в целях сокращения времени рабочего цикла и повышения производительности станка.

3. Бесступенчатое регулирование скорости рабочих движений, позволяющее упростить конструкцию привода и повысить коэффициент использования приводного двигателя.

4. Преобразование без дополнительных устройств вращательного движения ведущего звена в поступательное движение ведомого звена.

5. Надежность в работе благодаря отсутствию при заклинивании в результате применения предохранительных клапанов, пропускающих часть жидкости на слив.

6. Применение стандартизованных и унифицированных узлов, что позволяет снизить стоимость привода и упростить его эксплуатацию и ремонт.

7. Возможность автоматизации станка.

8. Самосмазываемость.

К недостаткам гидропривода относятся: зависимость характеристики привода от вязкости рабочей жидкости, которая изменяется от температуры; растворимость в рабочей жидкости воздуха; который нарушает работу привода, особенно в автоматических устройствах; внутренние и наружные утечки рабочей жидкости.

В металлорежущих станках гидропривод следует рассматривать как часть привода между электродвигателем и исполнительным органом станка. Простейший гидропривод вращательного движения с объемным регулированием состоит из электродвигателя 2 (рис. 15.8), регулируемого насоса 3, гидробака 1, фильтра 4, гидромотора 5 и рабочего органа 8. Для регулирования давления в гидроприводе используют предохранительный клапан 6 и подпорный клапан 7. Вместо гидропривода вращательного движения можно получить гидропривод поступательного движения, заменив гидромотор 5 гидроцилиндром 9. Для изменения направления перемещения поршня гидроцилиндра в схему привода встраивается гидрораспределитель 10.

На основе гидроприводов создают следящие системы в станках с ЧПУ, для чего в состав гидропривода вводят гидроусилитель (гидropередачу с обратной связью) (рис. 15.9). Такой гидроусилитель устраняет через обратную связь возникающее рассогласование между управляющим воздействием (вход) и ответным действием (выход). Выходная мощность гидроусилителей практически не ограничена при весьма малом сигнале на входе (0,3—0,5 Вт).

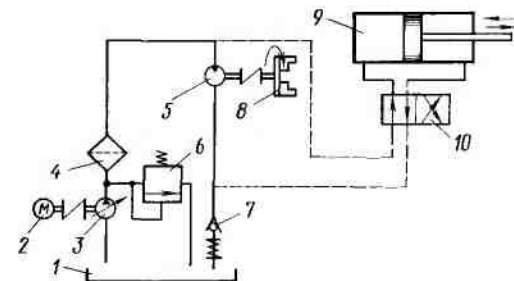


Рис. 15.8. Схема электрогидравлического привода:

1 — гидробак, 2 — электродвигатель, 3 — насос, 4 — фильтр, 5 — гидромотор, 6 — предохранительный клапан, 7 — подпорный клапан, 8 — вращающийся рабочий орган, 9 — гидроцилиндр, 10 — гидрораспределитель.

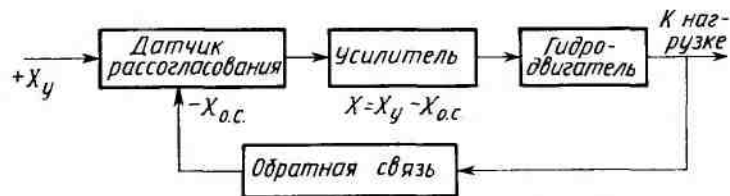


Рис. 15.9. Блок-схема гидроусилителя (x_y — входной сигнал)

Для управления работой механизмов промышленных роботов, металлорежущих станков и других машин по заданной программе предназначен электрогидравлический следящий привод, состоящий из гидроцилиндра, блока датчиков, гидрозамка и дросселирующего гидрораспределителя с электроуправлением.

15.11. ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ

Насос служит для преобразования механической энергии привода в энергию сжатой жидкости. В станкостроении используются, как правило, объемные насосы следующих типов: шестеренные; пластинчатые; аксиально- и радиально-поршневые. Насосы характеризуются величиной создаваемого давления и производительностью (подачей). Значения подач нормализованы. Наименьшая подача $Q_{\min} = 0,003 \text{ м}^3/\text{мин}$, а наибольшая — $Q_{\max} = 0,4 \text{ м}^3/\text{мин}$.

Шестеренные насосы с внешним зацеплением зубчатых колес широко применяются в приводах станков. Это объясняется простотой их изготовления и эксплуатации, малыми габаритами и массой, сравнительно высоким КПД, достаточной надежностью. Шестеренные насосы изготавливают нерегулируемыми; их применяют, когда требуются сравнительно низкие давления масла. Шестеренный насос (рис. 15.10) состоит из корпуса 3, в котором с малыми зазорами вращаются ведущее 2 и ведомое 1 зубчатые колеса. Там, где зубья колес выходят из зацепления, создается разреженная зона В, масло всасывается и переносится впадинами между зубьями в зону Н нагнетания, где зубья входят в зацепление, выталкивают масло из впадин и создают повышенное давление.

У большинства типоразмеров насосов частота вращения вала 1450 об/мин, номинальное давление 4—10 МПа, высота всасывания 0,5 м, подача 5—8 л/мин, потребляемая мощность 0,12—0,18 кВт, объемный КПД составляет 0,7—0,72.

К недостаткам шестеренных насосов относятся: наличие полости с защемленным объемом рабочей жидкости; значительный шум при работе; пульсация потока.

В гидроприводах станков при требуемой мощности 7—10 кВт обычно применяют нерегулируемые пластинчатые насосы серии Г12-2М одинарного и сдвоенного исполнений: подача 5—200 л/мин; максимальное давление 6,3—12,5 МПа; частота вращения 950—1450 об/мин.

В гидроприводах станков при требуемой мощности 7—10 кВт обычно применяют нерегулируемые пластинчатые насосы серии Г12-2М одинарного и сдвоенного исполнений: подача 5—200 л/мин; максимальное давление 6,3—12,5 МПа; частота вращения 950—1450 об/мин.

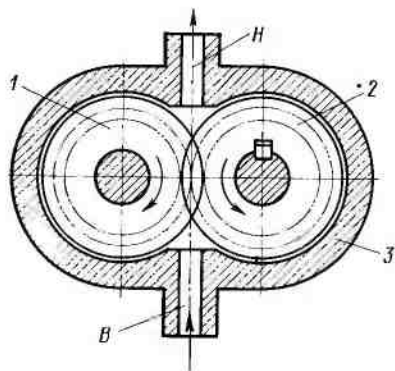


Рис. 15.10. Схема шестеренного насоса:

1 — ведомое зубчатое колесо, 2 — ведущее зубчатое колесо, 3 — корпус (В — разреженная зона, Н — зона нагнетания)

На рис. 15.11 показана конструктивная схема пластинчатого насоса однократного действия. Насос состоит из вала 3, статора 1 и ротора 2, в пазах которого расположены пластины 4. Статор расположен эксцентрично ротору (e — эксцентриситет). На боковых крышках корпуса имеются два окна: всасывающее А и нагнетающее В. Размер перемычки ab между окнами должен быть не более углового размера между двумя соседними пластинами.

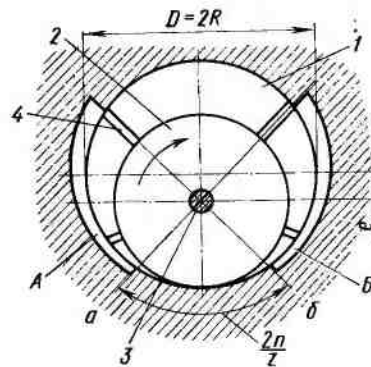


Рис. 15.11. Пластинчатый насос однократного действия:

1 — статор, 2 — ротор, 3 — вал, e — эксцентриситет, А — всасывающее окно, В — нагнетающее окно

Во время работы насоса пластины постоянно прижимаются к статору пружинами, а также центробежными силами. Из-за наличия эксцентриситета они совершают сложное движение: вращаются вместе с ротором и перемещаются (возвратно-поступательно) в пазах ротора. При вращении ротора по часовой стрелке рабочие камеры, расположенные слева от вертикальной линии, сообщаются со всасывающим окном А. Их объемы увеличиваются, возникает вакуум и рабочая жидкость под действием перепада давлений поступает из бака и заполняет рабочие камеры. Происходит процесс всасывания. В зоне перемычек между окнами объемы рабочих камер не изменяются. Рабочие камеры насоса, расположенные справа от вертикальной линии, сообщаются с нагнетающим окном В. Их объемы уменьшаются и находящаяся в них рабочая жидкость вытесняется через окно В на выход из насоса и нагнетается далее в напорную линию. Происходит процесс нагнетания.

Рабочий объем насоса регулируют, изменяя эксцентриситет. Для разгрузки опор ротора насоса от радиальных сил, возникающих от действия давления, применяют пластинчатые насосы двукратного действия.

Пластины насоса изготавливают из быстрорежущей стали и закалывают до твердости HRC 60—64. Статоры пластинчатых насосов изготавливают из легированных сталей (например, ШХ15) с шероховатостью поверхности $Ra = 0,1 \text{ мкм}$. Роторы изготавливают из стали 20Х и закалывают до твердости HRC 59—62; шероховатость боковых торцов $Ra = 0,025 \text{ мкм}$, шероховатость пазов $Ra = 0,20 \text{ мкм}$.

Поршневые насосы, применяемые в станкостроении, изготавливают с радиальным и осевым (аксиальным) расположением поршней: давление 5—30 МПа; подача 18—600 л/мин; КПД составляет 0,95—0,98.

На рис. 15.12, а приведена принципиальная схема радиально-поршневого насоса. Ротор 1 с радиально расположенными в

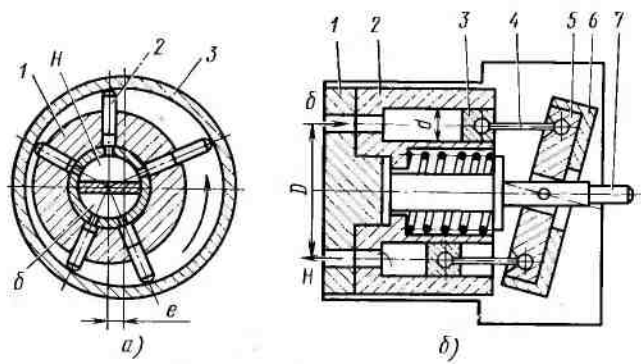


Рис. 15.12. Поршневые насосы:

а — радиально-поршневой; 1 — ротор, 2 — поршень, 3 — обойма; б — аксиально-поршневой; 1 — корпус, 2 — блок цилиндров, 3 — поршни, 4 — шатуны, 5 — диск, б — статор, 7 — ведущий вал

нем поршнями 2 вращается внутри обоймы 3. Ось ротора смещена относительно оси обоймы на величину эксцентриситета e . При вращении ротора поршни, прижимаясь (под действием центробежных сил) к обойме, совершают возвратно-поступательное движение. Перемещаясь от центра, они засасывают жидкость из полости б. При дальнейшем вращении ротора поршни выдвигаются обратно и подают жидкость в полость H нагнетания под большим давлением. Поршни могут располагаться в несколько рядов, чем достигается большая равномерность подачи жидкости. Изменением величины e можно регулировать подачу насоса.

Поршневой насос с осевым (аксиальным) расположением поршней (рис. 15.12, б) состоит из корпуса 1, ротора 2 (блока цилиндров), статора б, поршней 3, шатунов 4, диска 5, ведущего вала 7. К торцу корпуса прижат ротор, в котором размещают поршни. Последние с помощью шатунов связаны с диском, который установлен в статоре под некоторым углом к оси ведущего вала. Ротор и диск соединены с валом шлицами и шарниром.

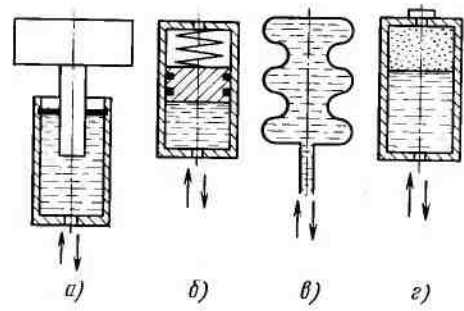


Рис. 15.13. Гидроаккумуляторы:

а — грузовой, б — пружинный, в — с упругим конусом, г — пневмогидроаккумулятор без разделителя

Таким образом, вместе с ведущим валом вращаются ротор, поршни, шатуны и диск, а так как диск установлен под углом, то при этом вращении поршни совершают возвратно-поступательное движение. При движении поршней вправо масло через соответствующие каналы в корпусе и отверстие в роторе всасывается из всасывающей гидролинии, а при движении поршней влево — нагнетается в нагнетатель-

ную гидролинию. Поворотом статора можно изменить положение диска относительно оси ведущего вала, величину осевого хода поршней, а значит, и подачу насоса.

Гидроаккумуляторы служат для накопления энергии во время пауз в ее потреблении. Применение гидроаккумуляторов в гидроприводе позволяет уменьшить расчетную мощность насоса и повысить КПД привода в целом. Гидроаккумуляторы, гасящие толчки давлений, возникающие в гидроприводе, бывают грузовые (рис. 15.13, а), пружинные (рис. 15.13, б), с упругим корпусом (рис. 15.13, в), пневмогидроаккумуляторы (рис. 15.13, г) и др. Гидроаккумуляторы (их недостатком является громоздкость) устанавливаются перед гидродвигателем.

15.12. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ

Гидроцилиндром называют объемный гидродвигатель с поступательным движением выходного звена. В зависимости от необходимых усилий на штоке и скорости его перемещения в различных направлениях применяются различные конструкции гидроцилиндров и различные их включения в гидросистему.

В гидроцилиндре двухстороннего действия (рис. 15.14, а, б, в) движение выходного звена под действием рабочей жидкости возможно в двух противоположных направлениях; в гидроцилиндре одностороннего действия (рис. 15.14, г, д, е) движение выходного звена под действием рабочей жидкости возможно только в одном направлении. Наиболее широко применяют в гидроприводах металлорежущих станков гидроцилиндры двухстороннего действия с односторонним штоком. В гидроцилиндре, показанном на рис. 15.14, а, скорость движения поршня при подаче рабочей жидкости в бесштоковую полость будет меньше, а усилие на штоке больше, чем при подаче рабочей жидкости

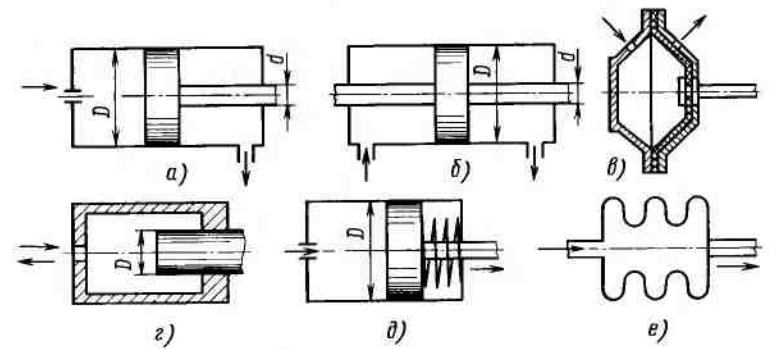


Рис. 15.14. Типы гидроцилиндров:

а — поршневой двухстороннего действия с односторонним штоком, б — поршневой двухстороннего действия с двухсторонним штоком, в — мембранный двухстороннего действия, г — плунжерный одностороннего действия, д — поршневой одностороннего действия, е — силфонный одностороннего действия

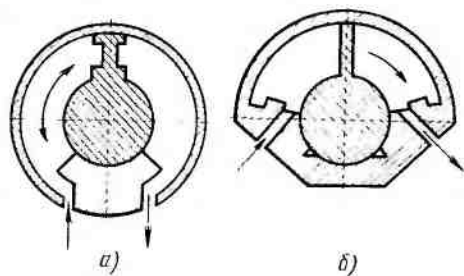


Рис. 15.15. Поворотные гидродвигатели:
а — фигурно-шиберный; б — пластинчатый

в штоковую полость. Такое движение используется во время рабочего хода. В обратную сторону движение осуществляется при холостых ходах. Такие гидроцилиндры характеризуются диаметром поршня D , диаметром штока d , а также величиной хода H .

В гидроцилиндрах одностороннего действия жидкость подается только в бесштоковую полость. В обратную сторону поршень перемещается под действием пружины (рис. 15.14, *д*) либо под действием упругих сил самого цилиндра (рис. 15.14, *е*). Такие гидроцилиндры используются, как правило, в приспособлениях для зажима заготовок.

Плунжерные гидроцилиндры (рис. 15.14, *е*) отличаются простотой изготовления. В некоторых приводах станков перемещается не шток, а корпус гидроцилиндра; в этом случае жидкость подается посредством гибких трубопроводов.

Мембранные и сильфонные гидроцилиндры (рис. 15.14, *в*, *е*) выполняются с плоской и гофрированной мембраной.

Поворотными называют объемные гидродвигатели с ограниченным углом поворота выходного вала (рис. 15.15). Для осуществления поворотного движения рабочую жидкость попеременно подают в рабочие полости гидродвигателя. Поворотные гидродвигатели практически безынерционные. Их применяют при давлениях до 20 МПа. В качестве рабочей жидкости используют масла и эмульсии.

Гидромоторы являются гидродвигателями вращательного движения. Они условно подразделяются на низко- и высокомоментные. К низкомоментным относятся шестеренные, винтовые, пластинчатые и аксиально-поршневые. Высокомоментными условно называют тихоходные гидромоторы, предназначенные в основном, для использования в гидроприводах редукторов.

Наибольшее распространение получили роторные аксиально-поршневые гидромоторы, отличающиеся компактностью, высоким КПД, пригодные для работы при высоких частоте вращения и давлении и обладающие сравнительно малой инерционностью. Важным параметром гидромотора является приемистость при регулировании частоты вращения ротора. Наиболее распространенное число цилиндров ротора 7—9; диаметр цилиндра 10—50 мм; частота вращения в роторе 1000—2500 об/мин; мощность до 100 кВт; КПД до 93 %.

В приводах станков с ЧПУ нашли применение нерегулируемые аксиально-поршневые гидромоторы серии Г-15-2. Принцип работы гидромоторов аналогичен принципу работы насосов со-

ответствующих конструкций. Частота вращения гидромотора зависит от подачи рабочей жидкости на вход гидромотора.

15.13. АППАРАТУРА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

К ней относятся гидроклапаны, применяемые в различных устройствах приводов станков и автоматических линий, где требуется надежная фиксация рабочего органа от самопроизвольного перемещения вследствие утечек (при повреждении гидромагистрали), а также для создания определенного давления (предохранительные, подпорные, переливные, блокировочные и редуцирующие гидроклапаны); гидрораспределители, предназначенные для изменения направления потоков рабочей жидкости в гидросистемах (электромагнитные, электрогидравлические, гидравлические, пневматические, пневмогидравлические, механические).

По числу подключенных внешних линий, по которым подводится и отводится рабочая жидкость, гидрораспределители бывают четырехлинейные (четырёхходовые), трехлинейные и двухлинейные.

15.14. ТРУБОПРОВОДЫ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ

К трубопроводам относятся жесткие и гибкие рукава (шланги) и прочие подвижные сочленения труб. Ввиду того, что трубопроводы служат каналами, по которым энергия от гидрогенераторов (насосов) поступает к исполнительным гидродвигателям, разрушение трубопровода неизбежно выводит из строя гидропривод.

Для гидросистем приводов станков применяют бесшовные стальные цилиндрические трубы, трубы из цветных металлов и пластмасс.

Гибкие трубопроводы применяют в том случае, когда перемещаются обе части привода станка, к которым крепятся концы трубопровода. К таким трубопроводам относятся резинотканевые шланги с металлической оплеткой и гибкие металлические рукава.

Герметизация соединений трубопроводов обеспечивается резиновыми уплотнительными кольцами и защитными кольцами различной конфигурации.

К рабочей жидкости гидропривода предъявляют следующие требования: хорошие смазывающие свойства; минимальная зависимость вязкости от температуры; высокая температура воспламеняемости; малая склонность к вспениванию; большой срок службы; нейтральность к применяемым материалам; малая способность к растворению воздуха; малый коэффициент теплового расширения. Жидкость и продукты ее разложения не должны быть токсичными. Важными параметрами жидкости являются

15.2. Условные графические обозначения элементов гидро- и пневмоприводов

Наименование	Условное обозначение	Наименование	Условное обозначение
Линии связи (трубопроводы): всасывания, напора, слива управления		Клапан предохранительный с собственным управлением	
дренажные		Клапан дифференциальный	
Соединение линий связи		Гидроцилиндры двухстороннего действия: с односторонним штоком	
Перекрещивание линий связи		с двухсторонним штоком	
Трубопровод гибкий		с дифференциальным поршнем	
Подвод жидкости		плунжерный одностороннего действия	
Слив жидкости		Распределитель:	
Подвод воздуха		четырёхлинейный двухпозиционный	
Выпуск воздуха		четырёхлинейный трехпозиционный	
Гидробак		Тип управления распределителя: ручное	
Фильтр		от кулачка	
Насосы:		пружиной	
с постоянным потоком		от рукоятки с фиксатором	
регулируемые		от электромагнита	
Гидромоторы:		гидравлическое	
с постоянным направлением потока		электрогидравлическое	
регулируемые		Камера мембранная двухстороннего действия	
Гидроклапан обратный		Гидросилитель	
Кран		Пневмогидравлический преобразователь	
Дроссель:		Аккумулятор пневмогидравлический	
нерегулируемый			
регулируемый			
Регулируемый орган:			
нормально закрытый			
нормально открытый			

температуры застывания и замерзания. Масло нельзя нагревать до температуры свыше 60—65 °С.

В гидроприводах станков применяют минеральные масла; индустриальные И-12А, И-20А, И-30А и И-40А.

15.15. ОБОЗНАЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРО- И ПНЕВМОПРИВОДОВ НА СХЕМАХ

Стандартизованные графические обозначения элементов гидравлических и пневматических схем приведены в табл. 15.2.

15.16. ОСНОВНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ В РАБОТЕ ГИДРОПРИВОДОВ

Неисправности гидропривода, возникающие в результате неисправностей агрегатов (исполнительных органов и насосов), гидроаппаратуры, трубопроводов и вспомогательных устройств, следующие: падение давления и подачи; резкое повышение температуры рабочей среды; падение крутящего момента; уменьшение частоты вращения ротора гидромотора; падение объемного КПД насоса.

Эти неисправности являются главным образом следствием внутренних и наружных утечек жидкости.

Контрольные вопросы

1. Назначение и типы приводов.
2. Основные параметры электрического тока.
3. Основные типы электрических двигателей.
4. Пневмопривод и его назначение.
5. Гидропривод и его назначение.
6. Типы насосов.
7. Исполнительные механизмы гидравлических приводов.
8. Основные виды масел, применяемые в гидроприводах.

ГЛАВА 16

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

16.1. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В основе проектирования технологических процессов механической обработки лежат технологический и экономический принципы. В соответствии с ними разрабатываемый технологический процесс должен обеспечить выполнение всех требований рабочего чертежа и технических условий при минимальных затратах труда и средств производства.

Различают единичный и типовой технологические процессы. Единичный технологический процесс — процесс изготовления или ремонта изделия одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от масштаба выпуска изделий. Типовой процесс характеризуется единством содержания и последовательности большинства технологических операций и переходов для группы изделий (деталей) с общими конструктивными признаками. Разработаны типовые процессы обработки валов, втулок, зубчатых колес и других групп деталей.

По степени детализации различают процессы маршрутные, операционные и маршрутно-операционные.

Маршрутный технологический процесс содержит описание процесса изготовления или ремонта изделия по всем операциям различных видов в технологической последовательности с данными об оборудовании, оснастке, материальных и трудовых нормативах.

В таком процессе указывают операции без переходов и режимов обработки.

Операционный технологический процесс содержит описание технологической операции с указанием переходов, режимов обработки и данных о средствах технологического оснащения.

Маршрутно-операционный технологический процесс, как и маршрутный, выполняют по документации, в которой содержание операций дается без указания переходов и режимов обработки. Проектирование технологических процессов является составной частью ЕСТПП.

Разработку технологических процессов производят для изготовления изделий, конструкции которых отработаны на технологичность.

Анализ исходных данных и технологический контроль чертежа и технических условий. При таком анализе нужно ознакомиться с назначением и конструкцией детали, ее техническими условиями на изготовление и эксплуатацию, программой выпуска детали, а также с производственными условиями, в которых намечено изготовление (оборудование, транспортные средства и др.). При анализе следует выявить пути улучшения технологичности конструкции детали.

Выбор типа производства. Под типом производства понимают организационно-технологическую характеристику производственного процесса. Различают три типа производства: единичное, серийное и массовое. Они отличаются коэффициентом $K_{з.о}$ закрепления операций, которым называют отношение числа различных операций, выполняемых в течение месяца, к числу рабочих мест, на которых эти операции выполняются. Для массового производства $K_{з.о} = 1$, для серийного $K_{з.о} = 10$, для единичного $K_{з.о} = 40$. Каждому типу производства соответствует определенная форма его организации и степень оснащенности технологического процесса. На одном и том же предприятии или даже цехе могут быть различные типы производства.

Единичным называют производство, характеризуемое широкой номенклатурой изготавливаемых (ремонтируемых) изделий и малым объемом их выпуска (т. е. числом изделий определенного наименования, выпускаемых в течение планируемого интервала времени). Этому производству присущи следующие признаки: применение универсального оборудования; загрузка рабочих мест заготовками различных деталей без закономерной их смены; использование универсальных приспособлений и стандартного режущего инструмента; размещение станков группами по типам и размерам и др.

Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых (ремонтируемых) периодически повторяющимися партиями. В зависимости от числа изделий в партии различают мелко-, средне- и крупносерийное производство. Признаки серийного производства: закрепление за каждым рабочим местом нескольких операций; применение универсальных и специализированных станков для изготовления основных деталей; обработка заготовок по технологическому процессу, разделенному на операции; расстановка оборудования согласно технологическому процессу обработки; использование специальных приспособлений и инструментов и др.

Массовое производство характеризуется узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, изготавливаемых (ремонтируемых) в течение длительного времени. Производство, при котором операции обработки закреплены за рабочими местами, расположенными в порядке выполнения операций при последовательном перемещении заготовок с одного рабочего места на другое, называется поточным. Массовое производство имеет следующие признаки: закрепление за каждым рабочим местом одной постоянно повторяющейся операции; широкое использование агрегатных, автоматических и специальных станков и автоматических линий; расстановка оборудования согласно последовательности технологического процесса обработки; высокая степень оснащения специальными приспособлениями, инструментами и автоматическими измерительными устройствами и др. При непрерывно-поточном производстве обработанные заготовки выпускаются через строго определенный промежуток времени, называемый тактом выпуска.

Размер партии определяют, исходя из трудоемкости операций обработки, трудоемкости наладки оборудования на основных операциях и других экономических и организационных соображений.

Выбор исходной заготовки и метода ее получения. На этот выбор значительное влияние оказывает характеристика материала, из которого изготавливают деталь, ее конструктивные формы и габаритные размеры, программы выпуска. Метод получения заготовки должен обеспечить наименьшую себестоимость изготовления детали. Например, при изготовлении ступенчатого вала с незначительным перепадом диаметральных размеров

ступеней в условиях единичного производства экономически оправдано применение заготовки из проката, так как штампованная заготовка требует изготовления дорогостоящего штампа. При серийном и массовом выпуске нужно сопоставить себестоимость изготовления детали при различных вариантах исходной заготовки. При выборе способа получения заготовки стремятся к максимальному приближению ее конфигурации к конфигурации готовой детали в целях уменьшения отходов, времени и средств на изготовление детали. Основными видами заготовок являются: отливки из цветных и черных металлов; заготовки из проката; заготовки из металлокерамики и неметаллических материалов. Выбор метода получения заготовки обосновывается экономическими расчетами себестоимости изготовления детали с учетом себестоимости получения заготовки и себестоимости механической обработки.

Выбор технологических баз. При назначении технологических баз руководствуются следующими правилами: установочная и направляющая базы должны обеспечить устойчивость положения заготовки при ее обработке; заготовка должна иметь минимальные деформации от действия сил резания, зажима и действия собственного веса; в качестве технологической базы необходимо применять поверхности, обеспечивающие наименьшую погрешность установки и исключающие погрешность базирования.

На первой операции обрабатывают поверхности, используемые в качестве технологических баз на последующих операциях. Так как технологическими базами на первой операции являются необработанные (черные) поверхности, то в качестве баз следует выбирать поверхности, обеспечивающие по возможности равномерное снятие припусков и достаточно точное расположение обрабатываемых и необрабатываемых поверхностей. Если обрабатывают все поверхности детали, то в качестве базовых на первой операции следует выбирать поверхности с наименьшим припуском, чтобы при последующей обработке не получилось брака из-за недостатка припуска.

На второй и последующих операциях поверхности, используемые в качестве технологических баз, должны быть наиболее точными по геометрической форме и с наименьшей шероховатостью поверхности. Рекомендуется, если это возможно, соблюдать принципы совмещения баз, т. е. в качестве технологической базы использовать поверхности, которые будут одновременно измерительной базой. Следует придерживаться принципа постоянства баз на основных операциях обработки, т. е. использовать в качестве технологической базы одни и те же поверхности детали.

Определение маршрута обработки отдельных поверхностей. Этот маршрут определяют на начальной стадии разработки технологического процесса. Составляют перечень технологических переходов, которые могут быть использованы для достижения

конечной точности и шероховатости, проставленных на рабочем чертеже детали. Каждому методу обработки соответствуют определенные достижимые точности получаемого размера и шероховатость поверхности. Поэтому метод окончательной обработки предопределяется чертежом детали. Каждому методу обработки соответствует некоторое оптимальное значение припуска. Общий припуск, как правило, превышает значение, допускаемое для этого метода. Поэтому можно определить и методы предстоящей обработки.

Например, при обработке ступени вала до диаметра $60 \text{ h } 8$ при использовании в качестве заготовки проката последовательность технологических переходов следующая: 1) черновое точение; 2) чистовое точение; 3) шлифование. В данном случае черновое точение необходимо для приближения формы и размеров заготовки к форме и размерам детали. Содержание технологических переходов зависит от точности исходной заготовки. Например, если для изготовления гладкого вала используют калиброванный прокат, то наружная токарная обработка исключается и применяется только шлифование.

Определив первый и окончательный технологические переходы, устанавливают необходимость промежуточных переходов. Например, при обработке отверстия по 7-му качеству точности после чернового растачивания (1-й переход) недопустимо использовать чистовое развертывание, так как точность и качество поверхности после первого перехода не обеспечивают качественного выполнения чистового развертывания.

Конечная точность обрабатываемой поверхности и заданная ее шероховатость могут быть достигнуты путем применения различных технологических переходов. При обработке отверстия с отклонением Н8 в заготовке из чугуна с предварительно отлитым отверстием конечными переходами могут быть либо развертывание 1 (рис. 16.1), либо тонкое растачивание 2, либо протягивание 3. Первыми технологическими переходами могут являться черновое зенкерование 4 либо черновое растачивание 5, а промежуточными — чистовое зенкерование 6 либо чистовое растачивание 7. Таким образом, число возможных вариантов обработки данной поверхности может быть значительным, причем все они будут различными по эффективности.

На данном этапе разработки технологического процесса припуски и режимы обработки не рассчитывают. Поэтому при определении состава технологических переходов используют справочные данные о производительности и точности при различных методах обработки и рекомендуемые типовые технологические маршруты. Эта работа может выполняться с помощью ЭВМ, куда вводится в виде банка данных указанная информация. При дальнейшей разработке маршрута обработки заготовки детали и отдельных операций состав технологических переходов уточняется и корректируется. Определение последовательности переходов при обработке отдельных поверхностей позволяет

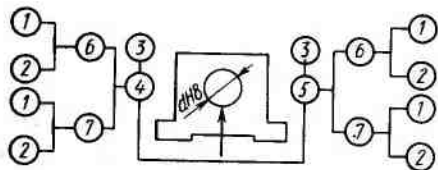


Рис. 16.1. Схема обеспечения точности отверстия (1—7 — переходы)

выявить необходимые этапы обработки (черновая, чистовая, отделочная) и является основой для формирования технологического маршрута изготовления детали и отдельных операций.

Проектирование технологического маршрута изготовления детали. Под маршру-

том понимают последовательность выполнения технологических операций (или уточнение последовательности операций по типовому или групповому технологическому процессу) с выбором типа оборудования. На этом этапе припуски и режимы обработки не рассчитывают, поэтому рациональный маршрут выбирают на основе справочных данных и руководящих материалов по типовым и групповым методам обработки. Эту работу можно выполнять с помощью ЭВМ.

Технологические маршруты разнообразны и зависят от программы выпуска детали, ее размеров, требуемой оснастки. При разработке маршрута пользуются следующими правилами.

Сначала определяют необходимость разделения процесса изготовления детали на операции черновой, чистовой и отделочной обработки. Для этого используют данные по определению маршрута обработки различных поверхностей данной детали.

Операцию черновой обработки целесообразно отделить от чистовой, чтобы сократить влияние на точность обработки деформаций заготовки после черновой обработки. Однако если заготовка жесткая, а обрабатываемые поверхности незначительны по длине, то такое разделение необязательно. Не разделяют обычно черновую и чистовую обработку при изготовлении детали из пруткового материала на токарно-револьверных станках.

Отделочную обработку выполняют на конечной стадии технологического процесса. В ряде случаев от этого правила отступают. Например, если окончательная обработка поверхности связана с возможным выходом заготовок в брак, то эту операцию не следует выполнять последней, чтобы сократить лишние затраты труда.

При формировании операций нужно учитывать, что ряд поверхностей потребует обработки с одной установки. К этим поверхностям относятся соосные поверхности вращения и прилегающие к ним торцовые поверхности, а также плоские поверхности, обрабатываемые в несколько этапов.

В самостоятельные операции выделяют обработку зубьев колес, нарезание шлицев, обработку шпоночных пазов, сверление отверстий многошпиндельными головками и др.

При формировании операций учитывают следующее: на первой операции необходимо обрабатывать те поверхности, которые будут использованы в качестве технологических баз на второй, а

возможно и на последующих операциях механической обработки; в технологическом процессе может быть термическая или химико-термическая обработка.

При формировании технологического маршрута устанавливают тип применяемого оборудования (станок токарный, фрезерный, сверлильный и т. д.).

Намеченный технологический маршрут оформляют в виде операционных эскизов заготовок с указанием схемы их базирования и выделением жирными линиями обрабатываемых поверхностей.

В маршрутах включают опущенные второстепенные операции (обработку крепежных отверстий, снятие фасок, зачистку заусенцев, промывку и др.), а также указывают место контрольных операций.

После оценки принятых решений вносят необходимые коррективы.

Термическая обработка в технологическом маршруте. При изготовлении детали операции термической обработки увязывают с операциями механической обработки. Различают предварительную, промежуточную и окончательную термическую обработку.

Предварительную термическую обработку осуществляют до выполнения операций механической обработки. Она заключается в отжиге, нормализации или улучшения заготовок. Операции отжига подвергают отливки, поковки из конструкционных сталей, сварные заготовки. Это обеспечивает резкое снижение остаточных напряжений в металле и улучшение его обрабатываемости резанием. Маршрут обработки проще, если механическая обработка не прерывается термическими операциями. Поэтому если при изготовлении деталей из среднеуглеродистых сталей окончательная обработка заключается в нормализации или улучшении, то эти операции выполняют перед механической обработкой. Улучшение осуществляют до твердости HRC_э—40 (HB 390).

При более высокой твердости обработка лезвийным инструментом затруднительна. Поэтому после чернового резания выполняют промежуточную термическую обработку. Она заключается в нормализации стальных деталей и старении (естественном и искусственном) отливок. Нормализация обеспечивает лучшую обрабатываемость при чистовой обработке, а старение снимает остаточные напряжения в металле заготовки. Окончательную термическую обработку осуществляют общей закалкой детали или поверхностной закалкой.

Определение припусков на обработку. Общий припуск зависит от ряда факторов: конфигурации и размеров детали, ее материала, точности, способа изготовления заготовки и др. Припуски нужно назначать оптимальными с учетом конкретных условий обработки. Завышенные припуски приводят к росту трудоемкости механической обработки и расходов, заниженные — препятствуют исправлению погрешностей предыдущей обработки и обеспечению заданных параметров точности и шероховатости на выполняемом переходе.

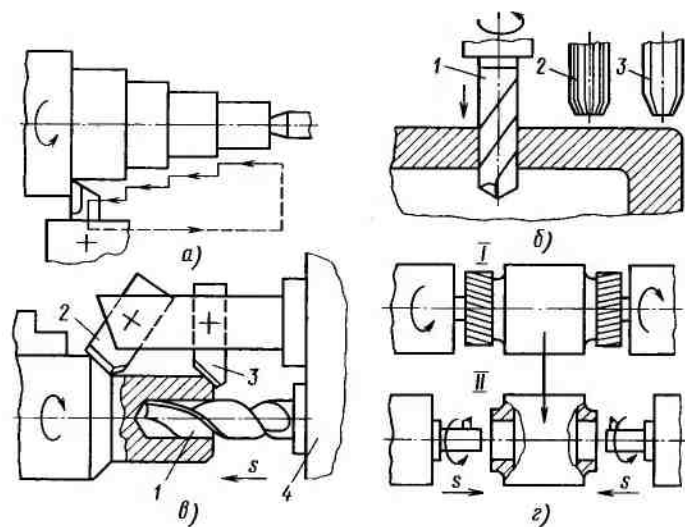


Рис. 16.2. Схемы одностойной обработки:

a — последовательная одноинструментальная, *б* — последовательная несколькими инструментами; *1* — сверло, *2* — зенкер, *3* — развертка; *в* — параллельная многоинструментальная; *1* — сверло, *2, 3* — резы, *4* — револьверная головка; *г* — параллельно-последовательная (*I* — позиция фрезерования, *II* — позиция растачивания)

Значения припусков устанавливают по опытно-статистическим данным или расчетно-аналитическим методом. Опытно-статистические данные составляют на основе обобщения опыта передовых предприятий в виде нормативных таблиц, приводимых в справочной литературе. Более точен расчетно-аналитический метод, который основан на учете погрешности обработки на предшествующих технологических переходах. Этот метод применяют в массовом, крупно- и среднесерийном производстве. В условиях единичного и мелкосерийного производства припуски устанавливают по нормативным таблицам. На основе расчета промежуточных припусков можно определить предельные промежуточные и исходные размеры заготовок.

Проектирование технологических операций. Оно включает в себя ряд взаимосвязанных работ: выбор структуры построения операции; уточнение содержания технологических переходов в операции; выбор модели станка; выбор технологической оснастки; расчет режима обработки; расчет нормы времени; определение разряда работы; обоснование эффективности выполнения операции.

Проектирование операции является многовариантной задачей. Оценку возможных вариантов осуществляют на основе технико-экономических расчетов. При проектировании отдельных операций уточняют технологический маршрут изготовления детали, внося в него соответствующие изменения. При формировании операции стремятся максимально сократить затраты времени

(основного и вспомогательного) на обработку и рассматривают различные схемы построения операций, отличающиеся: числом одновременно обрабатываемых заготовок — одностойные (рис. 16.2) и многостойные (рис. 16.3); числом одновременно участвующих в обработке инструментов — одноинструментальная и многоинструментальная обработка; порядком использования инструментов — последовательная, параллельная и параллельно-последовательная обработка.

Возможно построение различных схем выполнения операций путем различного сочетания указанных признаков. Выбор определенной схемы построения операции в основном определяется программой выпуска детали и ее размерами. При единичном и мелкосерийном изготовлении деталей любых размеров рациональна одностойная одноинструментальная последовательная обработка, при серийном и массовом производстве не крупных деталей многоинструментальная параллельная или параллельно-последовательная обработка.

Выбор оборудования. Его начинают с анализа формирования технологических переходов обработки отдельных поверхностей детали. Разрабатывая технологический маршрут изготовления детали при формировании отдельных операций, выбирают тип оборудования (токарное, фрезерное, сверлильное и т. д.), уточняют его модель с учетом требований, которые должны быть обеспечены на данной операции. Для этого используют паспорта различных станков, в которых указаны их технические характеристики.

Выбор оборудования осуществляют с учетом следующих факторов: габарит рабочей зоны станка, который должен соответствовать размерам обрабатываемой детали или нескольких обрабатываемых деталей; возможность обеспечения заданных параметров точности и шероховатости поверхности; соответствие мощности, жесткости и кинематических данных оборудования оптимальным режимом выполнения операции; обеспечение производительности, соответствующей заданной программе выпуска де-

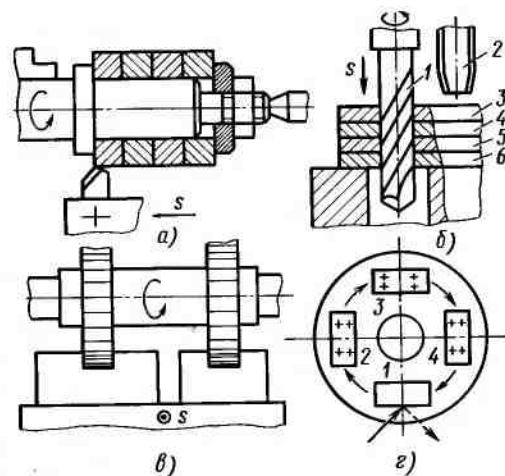


Рис. 16.3. Схема многостойной обработки:

a — одноинструментальная последовательная, *б* — многоинструментальная последовательная; *1* — сверло, *2* — зенкер, *3, 4, 5, 6* — заготовка; *в* — многоинструментальная параллельная, *г* — многоинструментальная параллельно-последовательная на токарном многошпиндельном автомате с круглым поворотным столом; *1* — загрузка и сьем заготовки, *2* — одновременное сверление четырех отверстий, *3* — зенкерование отверстий

талей; соответствие оборудования требованиям техники безопасности и промышленной санитарии; цена оборудования.

Если для разрабатываемой операции возможно использование станков двух разных моделей, обеспечивающих одинаковые требования по качеству обработки, то решающим при выборе модели является экономичность обработки.

Выбор технологической оснастки. Его осуществляют одновременно с выбором оборудования. Выбирают приспособление, режущий и контрольно-измерительный инструмент. Выбор технологической оснастки проводят с учетом типа производства, вида изделия, возможности максимального использования стандартной оснастки.

Приспособления в основном выбирают, исходя из программы выпуска деталей. В единичном и мелкосерийном производстве широко применяют универсальные приспособления: тиски, кулачковые патроны, делительные головки, поворотные столы и др. В серийном производстве используют универсальные переналаживаемые приспособления и приспособления для групповой обработки, а в массовом — специальные приспособления.

Режущий инструмент выбирают с учетом вида обработки, размера и конфигурации обрабатываемой поверхности заготовки, свойствами ее материала, требований к качеству обрабатываемой поверхности, программы выпуска деталей. При выборе инструмента ориентируются в первую очередь на использование стандартного режущего инструмента. Однако на отдельных операциях, особенно в серийном и массовом производстве, применяют специальный инструмент. Режущие инструменты в основном изготавливают из твердых сплавов (ВК8, Т5К10, Т15К6, Т30К4, Т60К6 и др.) быстрорежущих сталей (Р6М5, Р9К10 и др.), углеродистых инструментальных сталей (У10А, У12А и др.).

Для черновой обработки стальных заготовок применяют инструмент с пластинами из сплавов Т5К10, а при чистовой обработке — инструмент с пластинами из сплава Т15К6. Инструменты из твердого сплава работают с высокой скоростью резания и обеспечивают наименьшую шероховатость обрабатываемой поверхности. Из быстрорежущих сталей изготавливают инструмент, работающий при относительно высоких скоростях резания, и сложный по конфигурации инструмент. Из углеродистых инструментальных сталей изготавливают ручные инструменты (метчики, плашки и др.). Для отделочной обработки используются алмазные инструменты. Расходы, связанные с использованием режущего инструмента, — одна из составляющих себестоимости продукции.

Контрольно-измерительные средства выбирают с учетом соответствия точностных характеристик инструмента точности выполняемого размера, виду контролируемой поверхности и масштабу выпуска деталей. В единичном и мелкосерийном производстве используют в основном универсальные инструменты (штангенциркули, микрометры, нутромеры, универсальные инди-

каторные приборы). В условиях автоматизированного производства используют контрольно-измерительные машины с ЧПУ. С увеличением масштаба выпуска деталей возрастает применение калибров, шаблонов, различных контрольных приспособлений и автоматических средств контроля.

Определение режимов обработки. Исходными данными для выбора режима резания являются: сведения об обрабатываемой детали из рабочего чертежа и технических условий — физико-механические свойства обрабатываемого материала, форма, размеры детали и допуски на обработку, требуемая шероховатость обрабатываемых поверхностей, требования к поверхностному слою (упрочнение, отпуск и т. д.); сведения о заготовке из чертежа и технических условий — вид заготовки, величина и характер распределения припусков, состояние поверхностного слоя (наличие корки, окалины, упрочнения); паспортные данные станка.

Определение режимов резания при одноинструментальной обработке рассмотрено в гл. 12.

При определении режимов резания многоинструментальной обработки на расточных, многошпиндельных сверлильных и продольно-фрезерных станках учитывают возможность такой обработки комплектом инструментов, закрепленных в одном или нескольких блоках.

Причем каждый блок имеет одну определенную подачу на один оборот шпинделя станка, но режущие инструменты блока имеют разную скорость резания в зависимости от размеров обрабатываемой поверхности. Режимы резания назначают в следующем порядке.

Для каждого инструмента устанавливают глубину резания и подачу.

Для каждого блока инструментов определяют по нормативам наименьшую (лимитирующую) подачу, которая ограничивается прочностью механизма подачи станка, прочностью одного из инструментов блока или прочностью обрабатываемой заготовки при черновой обработке и заданной шероховатостью поверхности при чистовой обработке.

Найденную лимитирующую подачу сравнивают с паспортными данными станка и при необходимости корректируют.

Рассчитывают скорость резания для всех инструментов и выявляют лимитирующий инструмент, скорость резания которого при автономной работе является наименьшей по сравнению с аналогичным параметром других инструментов.

Зная скорость резания лимитирующего инструмента, определяют частоту вращения шпинделя, которую корректируют по паспорту станка.

По найденным параметрам режима резания рассчитывают усилие подачи, крутящий момент, допускаемую прочность привода главного движения и мощность станка. При необходимости корректируют значения подачи и скорости резания.

16.2. ДОСТИЖИМАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ

Под достижимой понимают точность, которая может быть обеспечена при обработке заготовки рабочим высокой квалификации на станке, находящемся в нормальном состоянии при неограниченных затратах труда и времени на обработку. Под экономической понимают точность, для обеспечения которой затраты при данном способе обработки будут меньше, чем при использовании другого способа обработки той же поверхности. Величина экономической точности обработки может меняться в зависимости от условий обработки.

16.3. ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ

Себестоимость и трудоемкость выполнения технологических операций являются критериями эффективности разработанного технологического процесса. Трудоемкость выполнения операций определяют расчетом на основе технических норм.

Нормой времени называют время, требуемое для выполнения работы (операции) в определенных организационно-технических условиях исходя из рационального использования оборудования и рабочего места с учетом передового опыта. Норма времени выражается в минутах или в часах и устанавливается для каждой технологической операции.

Величина, обратная норме времени, называется *технической нормой выработки*. Она выражает число изделий (деталей), выпускаемых в единицу времени.

Нормы устанавливают тремя методами: 1) определением затрат рабочего времени путем наблюдения; 2) по нормативам; 3) с помощью типовых норм. По первому методу нормы времени устанавливают на основе изучения затрат времени непосредственно на рабочих местах в производственных условиях. Его используют для обобщения передового опыта и для разработки нормативов. По второму методу выполняют расчет длительности операции, используя нормативы длительности выполнения отдельных элементов операции. По третьему методу нормирование выполняют приближенно с использованием типовых норм. Первые два метода применяют в серийном и массовом производстве, третий — в единичном и мелкосерийном.

Норма времени на обработку одной заготовки или сборку одной сборочной единицы называется штучным временем, $T_{шт}$. Для неавтоматизированного производства $T_{шт} = T_o + T_a + T_r + T_{орг} + T_n$, где T_o — основное (технологическое время), T_a — вспомогательное время; T_r — время технического обслуживания рабочего места; $T_{орг}$ — время организационного обслуживания рабочего места, T_n — время перерывов в работе.

Основное время затрачивается на непосредственное изменение размеров, формы, физико-механических свойств и внешнего вида обрабатываемой заготовки или на соединение деталей при

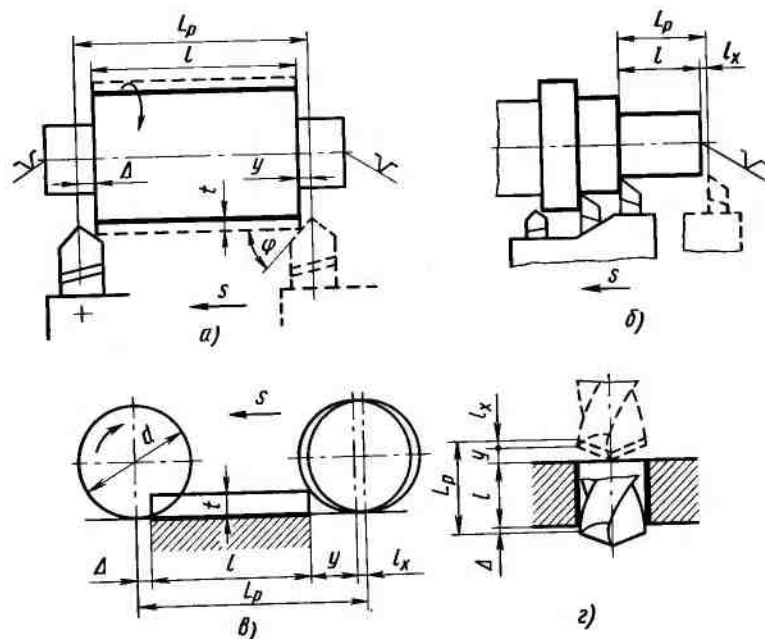


Рис. 16.4. Схема определения расчетной длины обработки

сборочных работах. При обработке на станке $T_o = L_p / S_m$, где L_p — расчетная длина обработки, мм (длина хода инструмента в направлении подачи), S_m — минутная подача инструмента, мм/мин. При ручном подводе инструмента $L_p = l + y + \Delta$, где l — длина обработки; y — величина врезания инструмента; Δ — величина схода (перебега) инструмента. На рис. 16.4, а показана схема определения L_p для продольного точения. При автоматическом цикле обработки нужно учитывать путь холостого хода l_x инструмента к заготовке для облегчения его работы в начале резания. На рис. 16.4, б показан путь l_x при точении на многорезцовом токарном полуавтомате, на рис. 16.4, в — при продольном фрезеровании, на рис. 16.5, г — при сверлении. В этих случаях $L_p = l + y + \Delta + l_x$. Значения y , Δ , l_x берут из нормативных таблиц. Значение y можно определить и расчетным путем: например, по схеме на рис. 16.4, а, имеем $y = t \cdot \text{ctg} \phi$, по схеме на рис. 16.4, в — $y = \sqrt{t(d-t)}$, по схеме на рис. 16.4, г — $y = 0,3d$, где t — глубина резания, d — диаметр фрезы (сверла).

Вспомогательное время затрачивается на выполнение вспомогательных работ, т. е. на установку и снятие заготовки или собираемого узла, на остановку и пуск станка или подъемного механизма, на переключение режимов обработки при выполнении операции, на измерение или контроль качества сборки узла и др.

Часть вспомогательного времени, совмещаемая с основным, называется перекрываваемой, а часть, не совмещенная с основным временем, неперекрываваемой. При расчете нормы времени учитывают лишь неперекрываемую часть вспомогательного времени. Время T_b рассчитывают в соответствии с действующими на данном предприятии нормативами или на основе хронометражных наблюдений.

Оперативное время $T_{оп} = T_o + T_b$, где T_b — неперекрываемое вспомогательное время. Время $T_{оп}$, затрачиваемое на выполнение операции, является основной частью технической нормы.

Время технического обслуживания затрачивается на смену инструмента, его правку (например, шлифовальных кругов), на регулировку и подналадку станка и ряд других действий, связанных с уходом за рабочим местом при выполнении заданной работы.

Время организационного обслуживания включает в себя затраты времени на уход за рабочим местом в течение смены (смазывание и чистка станка, раскладка и уборка инструмента в начале и конце смены, уборка рабочего места).

Время перерывов на отдых, производственную гимнастику и личные надобности регламентируется законодательством. Для механических цехов $T_n = 2,5 \% T_{оп}$.

В серийном и массовом производстве при расчете норм времени на партию изделий необходимо учитывать подготовительно-заключительное время $T_{пз}$, затрачиваемое рабочим на подготовительную и заключительную работу, связанную с обработкой или сборкой партии деталей. Такая работа включает в себя: получение задания; ознакомление с работой; наладку оборудования; сдачу выполненной работы; снятие приспособлений и инструментов; приведение в порядок оборудования и т. д. Время $T_{пз}$ не зависит от размера партии. В серийном производстве норму времени на обработку партии заготовок или сборку партии сборочных единиц определяют по формуле $T_n = T_{ш}n + T_{пз}$, где n — число изделий в партии.

В массовом производстве время $T_{ш}$ и $T_{пз}$ на выполнение операции над одной деталью образуют норму штучно-калькуляционного времени $T_{шк} = T_{ш} + T_{пз}/n$.

На основе норм времени определяют расценки выполняемых операций, рассчитывают количество оборудования для выполнения программы, осуществляют планирование производственного процесса.

Определение квалификации работ производят по тарифно-квалификационному справочнику, который включает в себя перечень характеристик работ и требований, предъявляемых к рабочим определенного тарифного разряда в зависимости от сложности и точности работ, условий труда и необходимых для выполнения этих работ знаний и практических навыков. В машиностроении принята шестиразрядная система тарификации работ.

16.4. ТИПИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Проектирование и освоение технологических процессов могут быть значительно ускорены и улучшены при использовании типовых технологических процессов. Типовой технологический процесс характеризуется единством содержания и последовательности выполнения операций и переходов для группы деталей с общими конструктивными признаками.

Типизация технологических процессов заключается в классификации деталей и в комплексном решении задач, возникающих при выполнении процессов обработки заготовки каждой классификационной группы. При типизации в первую очередь выполняют разделение деталей машин на классы по общности технологических задач, решаемых при их изготовлении. Существует технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения. Наиболее распространено деление деталей на следующие классы: валы, втулки, диски, эксцентричные детали (например, коленчатые валы); крестовины; рычаги; плоские детали (например, плиты, плашки и др.); зубчатые колеса; червяки; стойки и т. д.

Каждый класс деталей подразделяется на группы, подгруппы и типы с учетом их конфигурации и размеров, требований к качеству изготовления, используемых материалов и термической обработки. В один тип объединяют детали, при изготовлении которых применяются однотипный маршрут выполнения операций, однотипные оборудование и технологическая оснастка.

Вторым этапом типизации является разработка типовой технологии. Если детали очень схожи по конструктивно-технологическим признакам, то для них может быть разработан единый технологический процесс вплоть до указания норм времени. Если степень унификации деталей меньшая, то для них разрабатывается технологический процесс с меньшей детализацией. Последний используется как обязательный образец при проектировании рабочих технологических процессов.

Для группы деталей, значительно отличающихся друг от друга, разрабатывают технологические инструкции. При проектировании типовой технологии решается задача создания типовой, легко переналаживаемой оснастки. Типизация позволяет унифицировать типоразмеры деталей, сократить их число и как следствие увеличить размеры партий деталей и использовать методы крупносерийного производства с более высоким уровнем механизации и автоматизации операций. Использование типовых процессов упрощает разработку процессов для конкретной детали и сокращает время на эту разработку, а также ускоряет технологическую подготовку производства.

16.5. ВЫБОР ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Этапы этого выбора следующие: отнесение обрабатываемой детали на основании технологического классификатора к соответствующей классификационной группе; выбор по коду типового

технологического процесса; уточнение состава и последовательности операций; уточнение выбранных средств технологического оснащения. Предпочтительными являются технологические процессы с максимальной концентрацией операций на одном станке. Определение последовательности и содержания технологических операций заключается в выборе тех операций из общего числа, содержащихся в типовом технологическом процессе, с помощью которых обеспечивается обработка деталей с заданной точностью и шероховатостью поверхностей. При этом следует отдать предпочтение операциям с максимальной концентрацией переходов на одном станке. Для этого в единичном и серийном производстве используют станки с программным управлением, а в крупносерийном и массовом — автоматы и автоматические линии.

Иногда применяют технологические процессы с дифференциацией операций, т. е. процессы, состоящие из ряда простых операций, выполняемых на простых станках. Это позволяет осуществлять быстрый переход производства на изготовление нового изделия. Последовательность операций должна обеспечить обработку точных поверхностей в последнюю очередь, чтобы исключить возможность их повреждения.

Для выбора типового технологического процесса, на основе которого будет составлен рабочий технологический процесс, вначале определяют классификационную группу, к которой относится деталь. Эту группу устанавливают по общесоюзному классификатору ЕСКД, которая является основным документом в системе обозначения изделий и конструкторских документов.

По технологическому коду детали устанавливают код и содержание типового технологического процесса.

Содержание технологической операции включает в себя: номер и наименование операции (например, операция 005 фрезерно-центровальная); указание, какие поверхности из данной операции обрабатываются окончательно, а какие предварительно (например, обработать поверхность 30Н7 окончательно, $\varnothing 80 h6$ с припуском на шлифование); наименование и номер модели станка (например, токарно-винторезный станок мод. 16К20); наименование приспособления (например, поводковый плавающий центр) и его краткую характеристику, содержащую наименование и число одновременно закрепленных деталей (например, трехместное); вид зажимных элементов (например, губки призматической формы) и вид привода зажима (например, пневмопривод); наименование и метрологические данные (цена деления, диапазон измерений) измерительной оснастки для наладки и контроля в процессе обработки; наименование и краткую характеристику режущих инструментов (размеры, материал режущей части, геометрия режущих элементов и др.).

Оборудования для выполнения любой операции технологического процесса выбирают на основе типажа металлорежущих станков

16.6. ГРУППОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Групповым называют технологический процесс изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками. Метод групповой обработки позволяет повысить производительность и экономичность обработки в условиях единичного, мелкосерийного и серийного производства. В основу этого метода положен принцип классификации деталей по видам обработки, предполагающий создание классов деталей, обрабатываемых на автоматах, револьверных, токарных, фрезерных, сверлильных и других станках. Классификационная группа деталей характеризуется общностью применяемого оборудования, единой технологической оснасткой и общей настройкой станка. Для каждой такой группы деталей разрабатывается комплексная деталь, содержащая все элементарные поверхности, присущие деталям данной группы.

В качестве примера на рис. 16.5, а приведена группа из девяти деталей, обрабатываемых на токарно-револьверном станке за одну операцию. Комплексная деталь этой группы (рис. 16.5, б) содержит поверхности 1—12, подлежащие обработке и принадлежащие деталям указанной группы. Для комплексной детали проектируют технологический процесс и инструментальную наладку, которая пригодна для любой детали данной группы. Для этой детали определяют тип оборудования и конструкцию приспособления со сменными установочными элементами. Заготовку закрепляют в трехкулачковом патроне, а режущий инструмент — в четырехпозиционном резцедержателе (резцы: А — подрезной; Б — проходной; В — расточный; Г — для проточки; рис. 16.5, в) и в револьверной головке (Е — центровальное сверло; Д — спиральное сверло; Ж — развертка; рис. 16.5, а).

Групповые технологические процессы предусматривают унификацию конструкций машин и их элементов, а также уни-

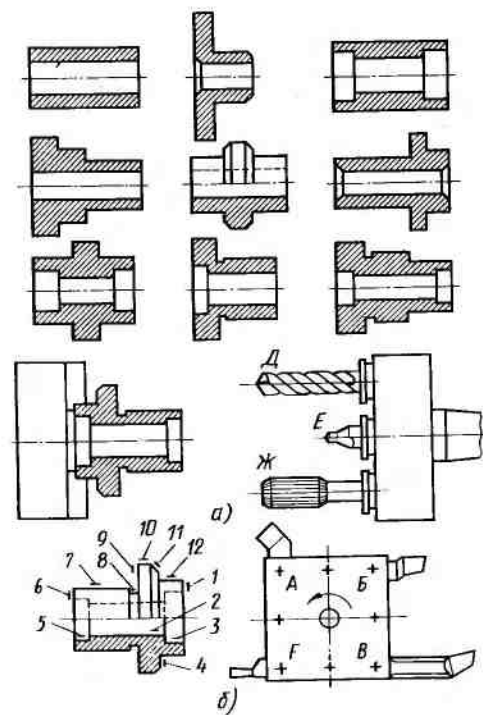


Рис. 16.5. Схема группирования деталей

фикацию технологической оснастки и ограничение ее номенклатуры. При разработке указанных процессов используют ЭВМ. Применение этих процессов наиболее целесообразно на токарно-револьверных станках, многорезцовых полуавтоматах, многшпindelных токарных полуавтоматах, фрезерных, агрегатно-сверлильных и других станках.

16.7. ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Технологический процесс в зависимости от степени детализации его содержания может выполняться как маршрутный, операционный и маршрутно-операционный.

Маршрутный технологический процесс включает в себя содержание всех операций без указания переходов и режимов обработки, операционный технологический процесс — содержание операций с указанием переходов и режимов обработки, маршрутно-операционный технологический процесс — содержание отдельных операций без указаний переходов и режимов обработки.

Комплект документов для описания технологических процессов в общем случае состоит из маршрутной карты, карты эскизов, ведомости деталей, операционной карты, сводной операционной карты и др. Содержание и методика заполнения некоторых из этих документов приведены ниже.

Маршрутная карта содержит описание технологического процесса изготовления и контроля детали по всем операциям в технологической последовательности. В ней указывают данные об оборудовании, оснастке, материальных и трудовых нормативах. Эти карты применяют в единичном и серийном производстве.

В операционную карту вносят описание переходов с указанием оборудования, оснастки и режимов обработки. Операционные карты применяют в серийном и массовом производстве. К комплекту таких карт на все операции технологического процесса прилагают маршрутную карту. При проектировании операций для станков с программным управлением составляют расчетно-технологическую карту, которая содержит необходимые данные по траектории движения инструмента и элементы работы. На основе этой карты разрабатывают управляющую программу для станка.

Исходной информацией для составления маршрутной и операционной карт являются: чертежи; производственная программа; спецификации; описания конструкций; технологические условия; руководящие и нормативные материалы (паспорта металлорежущих станков; каталоги или альбомы станков, режущих и вспомогательных инструментов; альбомы приспособлений; руководящие материалы по режимам резания; нормативы подготовительно-заключительного и вспомогательного времени).

Маршрутная карта имеет определенную форму. В верхнюю часть карты заносят данные об изготавливаемой детали и заготовке. В нижнюю часть заносят номер, наименование и содержание

операций технологического процесса; коды, наименования и данные станков, приспособлений, режущих и измерительных инструментов; коэффициент штучного времени, разряд работы, число рабочих, подготовительно-заключительное и штучное время.

На основании технологических карт рассчитывают количество потребного оборудования, численность рабочих, заработную плату и т. д. К технологической документации относятся также правильно оформленные рабочие чертежи сборочных единиц и деталей, приспособлений, специального режущего инструмента и т. д. Правильное выполнение всех указаний технологической документации имеет важное значение для выпуска качественных изделий.

Карты эскизов и схем наладок содержат графическую иллюстрацию технологического процесса. На каждую операцию вычерчивают эскиз. Эскизы выполняют по определенным правилам: деталь на эскизах изображают в положении обработки на станке; при многопозиционной обработке эскиз выполняют для каждой позиции отдельно; обработанные в операции (позиции) поверхности указывают толстыми линиями, а базовые поверхности — условными обозначениями; на обработанных поверхностях проставляют размеры (с допусками) от баз; на базовых поверхностях показывают условные обозначения установочных элементов.

В схемах наладок (в отличие от эскизов) приводят установочные и зажимные элементы, положение которых указано положением обрабатываемой заготовки и инструментов; показывают инструменты в конечном положении обработки; указывают (стрелками) направления движения заготовки; для револьверной операции указывают позиции револьверной головки с инструментами, находящимися в этих позициях; приводят таблицы с режимами резания и др. На чертеже наладок и карт эскизов указывают место закрепления инструментов, наименование и номер операции, модель станка. Для агрегатных станков указывают число головок и шпинделей, их модель и мощность.

Основным условием правильного планирования и ведения производственного процесса, обеспечивающего выполнение производственного задания, являются наличие подробно разработанной технологической документации и строгое соблюдение указаний, предусмотренных технологической документацией.

16.8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ЭВМ

Обычные методы проектирования технологических процессов требуют значительных затрат времени. Снижение трудоемкости и повышения качества технологических разработок обеспечивается автоматизацией проектирования технологических процессов с помощью ЭВМ. При автоматизированном проектировании можно выполнить следующие работы: выбор заготовки; оптимизацию

Это одна из главнейших задач, стоящих перед отечественной промышленностью. Ее решение связано с уменьшением себестоимости и снижения трудоемкости выпускаемых изделий. Основные пути повышения производительности комплексная механизация и автоматизация технологических процессов; создание новых, более совершенных и технологичных конструкций деталей; расширение использования полуавтоматов и автоматов, станков с ЧПУ; создание автоматических производств и заводов-автоматов; создание новых конструкций инструментов, обеспечивающих повышенные режимы резания; сокращение вспомогательного времени; получение заготовок пластической деформацией (штамповкой, высадкой и др.), точным литьем, профильным прокатыванием и другими прогрессивными методами; совершенствование действующих и внедрение новых прогрессивных технологических процессов.

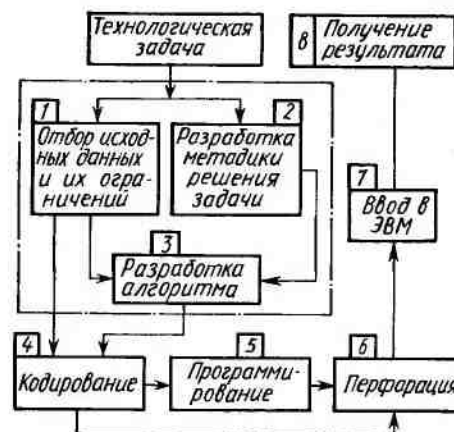


Рис. 16.6. Структурная схема решения технологической задачи с помощью ЭВМ

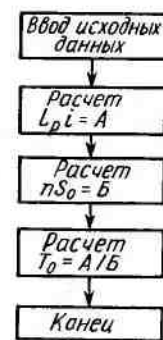


Рис. 16.7. Алгоритм расчета основного времени T_0

маршрута обработки детали; расчет припусков и промежуточных размеров заготовки; выбор схемы построения станочных операций обработки; расчет точности обработки, режимов резания и др.

К исходным данным, необходимым для решения технологической задачи (рис. 16.6), относятся сведения о конструктивной форме и размерах детали, ее материале, термической обработке, масштабе выпуска, оборудовании и др. Перед вводом в запоминающее устройство ЭВМ исходную информацию кодируют. Перед проектированием технологического процесса с использованием ЭВМ составляют четкую методику проектирования с разработкой математической модели, которая представляет собой совокупность математических зависимостей, отображающих ход процесса. Наиболее сложным является разработка алгоритмов и программ работы ЭВМ. В качестве примера на рис. 16.7 приведен алгоритм расчета основного времени $T_0 = (L_p i) / (n S_0)$, где L_p — расчетная длина обработки; i — число рабочих ходов; n — частота вращения инструмента (заготовки); S_0 — оборотная подача. После разработки алгоритма выполняют программирование. Разработанную программу записывают на перфоленту или другой программноноситель и вводят в ЭВМ. Выходные данные из ЭВМ, записанные также на программноносителе, декодируются и используются технологом. Если операция технологического процесса проектируется для станка с ЧПУ, то данные ЭВМ записываются непосредственно на программноноситель станка. Применение ЭВМ повышает производительность технологических расчетов в 10—15 раз; снижает стоимость проектирования; повышает производительность операций на 20—30 %; снижает себестоимость обработки деталей на 15—20 %.

16.10. ПУТИ СОКРАЩЕНИЯ ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО (МАШИННОГО) ВРЕМЕНИ

К ним относятся следующие:

Повышение технологичности конструкции обрабатываемых деталей, для этого при проектировании нужно учитывать ряд требований: конфигурация детали должна состоять по возможности из поверхностей простых форм; деталь должна иметь достаточную прочность во избежание деформаций и хорошие базовые поверхности; обрабатываемые поверхности должны быть доступны для подхода и выхода режущего инструмента; должно соблюдаться условие единства конструкторских, технологических и измерительных баз и др.

Выбор рационального метода обработки. Это достигается: увеличением числа одновременно обрабатываемых заготовок; уменьшением длины рабочего хода, приходящейся на одну деталь в результате рационального расположения заготовок; уменьшением величины врезания и перебега; выбором оптимального варианта технологического процесса.

Применение оптимальных типоразмеров станков, рациональных конструкций режущих инструментов и режимов обработки.

Автоматизация операции путем применения автоматических загрузочных, зажимных и других устройств; полуавтоматических и автоматических циклов обработки; использование быстросменных или групповых наладок; применение станков с ЧПУ и др.

Рациональный выбор заготовки, общих и промежуточных припусков на обработку, а также использование прогрессивных способов получения заготовок.

Пути сокращения вспомогательного времени. К ним относятся: применение быстродействующих приспособлений для установки заготовок (механических, пневмати-

ческих, гидравлических, электромагнитных и др.); использование фасонного и комбинированного инструмента и быстросменных патронов для инструментов; совмещение вспомогательного времени с машинным; использование специальных устройств быстрого подвода и отвода инструментов; использование средств, обеспечивающих измерение заготовки в процессе резания; автоматизация рабочего цикла станка; рациональная организация рабочего места.

16.11. МНОГОСТАНОЧНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Оно заключается в одновременной работе одного рабочего на нескольких станках. Все ручные работы на каждом из обслуживаемых станков (установка и закрепление обрабатываемой заготовки, ее снятие, пуск и остановка станка и др.) выполняются за время работы остальных станков. Многостаночное обслуживание повышает производительность труда. Оно эффективно, когда основное время любой операции обработки больше суммы вспомогательных времен на остальных операциях и времени, затрачиваемого рабочим на переходы от станка к станку. Число станков, обслуживаемых одним рабочим (если на всех станках выполняют одинаковые операции), $S = (T_o/T_v) + 1$. Для работы без простоев отношения T_o/T_v должно быть целым числом. При многостаночном обслуживании станки должны автоматически выключаться после окончания цикла обработки; многостаночник должен быть освобожден от вспомогательных работ по обслуживанию рабочего места; планировка оборудования должна обеспечивать минимальное время на переходы от станка к станку и удобство наблюдения за работой всех станков группы.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение единичному, типовому, маршрутному, операционному технологическим процессам.
2. На какие типы подразделяют производство и чем они характеризуются?
3. Как выбирают технологические базы при разработке технологического процесса?
4. Как проектируют технологический маршрут изготовления деталей?
5. Что включает в себя проектирование технологической операции?
6. Как осуществляют выбор оборудования для технологического процесса механической обработки?
7. Как определяют режимы обработки?
8. Что такое достижимая и экономическая точность обработки?
9. Расскажите о технологическом нормировании.
10. Расскажите о типизации технологических процессов.
11. Как выбирают типовой технологический процесс?
12. Что такое групповой технологический процесс?
13. Какие существуют пути повышения производительности труда при механической обработке?
14. Что такое многостаночное обслуживание?

ГЛАВА 17

СТАНКИ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ, ИХ ОБСЛУЖИВАНИЕ

17.1. ТИПЫ СИСТЕМ ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ СТАНКАМИ

При обработке заготовки на металлорежущем станке последняя и инструмент совершают относительные перемещения (ходы). Совокупность перемещений, повторяющихся при обработке каждой детали, называется *циклом обработки*. Каждый цикл характеризуется величиной ходов (размерная, или геометрическая, информация) и их последовательностью (команды). В общем случае программа управления станком — это последовательность команд, обеспечивающих заданное функционирование рабочих органов станка. Программа содержит размерную информацию и команды.

Все системы управления технологическим оборудованием в зависимости от способа задания размерной информации подразделяют на *нечисловые* и *числовые*. К нечисловым относятся аналоговые системы управления (рис. 17.1), преобразующие исходную информацию, заложенную в процессе подготовки производства в программноноситель. В качестве последнего используют: копир (шаблон); упоры, расположенные определенным образом на станке; кулачки и распределительные валы.

Исходная информация представлена в виде модели (аналога) программы перемещений, а исполнительные органы станка воспроизводят по этой модели заданную программу обработки. В аналоговых системах управления цикл работы станка устанавливают, как правило, в процессе разработки самой системы управления или программноносителя. При этом режим резания для данного станка является неизменным; рабочий-оператор непосредственно не управляет станком, а лишь следит за его работой (если станок-автомат) и осуществляет загрузку-выгрузку деталей (если станок-полуавтомат).

Аналоговые системы управления бывают следующих типов: замкнутые; незамкнутые; копируемые со следящим приводом.

Системы управления замкнутого типа осуществляют активный контроль исполнительного органа станка по пути (путевые), времени (временные), скорости, мощности, давлению и другим параметрам. В путевых системах (рис. 17.2, а) ход исполнитель-

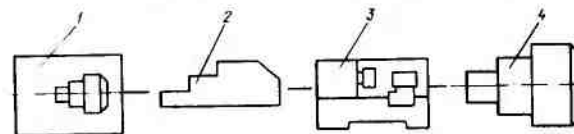


Рис. 17.1. Структурная схема аналоговой системы программного управления станком:

1 — чертеж, 2 — программноноситель, 3 — станок, 4 — деталь

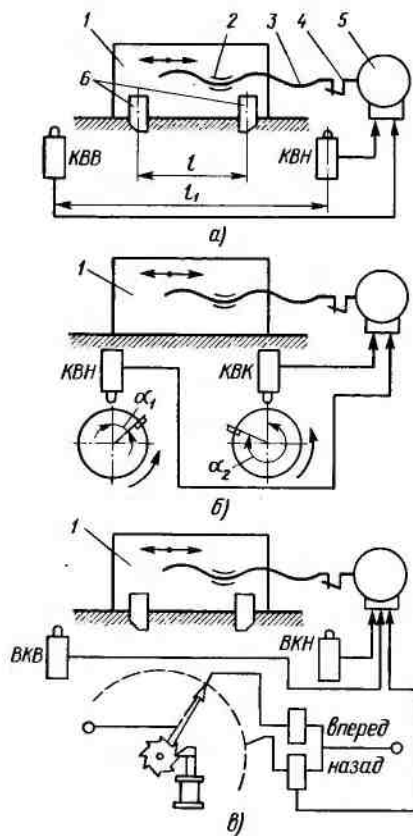


Рис. 17.2. Аналоговые системы управления замкнутого типа:
а — путевая, б — временная, в — цикловая

один оборот командоаппарата соответствует продолжительности цикла; ход исполнительного органа $L = \alpha v_{cp} T / 360$, где T — время одного оборота командоаппарата; α — угол установки кулачка; v_{cp} — средняя скорость исполнительного органа.

Система циклового программного управления (ЦПУ) (рис. 17.2, в) представляет собой комбинацию путевой и временной систем управления: ход исполнительного органа станка задается конечными переключателями (как в путевых системах), а команды — командоаппаратом (как во временных системах). Командоаппарат имеет привод дискретного (прерывистого) действия. В качестве командоаппарата часто используют шаговый искатель.

К системам управления незамкнутого типа относятся системы с приводом (от кулачка, копира, храпового механизма и др.), обеспечивающим дозированное перемещение исполнительного

ного органа 1 ограничивается конечными переключателями *КВВ* (ограничивает ход вперед) и *КВН* (ограничивает ход назад). Движение подачи исполнительному органу сообщается следующим образом: двигатель 5 — муфта 4 — винт 3 — гайка 2. С конечными переключателями взаимодействуют упоры 6, расположенные на исполнительном органе. Ход исполнительного органа $L = l_1 - l$, где l_1 — расстояние между конечными переключателями; l — расстояние между упорами 6.

Во временных системах (рис. 17.2, б) исполнительный орган 1 управляется командоаппаратом с независимым приводом, включающим в себя барабан с определенным числом дорожек, служащих для установки кулачков. Последние контактируют с блоком переключателей. Каждым ходом цикла управляют переключатели *КВН* (дает команду начала цикла) и *КВК* (дает команду конца цикла). Во временных системах программируется не путь, а время между началом и концом каждого хода;

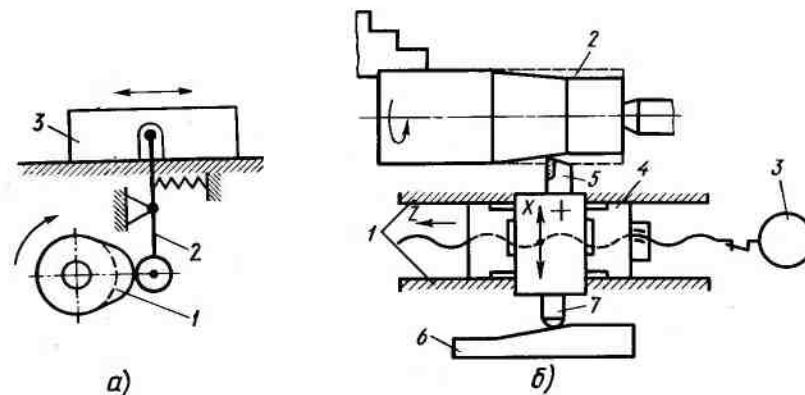


Рис. 17.3. Системы управления:
а — с кулачковым приводом, б — копировальная

органа станка, а также копировальные системы прямого действия (т. е. без усилителя мощности). В системе управления с кулачковым приводом (рис. 17.3, а) профиль (рабочая поверхность) кулачка 1 через толкатель 2 обеспечивает перемещение исполнительного органа 3 и его возврат в начальное положение. Изменяя профиль кулачка, можно обеспечить любой закон изменения пути и скорости движения исполнительного органа.

Копировальная система прямого действия управляет двумя исполнительными органами — продольными 1 и поперечными 5 салазками, перемещающимися по координатным осям X и Z от общего привода (рис. 17.3, б). Ведущим является движение по оси Z , получаемое от привода 3. Движение по оси X называют следящим, так как оно вызывается перемещением шупа 7 по копиру 6; это движение получают поперечные салазки 4, несущие резец 5, который обрабатывает заготовку 2. На практике данную систему управления используют редко из-за значительных сил на шупе, приводящих к деформации шупа и копира и к их износу.

Достаточно широко в станках применяют копировальные системы управления со следящим приводом (гидравлическим, электрическим, электрогидравлическим), имеющим обратную связь (механическую или электрическую). Копировальные системы широко применяют для управления обработкой детали по одной, двум и трем координатам. Возможность быстрой смены программноносителя (копира) позволяет использовать эти системы в условиях серийного производства. К недостаткам таких систем относятся: высокая стоимость изготовления программноносителя; невозможность автоматизировать работу нескольких инструментов; отсутствие автоматического регулирования процесса обработки.

Аналоговые системы управления позволяют повысить произ-

водительность механической обработки, но не обладают достаточной гибкостью, что обуславливает высокую стоимость переналадки оборудования. Поэтому их целесообразно применять в условиях серийного, крупносерийного и массового производства.

17.2. ЦИКЛОВОЕ ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СТАНКАМИ

Система циклового программного управления (ЦПУ) позволяет частично или полностью программировать цикл работы станка, режим обработки и смену инструмента, а также задавать (с помощью предварительно налаживаемых упоров) величину перемещений исполнительных органов станка. Система ЦПУ является аналоговой системой управления замкнутого типа (см. рис. 17.2, в) и обладает достаточно высокой гибкостью, т. е. обеспечивает легкое изменение последовательности включения аппаратуры (электрической, гидравлической, пневматической и т. д.), управляющей элементами цикла. Достоинствами системы ЦПУ является простота конструкции и обслуживания, а также низкая стоимость; недостатком — трудоемкость размерной наладки упоров и кулачков.

Станки с ЦПУ целесообразно применять в условиях серийного, крупносерийного и массового производства деталей простых геометрических форм. Системами ЦПУ оснащают токарно-револьверные, токарно-копировальные, лоботокарные, вертикально-фрезерные, копировально-фрезерные, вертикально-сверлильные станки, агрегатные станки, промышленные роботы (ПР) и др.

Система ЦПУ (рис. 17.4) включает в себя программатор циклов, схему автоматики, исполнительное устройство и устройство обратной связи. Собственно устройство ЦПУ состоит из программатора циклов и схемы автоматики. Программатор циклов содержит блок 1 (рис. 17.4) задания программы и блок 2 поэтапного ее ввода (этапом программы называют часть программы, одновременно вводимую в систему управления). Из блока 1 информация поступает в схему автоматики, состоящую из блока 3 управления циклом работы станка и блока 4 преобразования сигналов контроля. Схема автоматики (которую, как правило, выполняют на электромагнитных реле) выполняет следующие функции: согласует действия программатора циклов с исполнительными органами станка и датчиком обратной связи; усиливает и размножает команды; реализует ряд логических функций (например, выполнение стандартных циклов). Из блока 3 сигнал поступает в исполнительное устройство,

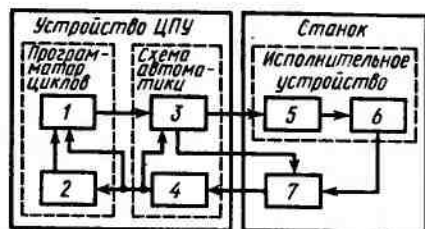


Рис. 17.4. Функциональная схема системы ЦПУ

исполняющее отработку заданных программой команд и включающее в себя исполнительные элементы 5 (приводы исполнительных органов станка, электромагниты, муфты и т. д.) и исполнительные органы 6 станка (суппорты, револьверные головки, столы и т. д.). Последние обрабатывают этап программы. Датчик 7 контролирует окончание обработки и через блок 4 дает команду блоку 2 на включение следующего этапа программы. Для контроля окончания этапа программы часто используют путевые переключатели или реле времени.

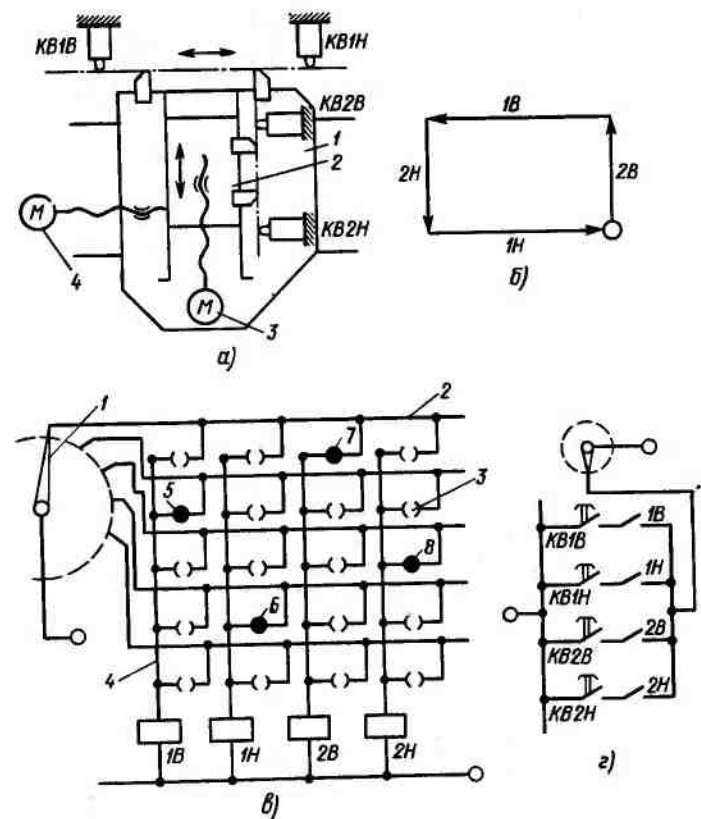


Рис. 17.5. Система ЦПУ:
а — кинематическая схема, б — обрабатываемый цикл, в, г — электрическая схема

В качестве примера на рис. 17.5, а приведена система ЦПУ станком, исполнительные органы которого — продольные 1 и поперечные 2 салазки — приводятся от электродвигателей 4 и 3 соответственно. Каждый исполнительный орган взаимодействует с помощью упоров с двумя неподвижными путевыми переключателями. Движение салазок 1 ограничивают переключатели KB1B и KB1H, а салазок 2 — переключатели KB2B и KB2H.

обеспечивающее отработку заданных программой команд и включающее в себя исполнительные элементы 5 (приводы исполнительных органов станка, электромагниты, муфты и т. д.) и исполнительные органы 6 станка (суппорты, револьверные головки, столы и т. д.). Последние обрабатывают этап программы. Датчик 7 контролирует окончание обработки и через блок 4 дает команду блоку 2 на включение следующего этапа программы. Для контроля окончания этапа программы часто используют путевые переключатели или реле времени.

Величину хода салазок устанавливают упорами. Для программирования команд используют программаторы — механические, электрические и др. Наиболее распространенным электрическим программатором является штекерная панель, которая вместе с шаговым искателем составляет командоаппарат (рис. 17.5, в). Шаговый искатель состоит из контактного поля и ротора; контактное поле представляет собой совокупность неподвижных контактных пластин, расположенных по окружности и изолированных друг от друга; ротор выполнен в виде щетки с электромагнитным приводом, состоящим из электромагнита и храпового механизма.

При поступлении на вход электромагнита импульсного сигнала ротор поворачивается на один шаг и коммутирует очередную пластину контактного поля. Штекерная панель содержит ряд горизонтальных 2 и вертикальных 4 шин, соединенных соответственно с пластинами шагового искателя и с обмотками реле. Число горизонтальных шин равно числу ходов цикла, а число вертикальных шин — числу команд. В местах пересечения горизонтальных и вертикальных шин расположены штекерные гнезда 3, образованные двумя полукольцами, одно из которых соединено с горизонтальной шиной, а второе — с вертикальной. Если в гнездо вставить штекер (металлический стержень), то соответствующие шины соединяются и срабатывает реле.

При отсутствии штекера шины разомкнуты и реле не срабатывает. Например, для программирования цикла (рис. 17.5, а), содержащего четыре последовательных хода салазок 1 и 2 ($1В$ и $1Н$ — соответственно ход салазок 1 вперед и назад; $2В$ и $2Н$ — соответственно ход салазок 2 вперед и назад; рис. 17.5, б), необходимо установить в гнезда штекерной панели штекеры 5, 6, 7 и 8 (рис. 17.5, в). При включении станка напряжение от шагового искателя подается на верхнюю горизонтальную шину штекерной панели: срабатывает реле $2В$ (рис. 17.5, г) и подается команда «Вперед» для привода поперечной подачи; поперечные салазки перемещаются вперед до срабатывания переключателя $KB2B$; контакты последнего замыкаются, что вызывает срабатывание электромагнита шагового двигателя; ротор искателя поворачивается на один шаг, верхняя шина, а следовательно, и реле $2В$ обесточатся и движение прекратится.

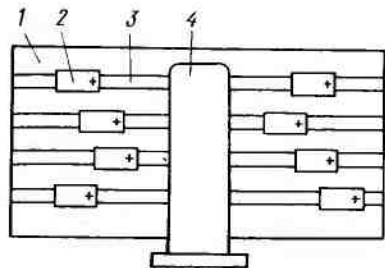


Рис. 17.6. Кулачковая панель

Затем напряжение подается на вторую горизонтальную шину: срабатывает реле $1В$; подается команда «Вперед» для привода продольной подачи; продольные салазки перемещаются справа налево до срабатывания переключателя $KB1B$ и, следовательно, шагового искателя; возникает сигнал $2Н$ (поперечные салазки пе-

ремещаются в начальное положение), а затем сигнал $1Н$ (продольные салазки перемещаются в начальное положение); ротор шагового искателя на вспомогательном ходу возвращается в исходное положение, после этого цикл повторяется.

Установку штекеров в отверстие панели осуществляет оператор непосредственно на станке. Во избежание ошибок программирования и его ускорения на штекерную панель накладывают бумажные шаблоны, имеющие пробитые в соответствии с программой отверстия, через которые штекеры вводят в гнезда панели. При многократном использовании в цикле исполнительных органов число конечных переключателей должно быть увеличено. В этом случае для управления движением по каждой координатной оси применяют кулачковую панель (рис. 17.6), представляющую собой плитку 1 с Т-образными пазами 3, в которых устанавливают кулачки 2, взаимодействующие с блоком 4 путем переключателей. Кулачки настраивают как непосредственно на станке, так и вне станка; в последнем случае панель снимают.

При большом объеме информации используют программаторы, в которых в качестве программносителя служат перфоленты, используемые многократно. Считывание информации осуществляется электромеханическим или фотоэлектрическим способом.

Универсальными системами ЦПУ, построенными на базе микроэлектроники, являются программируемые контроллеры (ПК), представляющие собой управляющие логические машины последовательного действия.

ПК (рис. 17.7) состоит из центрального процессора (управляющего устройства) 1, постоянного запоминающего устройства 2, входного 3 и выходного 5 устройств, сканатора (генератора импульсов) 4. К ПК можно подключить программную панель 6 (загрузчик программ), содержащую декадные переключатели и клавиши с обозначением элементов. Программирование осуществляют последовательным нажатием клавиш. Программа записывается и запоминается в устройстве 2. В режиме работы сканатор 4 поочередно подключает к процессору 1 устройства 3 и 5. В процессоре 1 согласно программе производятся заданные логические операции, преобразующие состояние входов в состояния выходов. ПК, имея небольшой габарит, позволяет быстро изменить программу. К ним могут подключаться дисплеи, накопители на магнитных кассетах, печатающие устройства, регистрирующие различные параметры, сопутствующие процессу обработки.

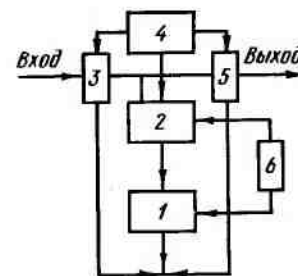


Рис. 17.7. Структурная схема программируемого контроллера

17.3. ЧИСЛОВОЕ ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СТАНКАМИ И СИСТЕМЫ ЧПУ

На основе достижений кибернетики, электроники, вычислительной техники и приборостроения были разработаны принципиально новые системы программного управления — системы ЧПУ, широко используемые в станкостроении. Эти системы называют числовыми потому, что величина каждого хода исполнительного органа станка задается с помощью числа. Каждой единице информации соответствует дискретное перемещение исполнительного органа на определенную величину, называемую разрешающей способностью системы ЧПУ или ценой импульса. В определенных пределах исполнительный орган можно переместить на любую величину, кратную разрешающей способности. Число импульсов, которое нужно подать на вход привода, чтобы осуществить требуемое перемещение L , определяется по формуле $N = L/q$, где q — цена импульса. Число N , записанное в определенной системе кодирования на носителе информации (перфоленде, магнитной ленте и др.), является программой, определяющей величину размерной информации.

Под ЧПУ станком понимают управление (по программе, заданной в алфавитно-цифровом коде) движением исполнительных органов станка, скоростью их перемещения, последовательностью цикла обработки, режимом резания и различными вспомогательными функциями.

Система ЧПУ — это совокупность специализированных устройств, методов и средств, необходимых для реализации ЧПУ станком.

Устройство ЧПУ (УЧПУ) — часть системы ЧПУ, предназначенная для выдачи управляющих воздействий исполнительным органом станка в соответствии с управляющей программой (УП).

Структурная схема системы ЧПУ представлена на рис. 17.8, а. Чертеж детали (ЧД), подлежащей обработке на станке с ЧПУ, одновременно поступает в систему подготовки программы (СПП) и систему технологической подготовки (СТП). Последняя обеспечивает СПП данными о разрабатываемом технологическом процессе, режиме резания и т. д. На основании этих данных разрабатывается управляющая программа (УП). Наладчики устанавливают на станок приспособления, режущие инструменты согласно документации, разработанной в СТП.

Установку заготовки и снятие готовой детали осуществляет оператор или автоматический загрузчик. Считывающее устройство (СУ) считывает информацию с программносителя. Информация поступает в УЧПУ, которое выдает управляющие команды на целевые механизмы (ЦМ) станка, осуществляющие основные и вспомогательные движения цикла обработки. Датчики обратной связи (ДОС) на основе информации (фактические положения и скорость перемещения исполнительных узлов, фактический размер обрабатываемой поверхности, тепловые и сило-

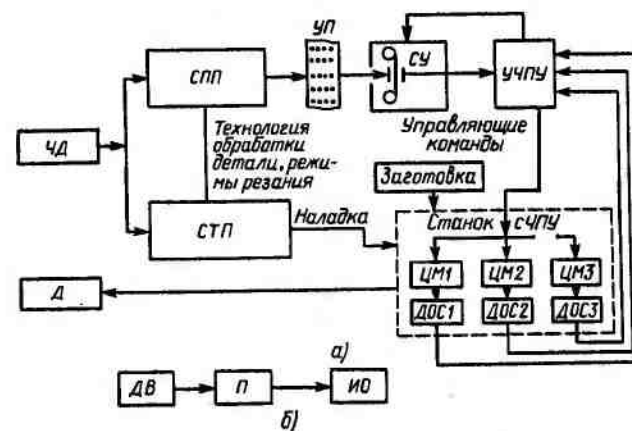


Рис. 17.8. Структурная схема системы ЧПУ (а) и целевого механизма (б)

вые параметры технологической системы и др.) контролируют величину перемещения ЦМ. Станок содержит несколько ЦМ, каждый из которых включает в себя (рис. 17.8, б): двигатель (ДВ), являющийся источником энергии; передачу П, служащую для преобразования энергии и ее передачи от двигателя к исполнительному органу (ИО); собственно ИО (стол, салазки, суппорт, шпиндель и т. д.), выполняющий координатные перемещения цикла.

Система ЧПУ может видоизменяться в зависимости от вида программносителя, способа кодирования информации в УП и метода ее передачи в УЧПУ, которое размещают рядом со станком (в одном или двух шкафах) или непосредственно на станке (в подвесных или стационарных пультах управления). Двигатели приводов подач станков с ЧПУ, имеющие специальную конструкцию и работающие с конкретными УЧПУ являются частью системы ЧПУ.

Все данные, необходимые для обработки заготовки на станке, УЧПУ получает от УП, которая содержит два вида информации — геометрическую и технологическую. Геометрическая информация содержит координаты опорных точек траектории движения инструмента, а технологическая — данные о скорости, подаче, номере режущего инструмента и т. д. УП записывают на программносителе. В оперативных системах ЧПУ программа может вводиться (с помощью клавиш) непосредственно на станке. Наиболее распространенными программносителями являются восьмидорожечные перфоленды (рис. 17.9) шириной 25,4 мм. Транспортная дорожка, составленная из отверстий 1, служит для перемещения (с помощью барабана) ленты в считывающем устройстве.

Рабочие отверстия 2, несущие информацию, пробивают на

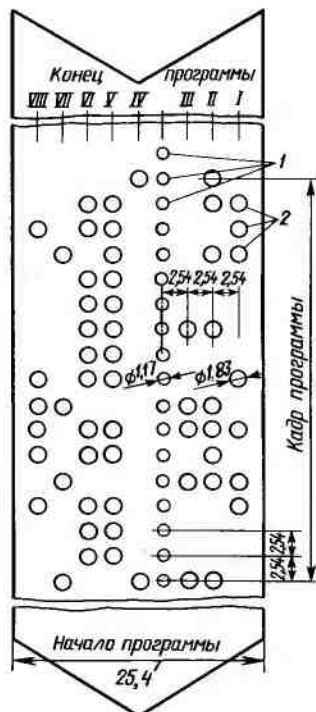


Рис. 17.9. Восьмидорожечная лента:
1 — отверстия транспортной дорожки, 2 — рабочие отверстия

специальном устройстве, называемом перфоратором. Информацию на перфоленту наносят кадрами, каждый из которых является составной частью УП, содержащей не менее одной команды. В кадре можно записать только такой набор, при котором каждому исполнительному органу станка направляется не более одной команды (например, в одном кадре нельзя задать движение исполнительному органу как вправо, так и влево). Перфоленты изготавливают из бумаги, металла, пластмассы или их композиции. Пластмассовую ленту, выдерживающую несколько тысяч прогонов через устройство, используют для записи программ, по которым будет обрабатываться много деталей.

Магнитная лента представляет собой двухслойную композицию, состоящую из пластмассовой основы и рабочего слоя из порошкового ферромагнитного материала. Информация на магнитную ленту записывается в виде магнитных штрихов, наносимых вдоль ленты и располагаемых в кадре УП с определенным шагом, соответствующим заданной скорости перемещения исполнительного органа. При считывании УП магнитные штрихи преобразуются в управляющие импульсы.

Каждому штриху соответствует один импульс. Поступающие на двигатель привода подачи импульсы обрабатываются исполнительным органом. Каждому импульсу соответствует определенное (дискретное) перемещение ИО; длина этого перемещения определяется числом импульсом, содержащихся в кадре магнитной ленты. Такая запись команд на перемещение исполнительного органа называется декодированной. Этот вид записи является жестким, так как не позволяет изменить число штрихов в кадре магнитной ленты после записи УП, т. е. не позволяет корректировать УП.

Декодирование осуществляется с помощью интерполятора, который преобразует вводимую в него (на перфоленте или от ЭВМ) кодированную геометрическую информацию о контуре обрабатываемой детали в последовательность управляющих импульсов, соответствующих элементарным перемещениям исполнительного органа. Запись декодированной программы на магнитную ленту производят на специальном пульте, включающем в себя: интерполирующее устройство с выходом, предназначен-

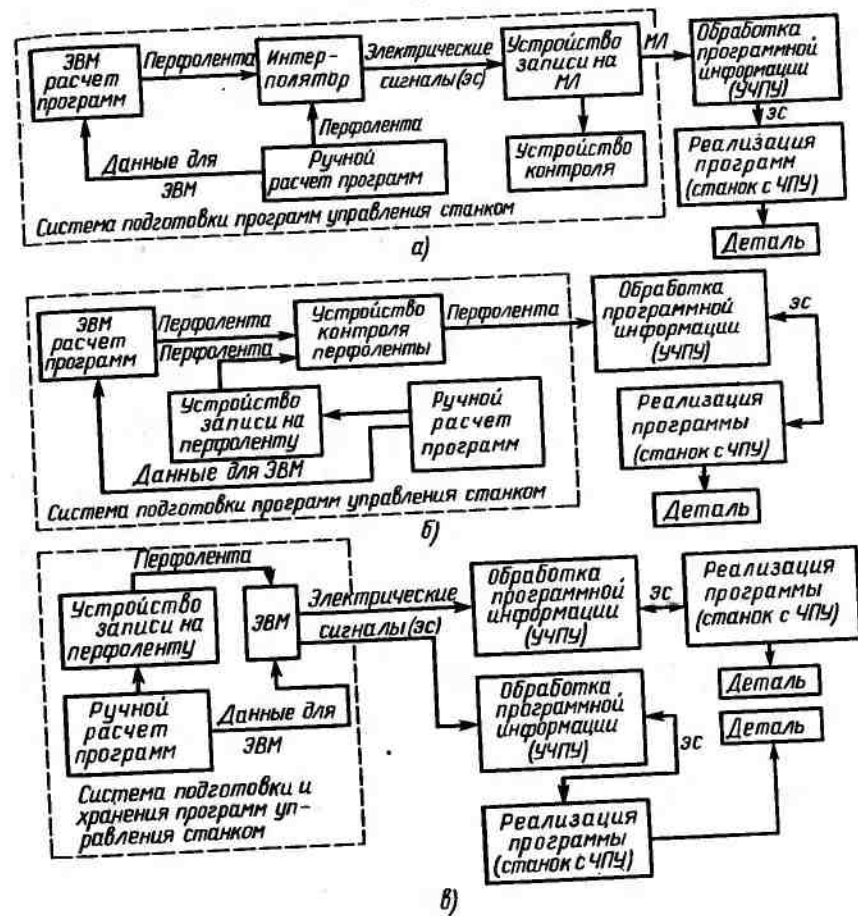


Рис. 17.10. Структурные схемы систем ЧПУ:
а — при задании УП в декодированном виде, б — при задании УП в кодированном виде, в — при управлении от ЭВМ

ном для записи; лентопротяжный механизм с магнитными головками для стирания; записи и воспроизведения. Системы ЧПУ, в которых УП задается в декодированном виде (рис. 17.10, а), являются наиболее простыми по конструкции, но их технологические возможности ограничены.

Практически во всех современных системах ЧПУ задание УП осуществляется на перфоленте в кодированном виде (рис. 17.10, б), т. е. геометрическая и технологическая информация записывается в виде чисел и букв. Такие системы, используемые для управления высокоавтоматизированными станками всех технологических групп, имеют следующие преимущества: малый объем программносителя (перфоленты) и удобство его хранения;

отсутствие ограничений на число и содержание технологических команд; длина программы зависит не от длительности обработки детали, а от сложности ее конфигурации и других факторов, влияющих на характер траектории инструмента; допускается корректировка УП с пульта УЧПУ.

В настоящее время все чаще для управления станком или группой станков с ЧПУ применяют малые ЭВМ (рис. 17.10, в).

Интерполятор, входящий в систему ЧПУ, выполняет следующие функции: на основе численных параметров участка обрабатываемого контура (координат начальной и конечной точек прямой, величины радиуса дуги и т. д.) заданных УП, рассчитывает (с определенной дискретностью) координаты промежуточных точек этого участка контура; вырабатывает управляющие электрические импульсы, последовательность которых соответствует перемещению (с требуемой скоростью) исполнительного органа станка по траектории, проходящей через эти точки. В системах ЧПУ применяют в основном линейные и линейно-круговые интерполяторы; первые обеспечивают перемещение инструмента между соседними опорными точками по прямым линиям, расположенным под любым углом, а вторые — как по прямым, так и по дугам окружностей.

Важнейшей технологической характеристикой системы ЧПУ является ее разрешающая способность или дискретность, под которой понимают минимально возможную величину перемещения (линейного, углового) ИО станка, соответствующего одному управляющему импульсу, т. е. контролируемому в процессе управления. Большинство современных систем ЧПУ имеют дискретность 0,01 мм/импульс. Осваиваются в производстве системы с дискретностью 0,001 мм/импульс.

17.4. КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Системы ЧПУ классифицируют по следующим признакам: 1) по уровню, технических возможностей; 2) по технологическому назначению; 3) по числу потоков информации (незамкнутые, замкнутые, самоприспосабливающиеся или адаптивные); 4) по принципу задания программы (в декодированном виде, в кодированном виде, т. е. в абсолютных координатах или в приращениях; от ЭВМ); 5) по типу привода (ступенчатый; регулируемый; следящий; шаговый); 6) по числу одновременно управляемых координат.

По уровню технологических возможностей системы ЧПУ делятся (в соответствии с международной классификацией) на следующие классы. NC — системы с покадровым чтением перфоленты на протяжении цикла обработки каждой заготовки; SNC — система с однократным чтением всей перфоленты перед обработкой партии одинаковых заготовок; CNC — системы со

встроенной малой ЭВМ (компьютером, микропроцессором); DNC — системы прямого числового управления группами станков от одной ЭВМ; HNC — оперативные системы с ручным набором программы на пульте управления.

По технологическому назначению системы ЧПУ подразделяются на позиционные; обеспечивающие прямоугольное формообразование; обеспечивающие прямолинейное формообразование; обеспечивающие криволинейное формообразование.

Позиционные системы обеспечивают высокоточное перемещение (координатную установку) ИО станка в заданную программой позицию за минимальное время. По каждой координатной оси программируется только величина перемещения, а траектория перемещения может быть произвольной. Перемещение ИО из позиции в позицию осуществляется с максимальной скоростью, а его подход к заданной позиции — с минимальной («ползучей») скоростью. Точность позиционирования повышается в результате подхода ИО к заданной позиции всегда с одной стороны (например, слева направо). Позиционными системами ЧПУ оснащают сверлильные и координатно-расточные станки.

Системы, обеспечивающие прямоугольное формообразование, в отличие от позиционных позволяют управлять перемещениями исполнительных органов станка в процессе обработки. В процессе формообразования ИО станка перемещается по координатным осям поочередно, поэтому каждый элемент траектории параллелен координатным осям. Чтобы сократить время перемещений ИО из одной позиции в другую, в ряде случаев используют одновременное движение по двум координатам. При глупом позиционировании подход ИО к заданной позиции осуществляется с разных сторон, а при точном позиционировании — всегда с одной стороны. Число управляемых координат в таких системах достигает 5, а число одновременно управляемых координат 4. Указанными системами оснащают токарные, фрезерные, расточные станки.

Системы, обеспечивающие прямолинейное (под любым углом к координатным осям станка) формообразование и позиционирование, реализуют движение инструмента при резании одновременно по двум координатным осям (X и Y). В данных системах используют двухкоординатный интерполятор, выдающий управляющие импульсы сразу на два привода подачи. Общее число управляемых координат в таких системах 2—5. Указанные системы обладают большими технологическими возможностями (по сравнению с прямоугольными) и применяются для оснащения токарных, фрезерных, расточных и других станков.

Системы, обеспечивающие криволинейное формообразование, позволяют управлять обработкой плоских и объемных деталей, содержащих участки со сложными криволинейными контурами.

Системы ЧПУ, обеспечивающие прямоугольное, прямолинейное и криволинейное формообразование, относятся к контурным (непрерывным) системам, так как они позволяют обрабатывать де-

таль по контуру. Контурные системы ЧПУ имеют, как правило, шаговый двигатель.

Многоцелевые (сверлильно-фрезерно-расточные) станки в целях расширения их технологических возможностей оснащают контурно-позиционными системами ЧПУ.

По числу потоков информации системы ЧПУ делятся на замкнутые, разомкнутые и адаптивные.

Разомкнутые системы характеризуются наличием одного потока информации, поступающего со считывающего устройства к исполнительному органу станка. В механизмах подачи таких систем используют шаговые двигатели. Крутящий момент, развиваемый шаговым двигателем, недостаточен для привода механизма подачи. Поэтому указанный двигатель применяют в качестве задающего устройства, сигналы которого усиливаются различными способами, например с помощью гидроусилителя моментов (аксиально-поршневого гидродвигателя), вал которого связан с ходовым винтом подачи. В разомкнутой системе нет датчика обратной связи и поэтому отсутствует информация о действительном положении ИО станка.

Замкнутые системы ЧПУ характеризуются двумя потоками информации — от считывающего устройства и от датчика обратной связи по пути. В этих системах рассогласование между заданными и действительными величинами перемещения ИО устраняется благодаря обратной связи.

Адаптивные системы ЧПУ характеризуются тремя потоками информации: от считывающего устройства; от датчика обратной связи по пути; от датчиков, установленных на станке и контролирующих процесс обработки по таким параметрам, как износ режущегося инструмента, изменение сил резания и трения, колебания припуска и твердости материала обрабатываемой заготовки и др. Такие системы позволяют корректировать программу обработки с учетом реальных условий резания.

17.5. КЛАССИФИКАЦИЯ СТАНКОВ С ЧПУ. ИХ КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Станки с ЧПУ должны обеспечивать высокие точность и скорость отработки перемещений, заданных УП, а также сохранить эту точность в заданных пределах при длительной эксплуатации. Конструкция станков с ЧПУ должна, как правило, обеспечивать совмещение различных видов обработки, автоматизацию загрузки и выгрузки деталей, автоматическое или дистанционное управление сменой инструмента, возможность встройки в общую автоматическую систему управления. Высокая точность обработки определяется точностью изготовления и жесткостью станка. В конструкциях станков с ЧПУ используют короткие кинематические цепи, что повышает статическую и динамическую жесткость станков. Для всех ИО применяют автономные приводы с минимально возможным числом механических пе-

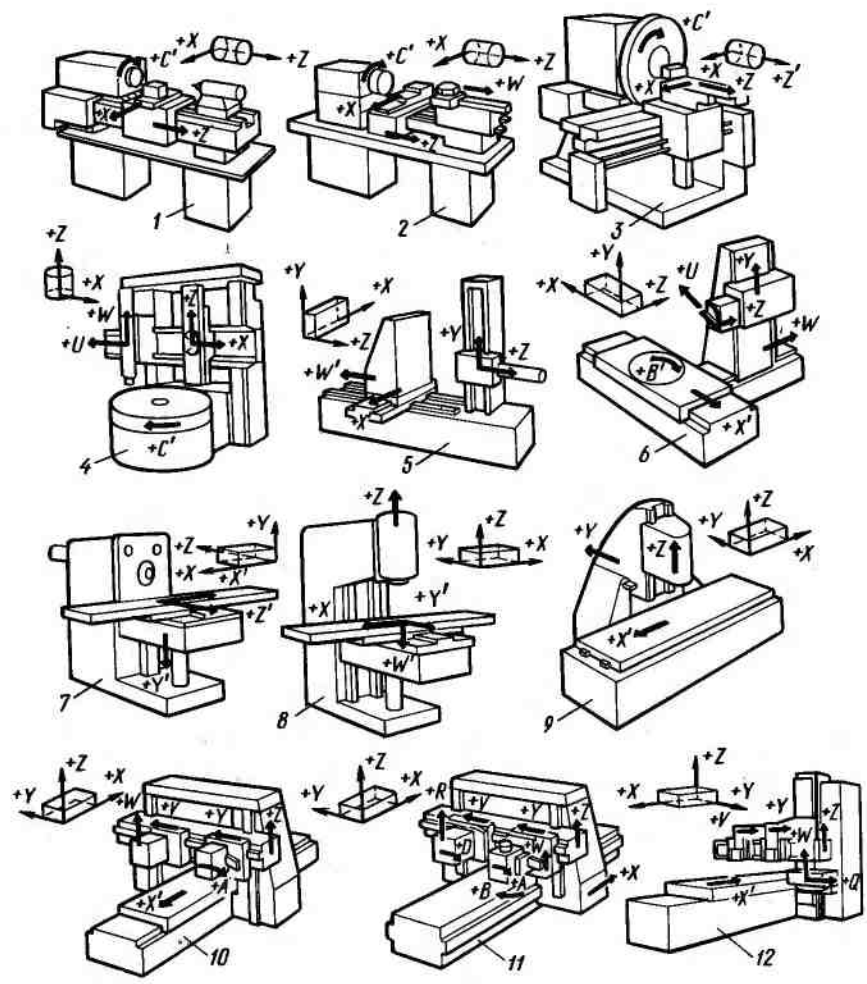


Рис. 17.11. Станки с ЧПУ:

- 1 — токарно-винторезный, 2 — токарно-револьверный, 3 — лоботокарный, 4 — токарно-карусельный,
- 5, 6 — горизонтально-расточный; 7 — консольный горизонтально-фрезерный, 8 — консольный вертикально-фрезерный, 9 — продольно-фрезерный вертикальный, 10 — продольно-фрезерный двухстоечный,
- 11 — продольно-фрезерный с подвижным порталом, 12 — одностоечный продольно-строгальный

редач. Эти приводы должны иметь высокое быстродействие. Точность станков с ЧПУ повышается в результате устранения зазоров в передаточных механизмах приводов, уменьшения потерь на трение в направляющих и механизмах, повышения виброустойчивости, снижения тепловых деформаций. По технологическим признакам и возможностям станки с ЧПУ (рис. 17.11) классифицируются так же, как универсальные станки (см. табл. 1.1), на базе которых изготавливается большинство станков с ЧПУ.

Токарные станки с ЧПУ предназначены для обработки наружных и внутренних поверхностей деталей типа тел вращения, а также для нарезания наружной и внутренней резьбы.

Фрезерные станки с ЧПУ, предназначенные для обработки плоских и пространственных корпусных деталей осуществляют следующие операции: плоское, ступенчатое и контурное фрезерование с нескольких сторон и под различными углами; сверление; растачивание; развертывание; нарезание резьбы и др.

Сверлильно-расточные станки с ЧПУ, предназначенные для обработки отверстий в деталях, выполняют сверление, развертывание, зенкерование, растачивание, развертывание, обтачивание торцов, фрезерование, нарезание резьбы и др.

Шлифовальные станки с ЧПУ предназначены для шлифования наружных, внутренних и торцовых поверхностей деталей, имеющих прямолинейную и криволинейную форму образующих.

Многоцелевые станки с ЧПУ (обрабатывающие центры), предназначенные для комплексной обработки деталей за одну установку, выполняют практически все операции обработки резанием.

Электроэрозионные станки с ЧПУ предназначены для вырезания методом электроэрозии деталей сложного контура из токопроводящих материалов, обработка которых другими способами затруднена или невозможна. Обработка осуществляется непрерывно перемещающимся электродом-проволокой (из латуни, меди, молибдена, вольфрама) в среде керосина или воды с антикоррозионными присадками.

В зависимости от типа управления станки с ЧПУ оснащаются различными системами ЧПУ: позиционными, контурными или комбинированными (позиционно-контурными).

По способу смены инструмента станки с ЧПУ подразделяются на следующие типы: с ручной сменой инструмента и его ручным закреплением; с ручной сменой инструмента и его механизированным закреплением; с автоматической сменой инструмента в revolverной головке; с автоматической сменой (манипулятором) инструмента, хранящегося в инструментальном магазине.

Показатели, характеризующие станки с ЧПУ, следующие: класс точности (Н, П, В, А, С); вид системы ЧПУ (Ф1, Ф2, Ф3, Ф4); выполняемые технологические операции. Основные технологические параметры перечислены ниже:

наибольший диаметр изделия, устанавливаемого над станиной;

наибольший диаметр обработки при установке изделия над суппортом;

наибольший диаметр обрабатываемого прутка;

ширина рабочей поверхности стола или его диаметр;

наибольший условный диаметр сверления;

диаметр шпинделя;

величина перемещений ИО станка: суппорта по двум коорди-

натам, выдвижение шпинделя, перемещение стола по двум координатам и т. д.

дискретность системы ЧПУ, точность и повторяемость позиционирования по управляемым координатам;

главный привод: мощность, частота вращения и ее регулирование (ступенчатое или бесступенчатое), число рабочих скоростей и автоматически переключаемых скоростей и т. д.;

привод подачи: вид и модель, мощность, пределы и число рабочих подач, скорость быстрого перемещения и т. д.;

число инструментов в резцедержателе, revolverной головке или в инструментальном магазине; способ смены;

число управляемых координат и число одновременно управляемых координат, обозначение координатных осей и направлений движения исполнительных органов;

тип и модель УЧПУ;

вид интерполяции: линейная, линейно-круговая и т. д.;

вид программносителя и код программирования;

габарит и масса станка.

17.6. СИСТЕМА КООРДИНАТ И НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ СТАНКОВ С ЧПУ

Работа станка с ЧПУ и программирование процесса обработки связаны с системами координат. Для станков с ЧПУ направления перемещений и их символика стандартизованы. Координатные оси расположены параллельно направляющим станка. Единой системой координат для всех станков с ЧПУ является правая система (рис. 17.12), в которой координатные оси X , Y и Z (сплошные линии) указывают положительные направления перемещений инструмента относительно неподвижных частей станка. Координатные оси X' , Y' и Z' (пунктирные линии), направленные противоположно осям X , Y и Z , указывают положительные направления перемещений заготовки относительно неподвижных частей станка.

Ось X всегда расположена горизонтально, ось Z совмещается с осью вращения инструмента (на токарных станках — с осью вращения шпинделя). Положительными всегда являются такие движения, при которых инструмент и заготовка взаимно удаляются. Круговые перемещения инструмента (например, поворот оси шпинделя фрезерного станка) обозначают буквами A (вокруг оси X), B (вокруг оси Y) и C (вокруг оси Z). Круговые перемещения заготовки (например, управляемый по программе поворот стола на

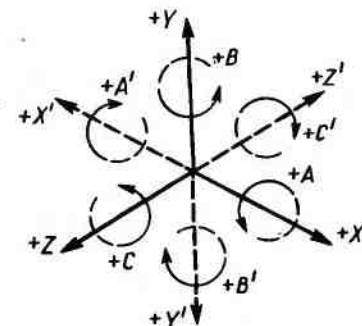


Рис. 17.12. Стандартная система координат в станках с ЧПУ

расточном станке) обозначаются соответственно буквами A' , B' , C' .

Для программирования обработки необходимо, чтобы направление перемещения каждого ИО станка обозначалось определенной буквой, указывающей в УП исполнительный орган, который необходимо включить. Клавиатура перфоратора не имеет букв со штрихами; поэтому для записи информации на перфоленту при обозначении направления перемещения двух ИО вдоль одной прямой используют так называемые вторичные оси: U (вместо X), V (вместо Y), W (вместо Z). При перемещении трех исполнительных органов одного направления используются третичные оси: P , Q и R . Примеры расположения и буквенных обозначений координатных осей на различных станках с ЧПУ представлены на рис. 17.11.

17.7. СПОСОБЫ И НАЧАЛО ОТСЧЕТА КООРДИНАТ

При настройке станка с ЧПУ каждый ИО устанавливается в некоторое исходное положение, из которого он перемещается при обработке заготовки на строго определенное расстояние. Благодаря этому инструмент проходит через заданные опорные точки траектории. Величины и направления перемещений ИО из одного положения в другое задаются в УП и могут выполняться на станке по-разному в зависимости от конструкции станка и системы ЧПУ. В современных станках с ЧПУ применяют два способа отсчета перемещений: абсолютный и относительный (в приращениях).

В первом случае положение начала координат является фиксированным для всей программы обработки заготовки. При составлении программы записывают абсолютные значения координат последовательно расположенных точек, заданных от начала координат, что исключает накапливание погрешности перемещений в процессе отработки программы. Для удобства программирования и настройки станков с ЧПУ начало координат в ряде случаев может быть выбрано в любом месте в пределах ходов ИО. Такое начало координат называют «плавающим нулем» и используют в основном на сверлильных и расточных станках, оснащенных позиционными системами ЧПУ.

При относительном способе отсчета координат за нулевое положение каждый раз принимается положение ИО, которое он занимает перед началом перемещения инструмента от точки к точке. Этот способ отсчета применяется в контурных системах ЧПУ. Точность позиционирования исполнительного органа в данной опорной точке определяется точностью отработки координат всех предыдущих опорных точек, начиная от исходной, что приводит к накапливанию погрешностей перемещения при отработке программы.

По числу программируемых координат (движений) станки с ЧПУ могут быть двухкоординатными (сверлильные, токарные);

трехкоординатными (сверлильные, фрезерные, расточные); четырехкоординатными (двухсуппортные токарные, фрезерные с дополнительным движением инструмента или заготовки); пятикоординатными (в основном фрезерные) и многокоординатными (специализированные станки). Для позиционных систем ЧПУ число управляемых координат является полной характеристикой. Контурные системы ЧПУ характеризуются не только общим числом управляемых координат, но и числом одновременно управляемых координат при линейной и круговой интерполяции. Например, пятикоординатная система ЧПУ мод. Н55-1 при линейной интерполяции одновременно управляет пятью координатами, а при круговой — только тремя координатами.

17.8. ПОДГОТОВКА ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ

Одним из важных технологических мероприятий, определяющих эффективность эксплуатации станков с ЧПУ, является подготовка УП для обработки деталей на станке, включающая в себя два этапа. На первом этапе производится сбор геометрической и технологической информации.

К геометрической информации, определяемой из чертежа детали, относятся: координаты центров отверстий; радиусы дуг окружностей контура; координаты центров этих окружностей; координаты опорных точек; элементы траектории и др.

К технологической информации, определяемой служебным назначением детали и технологическими условиями на ее изготовление, а также из справочников и каталогов, относятся: операционная технологическая карта; данные о режущем и вспомогательном инструменте и оснастке; режим резания; задание технологических команд и др.

На втором этапе получения информация переводится на машинный язык, который воспринимается системой ЧПУ. Перед кодированием и записью УП на программноносителе информация должна быть четко откорректирована в целях изготовления детали требуемого качества за минимальное время. Для повышения эффективности работы станков с ЧПУ необходимо сокращать время подготовки УП и ее стоимость.

17.9. МЕТОДЫ ПОДГОТОВКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ

Управляющие программы (УП) могут быть подготовлены ручным или автоматизированным методами (рис. 17.13). При изготовлении простых по конфигурации деталей, когда трудоемкость подготовки УП вручную соизмерима с трудоемкостью подготовки исходных данных для расчетов на ЭВМ, используют ручной метод. Ручное программирование применяется и для систем ЧПУ класса ННС с набором программ непосредственно на пульте УЧПУ. Для выполнения ручного программирования необходимы: чертеж детали с техническими требованиями на ее

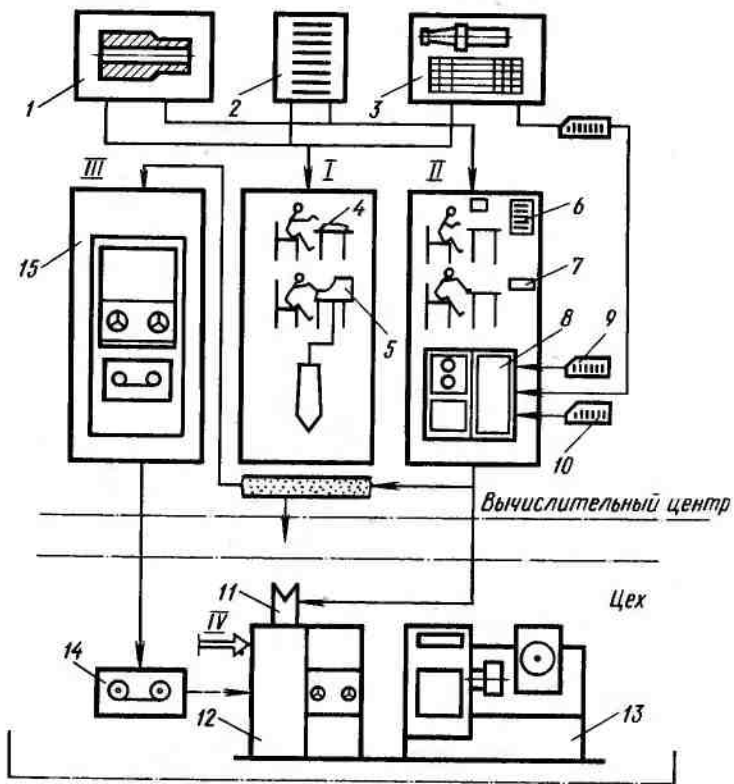


Рис. 17.13. Методы подготовки управляющих программ:

1 — ручное программирование, II — машинное программирование с помощью ЭВМ, III — запись УП на программноноситель в виде мини-кассеты или электронной памяти, IV — машинное программирование для микропроцессорного УЧПУ; 1 — исходные данные детали, 2 — технологический процесс обработки, 3 — инструмент и приспособления, 4 — расчет УП на клавишных аппаратах, 5 — перфорирование ленты с УП, 6 — запись программы расчета на ЭВМ, 7 — подготовка перфокарты (перфоленты) с УП, 8 — ЭВМ, 9 — программа процессора, 10 — программа постпроцессора для конкретного станка, 11 — УП, 12 — УЧПУ с заданием УП на перфоленте, 13 — станок с ЧПУ, 14 — магнитная мини-кассета (или блок электронной памяти с УП); 15 — устройство записи УП на мини-кассету (или блок электронной памяти)

изготовление; руководство по эксплуатации станка с ЧПУ; инструкция по программированию для УЧПУ данного станка; каталог режущего инструмента с настроечными размерами; нормативы режимов резания.

Результатом ручного программирования является текстовая или табличная запись кадров УП, которые затем наносятся перфоратором на перфоленту в виде соответствующих комбинаций отверстий или набираются на пульте УЧПУ.

Ручная подготовка УП (рис. 17.14) включает в себя следующие этапы: I) изучение технологом чертежа детали в целях получения геометрической информации и разработки технических условий на исходную заготовку с учетом минимального съема стружки при обработке; 2) разработка маршрутной технологии

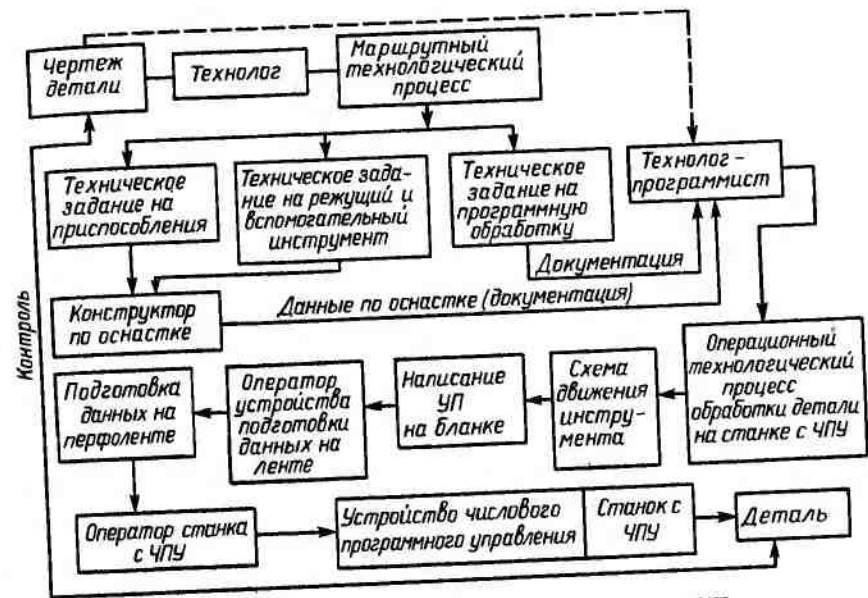


Рис. 17.14. Структурная схема ручной подготовки УП

обработки, представляемой в виде последовательности операций с выбором режущих и вспомогательных инструментов, станочных приспособлений; 3) разработка технологом-программистом операционного технологического процесса с определением схемы закрепления заготовки, с расчетом (или выбором) режимов резания, с построением траекторий движения режущих инструментов, с указанием мест входа и выхода инструмента и позиции исполнительного органа станка для смены инструмента; расчет координат опорных точек траекторий движения режущих инструментов; 5) составление расчетно-технологической карты; 6) наладка станка; 7) кодирование информации (формирование кадров УП с их записью в виде текста или таблицы); 8) нанесение информации на программноноситель; 9) контроль УП и ее коррекция.

Нанесение информации на программноноситель осуществляет оператор, обслуживающий устройства записи УП, например, на перфоленту. Перфолента передается оператору станка с ЧПУ. На станке, оснащенном соответствующими приспособлениями, режущим, вспомогательным и измерительным инструментами, производится обработка заготовки. После обработки осуществляют контроль фактических размеров детали. При выходе их за предельно допустимые производят необходимую корректировку УП и перфоленты.

Автоматизированный метод подготовки УП с использованием ЭВМ снижает стоимость УП и ускоряет их подготовку.

17.10. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИОННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Оно включает в себя: выбор заготовки, станочных приспособлений, режущих и вспомогательных инструментов; определение числа установок, числа и последовательного выполнения переходов и рабочих ходов; расчет (или выбор по таблицам) режима резания.

Проектирование должно осуществляться с учетом обеспечения требуемого качества обработки и максимальной производительности. Построение операций механической обработки на станках с ЧПУ в принципе не отличается от построения аналогичных операций для обработки на станках с ручным управлением. При проектировании операций обработки важным является правильный выбор заготовок. Так, для токарных станков с ЧПУ использование заготовок из проката для изготовления ступенчатых деталей типа тел вращения во многих случаях нерационально из-за большой трудоемкости обработки и значительных отходов металла в стружку.

В многономенклатурном производстве рационально использовать комплексные штампованные заготовки (рис. 17.15), приближенные по форме и размерам к готовой детали, но с таким расчетом, чтобы из одной и той же заготовки можно было изготовить несколько деталей разных типоразмеров. Для снижения трудоемкости обработки и отходов материала в ряде случаев предпочитают обработку заготовок производить на обычно оборудовании, а окончательную — на станках с ЧПУ.

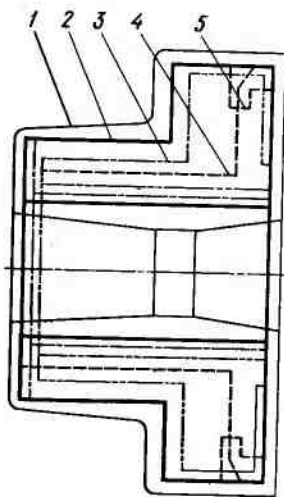


Рис. 17.15. Комплексная заготовка:

1 — контур заготовки, 2 — контур комплексной детали, 3, 4, 5 — контуры деталей, входящих в группу

17.11. ВЫБОР РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ

Применение технологически обоснованного режима резания обеспечивает надежную и высокопроизводительную работу станков, уменьшает расход режущего инструмента и предотвращает его поломку. Параметрами режима резания являются глубина t резания, подачи S и скорость v резания. Указанные параметры определяют: объем металла ($\text{мм}^3/\text{мин}$), снимаемого в единицу времени с поверхности заготовки, $Q = tSv$; в силу P резания, зависящую от площади сечения снимаемой стружки $b = tS$; мощность резания (в кВт) $N_p = Pzv/60 \cdot 75 \cdot 1,36$.

По мощности резания рассчитывают мощность главного привода станка и прочность динамической системы станка.

Режим резания определяет также интенсивность износа режущего инструмента, т. е. стойкость (период работы между переточками).

Существуют следующие способы выбора режима резания для станка с ЧПУ: табличный (с использованием нормативов); графический (с помощью номограмм); расчетный (с помощью ЭВМ).

17.12. РАЗРАБОТКА ТРАЕКТОРИЙ ДВИЖЕНИЯ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Для программирования обработки нужно определить последовательность, направления и характер всех движений ИО станка, для чего составляют схему движения характеристических точек режущих инструментов относительно заготовки, в которой дают траектории движения всех участвующих в обработке инструментов.

Эта схема необходима для последующего расчета координат опорных точек траекторий и содержит данные, используемые для разработки карты наладки станка.

На схеме движения характеристических точек сплошными линиями, указывают траектории рабочих перемещений инструментов, а пунктирными — траектории вспомогательных перемещений инструмента. Условно считают, что перемещается только инструмент, а заготовка остается неподвижной. В зависимости от сложности схему изображают в карте эскизов (которая прилагается к расчетно-технологической карте) или вычерчивают отдельно в большом масштабе (как правило, для токарных станков с ЧПУ).

Разработку траектории движения резцов при токарной обработке начинают с вычерчивания контура заготовки и выбора исходной точки движения вершины резца или крайней точкой его режущей кромки. Положение исходной точки выбирают так, чтобы обеспечить безопасное снятие готовой детали, безопасную установку новой заготовки, беспрепятственный поворот резцедержателя с инструментами и т. д. При настройке станка резец первоначально устанавливают в исходную точку, которую задают координатами x_0 (расстояние от оси вращения шпинделя) и z_0 (расстояние от торца патрона). Затем систему ЧПУ настраивают так, что при поступлении от УП соответствующих команд резец автоматически возвращается в исходную точку вначале по одной, а затем по второй координате. Выход резца в исходную точку предусматривают в абсолютной системе координат, чтобы исключить погрешности, накопленные по обработке предыдущей заготовки и связанные с отработкой перемещения исполнительных органов станка в приращениях.

При фрезеровании на схеме движения инструментов изобра-

жают траекторию центра торца фрезы: исходную точку фрезы чаще всего выверяют с помощью установочного приспособления. При сверлении и рассверливании исходной точкой является вершина сверла.

По схеме движения характеристических точек движения инструментов определяют опорные точки и рассчитывают их координаты. Рассчитанные координаты опорных точек траектории движения инструментов сводят в таблицу.

17.13. СОСТАВЛЕНИЕ РАСЧЕТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ И КАРТЫ НАЛАДКИ СТАНКА С ЧПУ

На основе данных, полученных из операционного технологического процесса, схем движения характеристических точек режущих инструментов и таблицы координат опорных точек, составляют расчетно-технологическую карту (РТК), необходимую для кодирования информации, и карту наладки станка для обработки данной заготовки.

Имеется две формы РТК: 1) для станков с максимальным числом управляемых координат 6 (для всех станков, кроме токарных); 2) для станков с максимальным числом управляемых координат 4 (в основном для токарных станков). В РТК предусмотрены графы для записи следующих данных: порядковый номер и координаты опорных точек (или приращения координат); подача; частота вращения шпинделя; номер корректора на пульте УЧПУ; технологические команды. Информацию РТК кодируют и наносят на программноноситель.

Наладку станка для обработки заготовки осуществляют в соответствии с картой наладки, которую разрабатывают совместно с УП. Эта карта, предназначенная для оператора или наладчика станка с ЧПУ, содержит следующие данные: модель системы ЧПУ; номер УП; шифр и основные характеристики станочного приспособления; шифр и основные характеристики инструментов (с указанием номеров блоков или позиций револьверной головки и данных для настройки инструмента вне станка); координаты исходных точек инструментов или координаты исходных положений исполнительных органов станка; последовательность работы инструментов при отработке циклов обработки.

Может быть разработана типовая карта наладки на обработку группы сходных по конфигурации и близких по размерам деталей; при этом для каждой конкретной детали в карту заносят свои числовые значения данных.

В ряде случаев при обработке деталей на фрезерных и расточных станках с использованием ограниченного набора инструментов карту наладки не составляют, а необходимые данные приводят на распечатке текста УП, которую выдают оператору станка с ЧПУ.

17.14. КОДИРОВАНИЕ И НАНЕСЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ НА ПРОГРАММОНОСИТЕЛЬ

Информацию на перфоленте записывают отдельными кадрами, содержащими числа, буквы и другие символы. Запись в определенной последовательности кадров УП в буквенно-цифровой форме осуществляется путем кодирования. Кодирование — это запись текста программы в той форме, в которой ее затем переносят на перфоленту пробивкой соответствующих отверстий.

Кадр программы (фраза) — последовательность слов, расположенных в определенном порядке и несущих информацию об одной технологической рабочей операции (рис. 17.16). Слово программы — последовательность символов, находящихся в определенной связи как единое целое. Глава программы — определенное число заданных в необходимой последовательности кадров, первый из которых является главным, т. е. характеризующим начальное состояние следующего за ним участка программы. В главном кадре программируют подготовительные функции, размерную информацию (по всем координатам), подачу, частоту вращения шпинделя, инструмент и вспомогательные функции.

Формат — условная запись структуры кадра УП с максимально возможным объемом информации. Формат определяет набор и последовательность расположения применяемых слов, объем информации каждого слова. Для составления УП, ее записи и чтения системой ЧПУ необходимо условиться, как обозначать цифры, числа, т. е. выработать код. Код должен быть записан коротко, легко читаться, иметь малую вероятность ошибки при автоматическом чтении. Существуют понятия «цифра» (% , 1, 2, 3, ..., 8, 9) и «число», являющиеся последовательностью цифр с учетом их разрядности. Совокупность приемов, наименования и обозначения (записи) чисел называется счислением. Для построения системы счисления в качестве основания можно использовать любое целое число: $B \geq 1$. Тогда любое число можно записать следующим образом: $A = A_n B^{n-1} + A_{n-1} B^{n-2} + \dots + A_1 B^0 + A_0 B^{-1}$, где A_n, A_{n-1}, \dots, A_0 — цифры; n — разряд числа. Десятичная система счисления (основание $B = 10$). Число 659,45 в этой

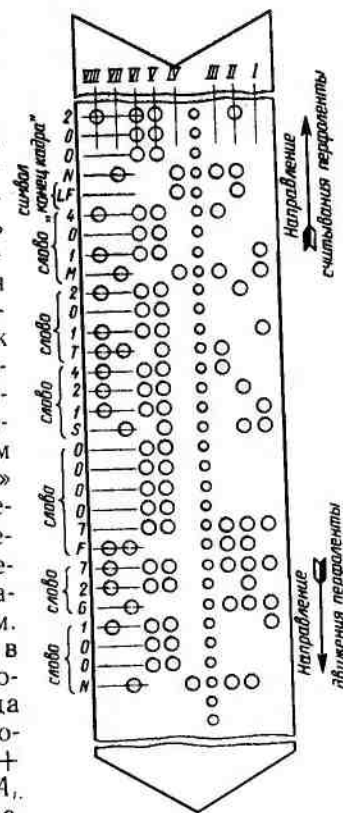


Рис. 17.16. Кадр управляющей программы

17.1. Двоичная система счисления

Десятичные цифры	B = 2				Как образуется число
	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰	
0	0	0	0	0	08 + 04 + 02 + 01 = 0
1	0	0	0	1	08 + 04 + 02 + 11 = 1
2	0	0	1	0	08 + 04 + 12 + 01 = 2
3	0	0	1	1	08 + 04 + 12 + 11 = 3
4	0	1	0	0	08 + 14 + 02 + 01 = 4
5	0	1	0	1	08 + 14 + 02 + 11 = 5
6	0	1	1	0	08 + 14 + 12 + 01 = 6
7	0	1	1	1	08 + 14 + 12 + 11 = 7
8	1	0	0	0	18 + 04 + 02 + 01 = 8
9	1	0	0	1	18 + 04 + 02 + 11 = 9

системе можно записать в виде: $6 \cdot 10^2 + 5 \cdot 10^1 + 9 \cdot 10^0 + 4 \cdot 10^{-1} + 5 \cdot 10^{-2}$. В десятичной системе счисления, таким образом, число является суммой произведения цифр (0; 1; 2; ... 9) на 10 в степени, определяемой разрядностью этого числа. Такой вид записи имеет хорошую наглядность при записи чисел на бумаге. Однако при его реализации на вычислительной технике имеются большие трудности. Считывающее устройство не в состоянии в одной строке различать десять возможных цифр. Поэтому каждый разряд числа должен иметь десять строк с различием от 0 до 9.

Двоичная система счисления (основание B-2). В этой системе цифры от 0 до 9 записываются четырехразрядными двоичными числами (табл. 17.1) и для записи нужно четыре дорожки, а не десять, как при десятичной системе счисления. Однако запись и чтение чисел, имеющих несколько десятичных разрядов, весьма затруднительно, так как необходимо производить деление. Например, число 86346,0387 в двоичном коде будет иметь следующий вид:

$$86346,0387 = \underset{8}{1000} \dots \underset{6}{0110} \dots \underset{3}{0011} \dots \underset{4}{0100} \dots \underset{6}{0110} \dots \underset{0}{0000} \dots \underset{3}{0011} \dots \underset{8}{1000} \dots \underset{7}{0111}$$

Эта система была использована в вычислительной технике, поскольку в ней для изображения любых чисел используются всего две цифры: 0 и 1. Таким образом, при построении блоков вычислительной техники можно использовать элементы, имеющие два устойчивых состояния (наличие или отсутствие напряжения в цепи и т. д.). Это явилось причиной использования двоичной системы счисления в ЭВМ.

Двоично-десятичная система. Нашедшая широкое применение в технике, эта система, основание которой B-2, дает возможность представить десятичные числа двоичным числом, т. е. числом из двух цифр (1 и 0). Например, цифра 7 может быть представлена в виде: $0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$. Если в этом выражении оставить одни цифры, то получим 0111. На перфоленте

17.2. Запись цифр в двоичной системе и на перфоленте

Цифра	Двоичный эквивалент	Номера дорожек перфоленты			
		IV	III	II	I
		2 ³ = 8	2 ² = 4	2 ¹ = 2	2 ⁰ = 1
0	0000				
1	0001				0
2	0010			0	
3	0011			0	0
4	0100		0		
5	0101		0		0
6	0110		0	0	
7	0111		0	0	0
8	1000	0			
9	1001	0			0
10	1010	0		0	
11	1011	0		0	0
12	1100	0	0		
13	1101	0	0		0
14	1110	0	0	0	
15	1111	0	0	0	0
9	1001	0			0
5	0101		0		0
7	0111		0	0	0

единица изображается пробивкой отверстия. Если же на пересечении данной дорожки перфоленты (см. рис. 17.16) и поперечной строки отверстие не пробито, то это воспринимается системой ЧПУ как 0. В табл. 17.2 представлены запись цифр десятичной системы счисления в двоичном коде и их изображение на перфоленте. Для записи любого десятичного числа от 0 до 9 и чисел от 10 до 15 достаточно первых четырех (I—IV) дорожек перфоленты. Такую запись называют двоично-десятичным взвешенным кодом 8421. Каждая цифра числа определяет значение (или вес) разряда и соответственно одного отверстия в каждой из четырех дорожек перфоленты. Если, например, пробиты три отверстия в дорожках I, II, III, значит, в строке записана цифра 7 ($4 + 2 + 1 = 7$). В этом коде цифры от 0 до 9 используют для записи числовых значений команд. Числа от 10 до 15, каждое из которых может быть записано в одной поперечной строке, используют для записи нечисловой информации (букв и различных символов).

Для записи десятичного числа, состоящего из двух цифр и более, каждому разряду этого числа отводится строчка. Например, одна строчка соответствует разряду 10^2 , строчка ниже — разряду 10^1 , еще ниже — разряду 10^0 . Обозначив цифры данного

десятичного числа в двоичном коде, получают запись числа. Например, число 957 будет записано на трех строчках перфоленты в виде: 1001 — разряд 10^2 ; 0101 — разряд 10^1 , 0111 — разряд 10^0 . Существует значительное число кодов с другими наборами весовых коэффициентов (2421, 5421, 6221, 4421 и др.).

Общая система представления цифр, букв и других символов для станков с ЧПУ является кодом программирования. Код устанавливается соответствием между цифрами и другими символами и их записью в виде комбинаций отверстий на перфоленте. Для программирования обработки на станках с ЧПУ были разработаны различные коды. В настоящее время наиболее распространенным кодом является код ИСО — 7 бит, отвечающий требованиям международного стандарта. В табл. 17.3 дана карта кода с символами, их назначениями и соответствующими кодовыми комбинациями пробивки отверстий на перфоленте.

Информация в коде ИСО — 7 бит записывается поперечными строчками на первых семи дорожках перфоленты (см. рис. 17.16), поэтому этот код называют семизначным. Восьмая дорожка является контрольной; отверстие в ней дополняет число отверстий в строчке до четного. Значимыми дорожками (соответственно 8421) являются дорожки I—IV. Между дорожками III и IV находится транспортная дорожка T. Дорожки V, VI, VII служат для обозначения признака символа, в основе которого лежит цифра (или число от 10 до 15), записанная на первых четырех дорожках данной поперечной строки. Десятичные числа от 0 до 9, обозначаемые на дорожках I—IV в двоичной системе счисления, имеют признак (пробитые отверстия) на дорожках V и IV. Признаком букв латинского алфавита от A до O является отверстие на дорожке VII, букв от P до Z — отверстия на дорожках V и VII. Служебные символы кода имеют соответствующие признаки. Например, кодовое значение 1001 на дорожках IV—I (отверстия на дорожках IV и I) соответствуют десятичному числу 9, если имеются отверстия на дорожках V и VI; букве I, если имеются отверстия на дорожке VII; букве Y, если имеются отверстия на дорожках VII и V; символу «)», если имеются отверстия на дорожках VI, и т. д.

Нецифровые символы кода делятся на две группы 1) символы для УП; 2) символы для управления печатающими и перфорирующими устройствами. Символы второй группы в описании их назначения обозначены буквами ПС в скобках (см. табл. 17.3). Нецифровыми символами являются в основном буквы. Они используются при программировании для обозначения адреса осей координат исполнительных органов, адреса технологических команд (шпиндель, подача), для обозначения параметров круговой интерполяции в контурных системах ЧПУ (буквы I, J, K), а также функций G и V. Используются также знаки плюс, минус; %; LF (конец кадра); GR (возврат каретки) и др.

В системах программного управления функцию G называют подготовительной; она адресует информацию, содержащую данные об изменении условий работы самой системы ЧПУ (линейная интерполяция, круговая интерполяция, включение блока резьбонарезания и т. д.). Код имеет 99 различных подготовительных команд, которые кодируются числом, следующим за символом G (G00; G01; G02; ... G99) (табл. 17.4 и 17.5). Функцию M называют вспомогательной; она адресует информацию об условиях работы механизмов станка (конец программы, поворот револьверной головки и т. д.). Код имеет по адресу M различные по содержанию команды, различающиеся числом, следующим после буквы M (M00; M01; M02; M03; ..., табл. 17.6).

17.4. Перечень и рекомендуемое кодирование подготовительных функций

Код функции, G	Признак	Значение
G00	I	Позиционирование. Перемещение на быстром ходу в заданную точку. Ранее заданная рабочая подача не изменяется. Перемещения по осям могут быть некоординированы
G01	I	Линейная интерполяция. Перемещение с запрограммированной подачей по прямой к точке
G02; G03	I	Круговая интерполяция. Движение по дуге соответственно в отрицательном и положительном направлении с запрограммированной подачей
G04	—	Пауза. Выдержка в отработке на определенное время, установленное на пульте или заданное в кадре
G06	I	Параболическая интерполяция. Движение по параболе с запрограммированной подачей
G08	—	Разгон. Плавное увеличение скорости подачи до запрограммированного ее значения в начале движения
G09	—	Торможение в конце кадра. Плавное уменьшение скорости подачи до фиксированного значения при приближении к заданной точке
G17, G18	II	Плоскость обработки. Задание соответственно плоскостей XY, ZX и YZ для таких функций, как круговая интерполяция. Коррекция режущего инструмента и др.
G33, G34, G35	I	Резьба. Нарезание соответственно с постоянными, увеличивающимися и уменьшающимися шагами
G40	III	Отмена коррекции инструмента, заданной одной из функций G41—52
G41, G42	III	Коррекция диаметра или радиуса инструмента при контурном управлении. Режущий инструмент расположен соответственно слева или справа от обрабатываемой поверхности, если смотреть в направлении движения инструмента
G43, G44	III	Коррекция диаметра или радиуса инструмента соответственно положительная или отрицательная. Указание соответственно о сложении (или вычитании) значения смещения инструмента, установленного на пульте, координатами, заданными в кадрах
G45—52	III	Коррекция диаметра или радиуса инструмента при призматическом формообразовании
G53	IV	Отмена смещения, заданного одной из функций G54—59

Код функции, G	Признак	Значение
G54—59	IV	Смещение нулевой точки детали относительно нуля станка по X, Y, Z, XY, ZX, YZ Коррекция длины или положения инструмента на величину, установленную на пульте
G60, G61	V	Точное позиционирование. Позиционирование в пределах одной или двух зон допуска, а также выбор стороны подхода при позиционировании
G62	V	Быстрое позиционирование. Позиционирование в пределах одной или двух зон допуска, а также выбор стороны подхода при позиционировании
G62	V	Быстрое позиционирование. Позиционирование с большой зоной допуска для экономии времени
G63	—	Нарезание резьбы метчиком. Позиционирование с остановкой шпинделя по достижении заданного положения
G80	VI	Отмена постоянного цикла, заданного одной из функций G81—89
G81—89	VI	Постоянные циклы. Последовательность команд, часто применяемых при обработке отверстий. Постоянные циклы приведены в табл. 17.5
G90	VII	Абсолютный размер. Отсчет перемещений в абсолютной системе координат с началом в нулевой точке системы ЧПУ
G91	VII	Размер в приращениях. Отсчет перемещений относительно предыдущей запрограммированной точки
G92	—	Установка абсолютных накопителей положения
G94	VIII	Единица частоты вращения шпинделя (соответственно мм/мин и мм/об)
G96	IX	Единица скорости резания (м/мин). Запрограммированное значение скорости резания поддерживается автоматически регулированием частоты вращения шпинделя
G97	IX	Единица измерения главного движения (об/мин)

Код для устранения ошибки, обнаруженной на перфоленте во время перфорации, имеет символ *DEL* (отверстия на всех восьми дорожках). При дублировании на перфораторе программ и при обработке их на станке с ЧПУ строчки с этим символом автоматически пропускаются. Для лучшего разделения кадров между собой применяются символ *NUL*, или пропуск строки. При задании данного символа в конце кадра (после LF) пропускаются еще две-три пустые строки.

Для отдельных моделей станков значения некоторых символов могут отличаться от значений, рекомендуемых кодом ИСО—7бит.

В настоящее время при программировании чаще используют адресный способ записи информации на перфоленту. Информация каждого кадра делится на два вида: 1) буква (адрес), обозначающая исполнительный орган системы ЧПУ (или станка), которому подается команда; 2) число, следующее за адре-

Код функции, G	Движение в процессе обработки	Действие в конце обработки		Движение в исходное положение после обработки	Типовое использование
		пауза	шпиндель		
G81	Рабочая подача	—	—	Быстрый отвод	Сверление центров
G82	То же	Да	—	То же	Сверление, зенкование
G83	Подача с периодическим выводом инструмента	—	—	» »	Глубокое сверление
G84	Вращение шпинделя в заданном направлении, рабочая подача шпинделя	—	Реверс	Отвод на рабочей подаче	Нарезание резьбы метчиком
G85	Рабочая подача	—	—	То же	Растачивание, развертывание
G86	Включение шпинделя, рабочая подача	—	Остановка	Быстрый отвод	Растачивание
G87	То же	—	»	Отвод вручную	То же
G88	» »	Да	»	То же	» »
G89	Рабочая подача	»	—	Отвод на рабочей подаче	Растачивание, развертывание

сом и обозначающее величину перемещения исполнительного органа станка (со знаком «+» или «—») или кодовую запись (например, величины подачи и т. д.).

Буква и следующее за ней число являются словом. Кадр программы состоит из одного, двух или нескольких слов (см. рис. 17.16).

В руководстве к каждой системе ЧПУ обычно рекомендуется определенный порядок следования адресов в кадре, т. е. порядок расположения слов. Кроме того, для каждой модели ЧПУ устанавливается максимально возможное число слов в кадре, а также число поперечных строк перфоленты, отводимое для каждого слова (число символов в слове), т. е. устанавливается формат кадра.

Правила кодирования для станка с конкретным УЧПУ регламентируются следующими документами: 1) используемым кодом; 2) руководством по программированию к системе ЧПУ (правила построения кадров УП); 3) руководством к станку, содержащим правила записи отдельных команд.

17.6. Код вспомогательной функции M

Код функции, M	Функция начинает действовать		Функция действует		Наименование
	до начала перемещения в кадре УП	после выполнения перемещения в кадре УП	до отмены (или замены) соответствующей вспомогательной функции	только в том кадре УП, в котором она записана	
M00		x		x	Программируемая остановка
M01		x		x	Остановка с подтверждением
M02		x		x	Конец программы
M03	x		x		Вращение шпинделя по часовой стрелке
M04	x		x		Вращение шпинделя против часовой стрелки
M05		x	x		Остановка шпинделя
M06				x	Смена инструмента
M07	x		x		Включение охлаждения № 2
M08	x		x		Включение охлаждения № 1
M09		x	x		Отключение охлаждения
M10	x		x		Зажим
M11	x		x		Освобождение
От M12 до M18					Не определены
M19		x	x		Остановка шпинделя в заданной позиции
От M20 до M29					Постоянно не определены
M30					Конец информации
От M31 до M47		x		x	Не определены
M48		x	x		Отмена M49
M49	x				Отмена ручной коррекции
От M50 до M57					Не определены
От M90 до M99					Постоянно не определены

Кодированная запись ряда кадров УП для обработки заготовки на токарном станке может, например, иметь следующий вид:

%
 N001G27F70000S 124T 103M104 LF
 N002G58 LF
 N003X + 000000 LF
 N004Z + 000000 LF
 N005G26 LF
 N006G10X - 006000 LF
 N007X - 014000F10080 LF
 N008Z + 000500F10600 LF

N009X + 009500F70000 LF
 N010X + 002000Z - 001000F10100 LF

N.....M102 LF

Кадры УП записываются в соответствии с форматом, установленным для данного УЧПУ. Этот формат условно записывается так: N3; G2; X±6 (5,4); Z±6 (5,4); I+6 (5,4) K+6 (5,4); F 5; S 3; T 3; M 3; L 2; D + 6 (5,4); LF.

Цифры после букв определяют число разрядов числовой части данного слова. В скобках адресов X, Z, I, K указаны возможные разряды чисел, выражающих геометрическую информацию при различных режимах работы УЧПУ. Эта информация записывается в виде числа импульсов (число миллиметров перемещения исполнительного органа), деленное на величину дискретности их обработки).

Первым в УП записан знак %, обозначающий начало программы (см. табл. 17.3). В первом кадре (11001) содержится следующая информация: G 27 — команда на отработку координат в абсолютной системе координат для выхода резца в исходную точку — «ноль»; F 70000 — ускоренное перемещение по координатам; S 124 — кодовое обозначение частоты вращения шпинделя — 280 об/мин; T 103 — команда на остановку в рабочее положение резца с условным обозначением 3; M 104 — команда на вращение шпинделя против часовой стрелки. Кадр N 002 содержит одно слово (G 58), означающее команду на смещение нуля. Перемещение резца в нулевую точку происходит после считывания системой ЧПУ кадров N 003 (по оси X) и N 004 (по оси Z). Кадр N 005 содержит одно слово (G 26), означающее команду на работу в приращениях. Кадр N 006 несет следующую информацию: G 10 — линейная интерполяция (прямолинейная траектория перемещения); X — 006000 — перемещение по координате X в «минус», т. е. в направлении к оси вра-

17.7. Карта программирования

N	G	X	Z	J	K	F	S	T	M	L
%										
001	27					70000	124	103	104	
002	58									
003		+ 000000								
004			+ 000000							
005	26									
006	10	- 006000				10060				
007		- 014000				10600				
008			+ 000500			70000				
009		+ 009500				10100				
010		+ 002000	- 001000							102
...										

щения шпинделя на 6000 импульсов (30 мм). В кадре N 007 задана команда перемещения резца в том же направлении по X на 14000 импульсов (70 мм) на рабочей подаче 80 мм/мин (F 10080) и т. д. В каждом кадре (LF) означает его конец. Последний кадр содержит команду M 102 — конец программы. Рассмотренная часть УП может быть представлена в табличном виде (табл. 17.7).

В настоящее время широко используют типовые и групповые методы ручного программирования, упрощающие программирование и повышающие его производительность.

При адресном способе кодирования и записи на перфоленту кадры имеют переменную длину. В каждом кадре УП записывается лишь новая информация о работе станка. Неизменная информация (например, подача) в кадре не фиксируется и сохраняется такой же, какой она была задана в одном из предыдущих кадров. Поэтому при данном способе кодирования длина всех кадров (число слов в кадрах) различная.

Кроме адресного существует табуляционный способ записи информации на перфоленте кадрами переменной длины. При адресном способе нет четких требований к последовательности расположения слов в пределах кадра.

Для ручной подготовки УП с перфорацией кодовых комбинаций на перфоленте используется различная аппаратура. Наиболее распространенным является устройство мод. «Брест-1Т». Комплекс мод. АПСР 1200, предназначенный для подготовки и контроля программ, содержит дисплей, на котором выводится буквенно-цифровая информация в целях ее корректировки.

17.15. КОНТРОЛЬ И ИСПРАВЛЕНИЕ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ

Все ошибки на перфоленте по источнику их возникновения подразделяются на три группы: 1) ошибки программиста; 2) ошибки оператора, работающего на перфораторе; 3) сбой перфоратора. Сбой перфоратора обнаруживаются автоматически. Ошибка, замеченная оператором при перфорации, исправляется сразу путем возврата перфоленты на шаг в обратном направлении, пробивкой в ошибочной строке символа DEL (забой) и нанесения правильной информации в следующей строке.

Если ошибка оператором не замечена, то она определяется путем сравнения распечатки кадров на бумаге с текстом УП, написанным программистом. Исправление перфоленты осуществляют заклеиванием отверстий в ошибочной строке и пробивкой нового символа ручными устройствами различных конструкций. Последние позволяют набрать в строке любую комбинацию отверстий. Ошибка может быть также устранена реперфорацией исправленной ленты при использовании комплекса подготовки и контроля УП. Для выявления ошибок программиста и других скрытых ошибок перфоленту с УП перед обработкой партии заготовок контролируют дополнительно.

После определения и корректировки всех ошибок окончательно отлаживают УП по результатам обработки пробной детали. Введение коррекции с пульта УЧПУ в перемещения исполнительных органов обеспечивается записью в кадрах УП числовой информации по адресу L, задающей вид коррекции и номер корректора на пульте. При отсутствии в кадре информации по адресу введение коррекции в кадре невозможно. При отладке УП вводят также коррекции на вылет инструмента. Они позволяют компенсировать ошибки, возникающие при настройке станка и обработке первой детали, обусловленные силовыми и тепловыми деформациями динамической системы станка.

На фрезерных станках с современными системами ЧПУ можно вводить с пульта УЧПУ коррекции на радиус фрезы.

17.16. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОДГОТОВКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ

При ручной подготовке УП для обработки сложных деталей на каждом из этапов выполняют расчеты опорных точек, режима резания и т. д. Эта работа является утомительной и приводит к появлению ошибок. Использование ЭВМ облегчает этот процесс, снижает время и затраты на подготовку УП для станков с ЧПУ. В последнее время для подготовки УП разработаны различные системы автоматизированного программирования (САП), представляющие собой комплекс вычислительных программ и технических средств, обеспечивающих при наличии исходных данных (получаемые с чертежа детали) выпуск УП с помощью ЭВМ.

На ЭВМ возлагаются не только геометрические расчеты, но и отдельные этапы технологического проектирования: построение оптимальных траекторий движения инструментов; определение последовательности операций; выбор инструментов и т. д. В результате САП становится системой автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП). Как правило, каждая из современных САП предназначена для станков определенной группы (токарных, фрезерных, расточных, сверлильных). САП подразделяются на следующие группы: 1) универсальные, позволяющие программировать обработку широкой номенклатуры деталей, контуры которых ограничены простыми, наиболее распространенными поверхностями (плоскость, цилиндр, конус, сфера и т. д.); 2) специальные — для программирования обработки сложных поверхностей определенного типа. В общем случае структура современной САП (рис. 17.17) и процесс переработки исходных данных в УП выглядят следующим образом. Подготовка исходных данных состоит в том, что технолог-программист с помощью специального технологического языка записывает основную информацию для программирования: геометрические характеристики деталей с чертежа; название станка, на котором будет обрабатываться заготовка; марку материала детали; общие технологические указания (например,

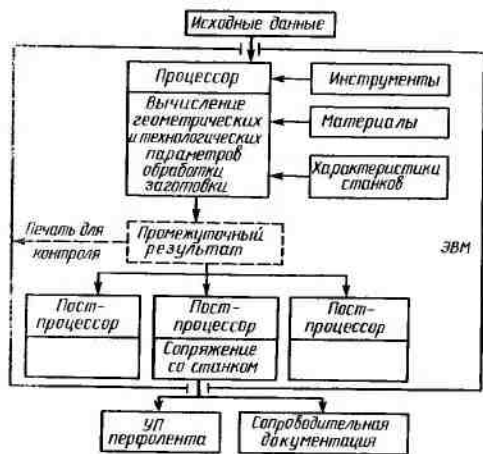


Рис. 17.17. Структурная схема системы автоматизированного программирования

печать. Переработку промежуточного результата в кадры УП осуществляют постпроцессоры, являющиеся специальными вычислительными программами. САП всегда содержит несколько постпроцессоров, так как каждый из них может формировать перфоленту для данного станка с ЧПУ. Кроме перфоленты постпроцессор готовит ее распечатку; карту настройки станка (с указанием применяемых инструментов и корректоров на пульте УЧПУ); характеристики, необходимые для оценки качества и эффективности технологического процесса.

17.17. УЗЛЫ, ПРИВОДЫ И ЭЛЕМЕНТЫ СТАНКОВ И УСТРОЙСТВ С ЧПУ

Узлы, входящие в состав станков с ЧПУ, подразделяются на следующие основные группы: 1) базовые (станины, стойки, колонны, поперечины), определяющие относительное расположение остальных узлов; 2) узлы, несущие заготовку и определяющие характер ее движения в процессе обработки (стол, передняя и задняя бабки, ползун); 3) узлы, несущие инструмент и определяющие его положение относительно заготовки (суппорт, револьверная головка, бабка инструментального шпинделя); 4) приводы в систему ЧПУ.

В конструкциях современных станков применяют следующие унифицированные узлы, использование которых снижает стоимость изготовления, эксплуатации и ремонта станков: автоматические коробки скоростей; комплектные электроприводы с асинхронными электродвигателями и электродвигателями постоянного тока; механические вариаторы; электромагнитные и тормозные муфты; беззазорные редукторы; передачи винт—гайка качения;

используемый инструмент). Все эти характеристики (станка, инструмента, материала) имеются в запоминающем устройстве ЭВМ и не требуют расшифровки для выполнения расчетов. Управление работой ЭВМ при подготовке информации для УП осуществляется специальной программой, называемой процессором. Результат расчетов, получаемый на выходе процессора, содержит в общем виде всю информацию о работе станка.

Этот результат для контроля выводится на печать.

гидростатические передачи; гидропанели; инструментальные головки и блоки; резцедержатели; револьверные головки; системы СОЖ; УЧПУ и др.

Органы управления станков с ЧПУ выполняют в виде электрических кнопок, переключателей, тумблеров. Обычно станок с ЧПУ оснащен двумя или тремя пультами управления: один размещен на УЧПУ; второй (оперативный) — вблизи исполнительных органов станка; третий, предназначенный для включения станка и его основной системы, может быть расположен вдали от станка. Приводы подач станков с ЧПУ содержат зубчатореечные, зубчато-червячные и шарико-винтовые передачи с автоматической выборкой зазоров.

Базовые детали и направляющие. Основное требование, предъявляемое к базовым деталям станков с ЧПУ, — обеспечить в течение длительного времени правильное взаимное расположение и перемещение исполнительных органов, смонтированных на них. Базовой частью станка является станина, на которую монтируют узлы, механизмы и детали. Станины бывают горизонтальные, вертикальные и наклонные. Для увеличения жесткости станин их выполняют коробчатой формы с ребрами жесткости. Станина должна обладать виброустойчивостью, обеспечивать удобный отвод стружки и СОЖ. Аналогичные требования по жесткости предъявляются к суппортам, столам, салазкам. Базовые детали изготавливают литыми (из серого чугуна) или сварными (из стали). Сварные конструкции легче литых, но уступают последним по жесткости и виброустойчивости.

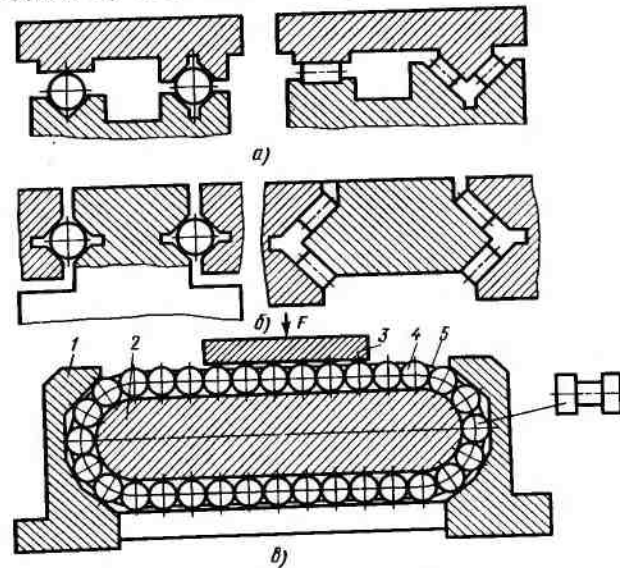


Рис. 17.18. Направляющие качения: а) — открытие, б) — закрытие, а — роликовые; 1 — опора, 2 — направляющая, 3 — исполнительный орган станка, 4 — ролики, 5 — сепаратор

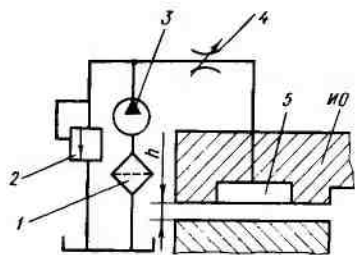


Рис. 17.19. Схема гидростатических незамкнутых направляющих

Направляющие базовых деталей станков с ЧПУ: обеспечивают заданное движение исполнительных органов станка; воспринимают силы резания; характеризуются высокой износостойкостью и малой силой трения. В большинстве станков с ЧПУ используют направляющие качения, комбинированные (качения — скольжения) и гидростатические (в тяжелых станках).

Направляющие качения (рис. 17.18) характеризуются высокой долговечностью и небольшим трением,

причем коэффициент трения практически не зависит от скорости перемещения исполнительного органа. В качестве тел качения используют шарики и ролики; предварительный натяг (с помощью регулирующих устройств) увеличивает жесткость направляющих в 2—3 раза. В направляющих прямолинейного движения со значительной длиной хода исполнительного органа при скорости движения до 10 м/мин применяют роликовые опоры качения.

Гидростатические направляющие, применяемые в основном в тяжелых станках, создают масляную подушку по всей площади контакта, в результате чего практически исключаются сопротивление движению, износ и скачкообразность движения. Их выполняют незамкнутыми и замкнутыми. Незамкнутые гидростатические направляющие (рис. 17.19) работают так: от насоса 3 через фильтр 1 масло подается (под постоянным давлением, которое поддерживается предохранительным клапаном 2) через дроссель 4 (с постоянным сопротивлением) в камеру-карман 5, выполненную на направляющей. Из камеры масло вытесняется через зазор h . Точность движения исполнительного органа (ИО) обеспечивается поддержанием относительного постоянства толщины масляного слоя при изменении нагрузки (например, путем установки дросселя перед каждой камерой и заполнения направляющих с высокой геометрической точностью). В расточных и многоцелевых станках с ЧПУ применяются круговые замкнутые гидростатические направляющие со сдвоенным многопоточным регулятором. Такие направляющие используют также в тяжелых поворотных столах и планшайбах.

Привод главного движения. Привод главного движения, состоящий из асинхронного электродвигателя, автоматической коробки скоростей (АКС) и шпиндельного узла (соединенных между собой клиноременными передачами), может иметь ступенчатое и бесступенчатое регулирование частоты вращения шпинделя. При ступенчатом регулировании применяют АКС в сочетании с одно- или многоскоростным нерегулируемым электродвигателем. В АКС (рис. 17.20) пуск, торможение, реверс, регулирование скорости производят автоматически с помощью

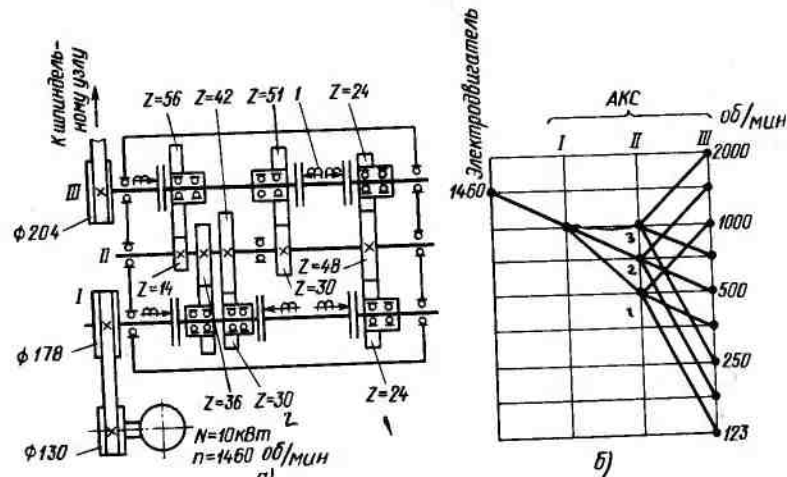


Рис. 17.20. Кинематическая схема автоматической коробки скоростей (а) и график частоты вращения шпинделя (б)

электромагнитных муфт (рис. 17.21). Электромагнитная муфта состоит из корпуса 1 с катушкой 2 и токопроводящим кольцом 3, фрикционного кольца 4, якоря 10 (с внешним 7 и внутренним 8 кольцами) и бронзовой втулки 9. Внутренние диски 5 скреплены с корпусом 1, а наружные, имеющие выступы, входят в пазы обоймы 6. При подаче напряжения на катушку 2 рабочий магнитный поток замыкается по корпусу и фрикционным дискам. Якорь и пакет дисков при этом притягиваются к корпусу 1 и между сжатыми дисками возникает фрикционное сцепление. Крутящий момент передается по цепи: корпус — внутренние диски — наружные диски — обойма. При снятии напряжения с катушки происходит расцепление фрикционного пакета дисков и крутящий момент не передается.

Бесступенчатое регулирование частоты вращения осуществляется электродвигателями постоянного тока с тиристорным управлением; частота вращения электродвигателя изменяется бесступенчато электронным блоком управления. Такие двигатели в сочетании с двух-, трехступенчатыми коробками скоростей наиболее распространены в станках с ЧПУ. Преимущества такого привода: простота конструкции и легкость управления.

Шпиндели станков с ЧПУ изготавливают точными, жесткими, с повышенной износостойкостью посадочных и базировочных поверхностей. Концы шпинделей стандартизованы. Шпиндели многоцелевых и фрезерных станков с ЧПУ имеют отверстие для установки инструмента с конусом 7/24, а шпиндели сверлильных станков — отверстия для установки инструмента с конусом Морзе. Наиболее часто в качестве опор шпинделей применяют подшипники качения. Для увеличения жесткости опор подшипники

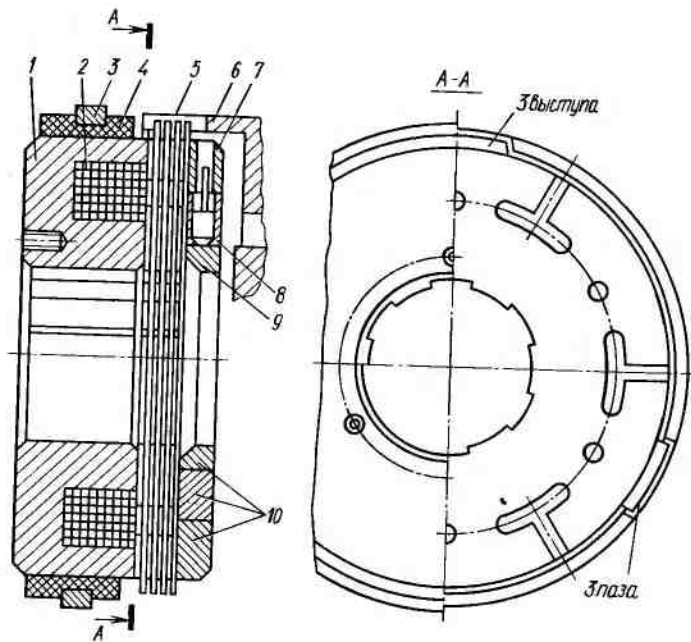


Рис. 17.21. Электромагнитная муфта серии ЭТМ

обычно устанавливают с предварительным натягом. Подшипники скольжения в опорах шпинделей применяют гораздо реже.

В опорах прецизионных станков применяют гидростатические подшипники, а также аэростатические подшипники, в которых между шпинделем и подшипником находится тонкий слой сжатого воздуха (благодаря этому снижается износ и нагрев подшипника, обеспечивается высокая точность вращения шпинделя).

Привод подач и позиционирования станков с ЧПУ. Привод подач и позиционирования обеспечивает перемещения исполнительных органов станка в требуемую позицию согласно УП. К приводу предъявляются высокие требования. Он должен иметь минимальные зазоры, высокую жесткость; обеспечивать плавность перемещения при малых скоростях и высокую скорость вспомогательных перемещений; обладать малым временем разгона и торможения, небольшими силами трения, уменьшенным нагревом его элементов, большим диапазоном регулирования. Указанные требования обеспечиваются с помощью шариковых и гидростатических винтовых передач, направляющих качения с гидростатических направляющих, беззазорных редукторов с короткими кинематическими цепями и т. д.

По структуре приводы подач делятся на разомкнутые (рис. 17.22, а, б) и замкнутые (рис. 17.22, в). Приводы подач состоят из двигателя, редуктора, силовой передачи винт — гайка, датчика обратной связи и т. д. В качестве двигателей подач

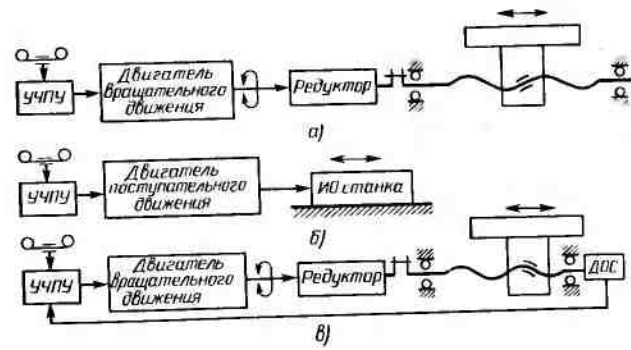


Рис. 17.22. Структурная схема привода подач с разомкнутой (а, б) и замкнутой (в) системой управления

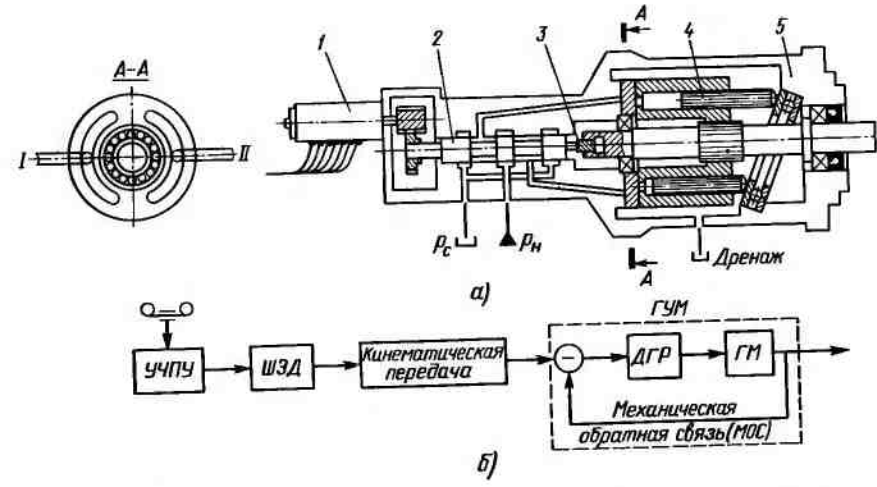


Рис. 17.23. Конструктивная (а) и структурная (б) схемы электрогидравлического шагового двигателя:

1 — ШЗД, 2 — дроселирующий гидрораспределитель (ДГР), 3 — механическая обратная связь винт — гайка, 4 — гидромотор (ГМ), 5 — гидравлический усилитель момента (ГУМ), P_n и P_c — соответственно напорный и сливной трубопроводы

применяют: электрогидравлические шаговые двигатели вращательного и поступательного движения; силовые шаговые электродвигатели; высокомоментные электродвигатели постоянного тока с постоянными магнитами и с тиристорным управлением.

Конструктивная и структурная схемы электрогидравлического шагового двигателя вращательного движения, применяемого в механизмах подач станков с разомкнутыми системами ЧПУ (рис. 17.22, а), представлены на рис. 17.23. В электрогидравлических шаговых двигателях используют шаговые электродвигатели (ШД) (рис. 17.24). На статоре 1 расположены три пары полюсов 3 с фазовыми обмотками (I_ϕ ; II_ϕ ; III_ϕ). При подаче

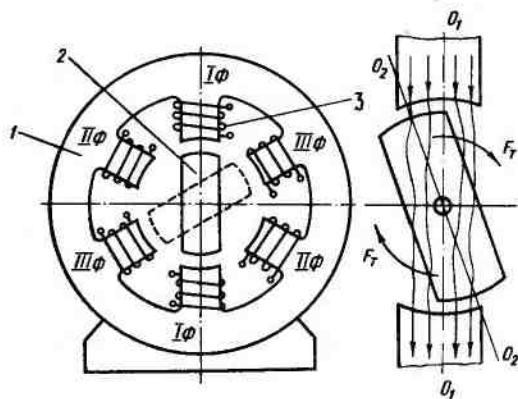


Рис. 17.24. Конструкция и принципы работы шагового электродвигателя

ся в положение, показанное пунктирными линиями. Таким образом, при последовательной подаче напряжения в обмотки I_ϕ , II_ϕ , III_ϕ и т. д. ротор вращается по часовой стрелке, а при обратном порядке подачи напряжения — против часовой стрелки.

В состав электрогидравлического шагового двигателя (см. рис. 17.23) входит также гидроусилитель момента, состоящий из аксиально-поршневого гидромотора (ГМ) с наклонным диском, дросселирующего гидрораспределителя (ДГР) и механической обратной связи. Подача жидкости под толкатели и взаимодействие их с наклонным диском приводят к появлению тангенциальных сил, что создает крутящий момент на валу.

Принцип действия электрогидравлического шагового двигателя поступательного движения (рис. 17.25) аналогичен выше рассмотренному. Эти двигатели применяют в разомкнутых системах ЧПУ. Их преимущество: отсутствие силовой передачи винт — гайка; возможность обеспечить любое усилие на перемещение исполнительного органа станка.

Высокомоментные электродвигатели (ВМЭД) — относительно тихоходные двигатели постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов. Эти двигатели применяются в замкнутых системах ЧПУ. Структурная схема привода подач с ВМЭД показана на рис. 17.26. В приводе подач станков с ЧПУ применяют беззазорные редукторы, передающие вращение от двигателя к ходовому винту.

Передача винт — гайка и червячно-реечные передачи, являющиеся исполнительными механизмами привода подач, широко используются в станках с ЧПУ. Передача винт — гайка имеет высокую осевую жесткость (благодаря возможности устранения зазора) и коэффициент полезного действия (0,9—0,95); обеспечивает высокую чувствительность передачи и плавность перемещения исполнительных органов даже на малых скоростях. Пе-

питания в одну из обмоток (например, I_ϕ) между соответствующими полюсами возникает магнитное поле. В том случае, если ось O_2 — O_2 полюсов ротора 2 не совпадает с осью O_1 — O_1 полюсов статора, на ротор начинают действовать тангенциальные силы F , поворачивающие ротор до тех пор, пока оси O_1 — O_1 не совпадут. Если снять питание с обмотки I_ϕ и подать ток в обмотки II_ϕ , то ротор 2 повернет-

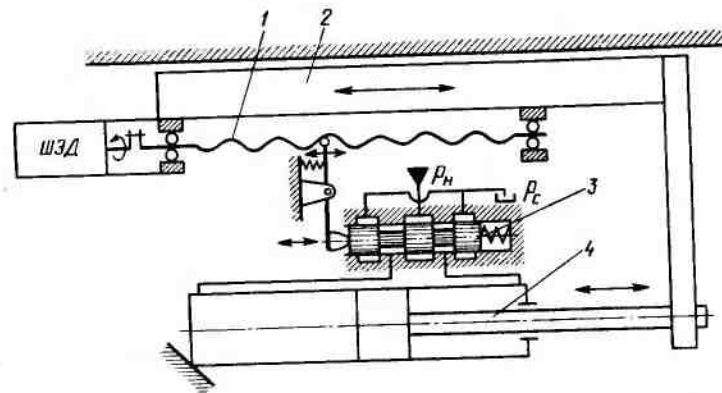


Рис. 17.25. Электрогидравлический шаговый двигатель поступательного движения:

1 — несилловая передача винт — гайка, 2 — ИО станка, 3 — ДГР, 4 — гидроцилиндр

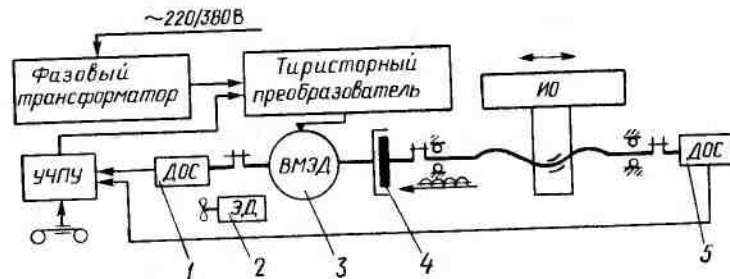


Рис. 17.26. Структурная схема привода подач с ВМЭД: 1 — ДФС по скорости, 2 — электродвигатель охлаждения, 3 — ВМЭД, 4 — электро-механический тормоз, 5 — ДФС по положению

редача (рис. 17.27) состоит из винта, 1, гаек 3 и 5, шариков 4. Канал 6 возврата шариков может быть выполнен в виде трубки, соединяющей последний и первый винт гайки, или в виде вкладышей. Последние вставляют в окна гайки под углом 120° друг к другу; каналы в них соединяют для витка резьбы. Шарики перекатываются из одной впадины резьбы в соседнюю через выступ резьбы винта. Создание натяга и устранение зазора в передаче осуществляют различными способами. При полукруглом профиле резьбы натяг регулируют поворотом гайки 3 относительно гайки 5 при их неизменном осевом положении. Эти гайки имеют наружные зубчатые венцы с разницей числа зубьев, равной единице. На корпусе 2 выполнены венцы внутреннего зацепления.

Гидростатическая передача винт — гайка, работающая в условиях жидкостного трения, характеризуется отсутствием износа и зазора, повышенными точностью и КПД (0,99). Однако по

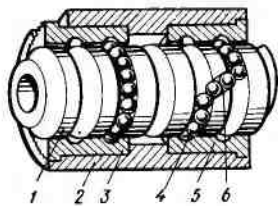


Рис. 17.27. Передача винт — гайка

сравнению с передачей винт — гайка данная передача обладает меньшими жесткостью и несущей способностью из-за наличия масляного слоя.

Передачи винт — гайка применяют в приводах подач при перемещениях исполнительных органов до 3 м. При больших перемещениях используют зубчато-реечные передачи с автоматической выборкой зазоров, а также червячно-реечные передачи, обеспечивающие большую жесткость и плавность перемещения.

В станках с ЧПУ применяются различные предохранительные устройства: блокировочные; ограничители хода; предохраняющие от перегрузок.

Датчики обратной связи (ДОС) в системах контроля станков с ЧПУ. Являясь устройством обратной связи (выдающим информацию о величине фактического перемещения, положения и скорости ИО станка), ДОС входит в систему путевого контроля, включенную в измерительную схему и схему формирования выходного сигнала. Эти схемы являются устройствами согласования ДОС с основными узлами УЧПУ. Различают абсолютные и циклические ДОС (рис. 17.28). В отечественных станках с ЧПУ в качестве циклических ДОС применяют преобразователи, измеряющие линейные перемещения и построенные на основе сельсинов.

Сельсин — вращающийся трансформатор с воздушным зазором, у которого при вращении ротора происходит изменение величины напряжения. В сельсине поворот ротора относительно статора преобразуется в сдвиг фаз выходного и опорного напряжения. Преобразователи на основе сельсинов являются датчиками обратной связи по углу поворота, поэтому их стыкуют непосредственно с вращающи-

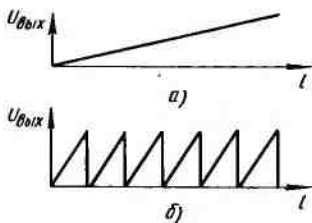


Рис. 17.28. Изменение выходного сигнала $U_{\text{вых}}$ абсолютного (а) и циклического (б) ДОС (t — перемещение ИО станка)

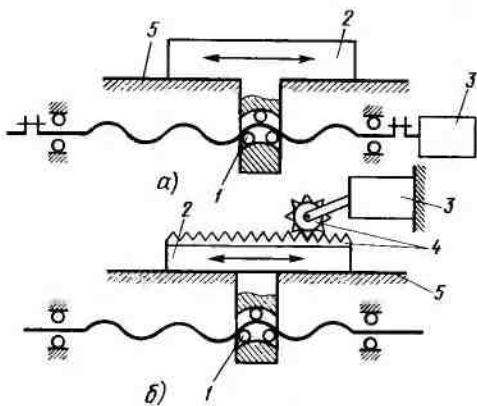


Рис. 17.29. Схема установки ДОС на сельсинах на станках с ЧПУ:
1 — силовая передача винт — гайка, 2 — ИО станка, 3 — ДОС, 4 — передача рейка — шестерня, 5 — направляющая

мися элементами приводов подач станков или связывают с поступательно перемещающимися исполнительными органами станка через передачу зубчатая рейка — шестерня. Стыковка ДОС с исполнительным органом станка представлена на рис. 17.29. а, б. К данному типу ДОС относятся вращающиеся трансформаторы, развернутые сельсины, индуктосины.

Использование линейных и угловых ДОС типа *индуктосин* обеспечивает максимальную величину дискретности. Эти ДОС работают в амплитудном режиме и являются цикловыми аналоговыми датчиками. На отечественных станках с ЧПУ применяют линейные ДОС типа индуктосин (рис. 17.30), в состав которого входят линейка (имеющая длину, несколько превышающую измеряемую величину), набранная из отдельных шкал длиной до 250 мм, и ползунок, перемещающийся относительно линейки.

Наибольшее распространение в станках с ЧПУ имеют фотоэлектрические ДОС (рис. 17.31), которые бывают круговыми и линейными. Круговой ДОС состоит из диска 2 (с прорезями 3), который, как правило, устанавливают на конце ходового винта 6 привода подачи станка. С одной стороны диска располагают источник света 5, с другой — фотодиод 4. Когда при вращении диска прорезь — окажется около фотодиода, последний засвечивается, формируя в электрической цепи дискретный импульс.

Число импульсов характеризует фактическую величину перемещения исполнительного органа 1 станка.

Схема линейного фотоэлектрического импульсного ДОС показана на рис. 17.32. Стеклоплатная линейка 1 (рис. 17.32, а) датчика крепится вдоль направляющих стола (или суппорта) на станине станка. На линейке нанесены непрозрачные штрихи с шагом, равным величине дискретности системы ЧПУ. На столе станка установлена каретка с движком 3, фотодиодами 4, 6 и источником света 2. Движок 3 выполнен в виде короткой линейки со штрихами, расположенными наклонно. При перемещении стола с движком относительно линейки 1 в просвете между движком и линейкой появляются широкие непрозрачные муаровые полосы (рис. 17.32, б), перемещающиеся в вертикальном направлении и воспринимаемые фотодиодами. Каждая из полос соответствует импульсу, который оценивается, как шаг между штрихами линейки 1. Сигналы с диодов 4 и 6, освещаемых через отражатель 5, различны по времени. Этот сдвиг фаз сигналов используется для определения направления перемещения стола.

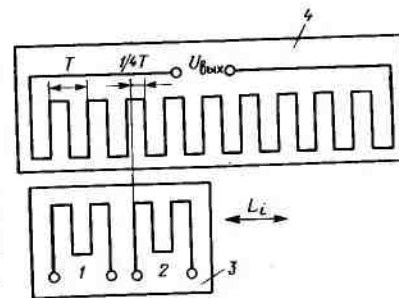


Рис. 17.30. Схема работы ДОС типа индуктосин:
1, 2 — обмотки, 3 — ползунок, 4 — шкала

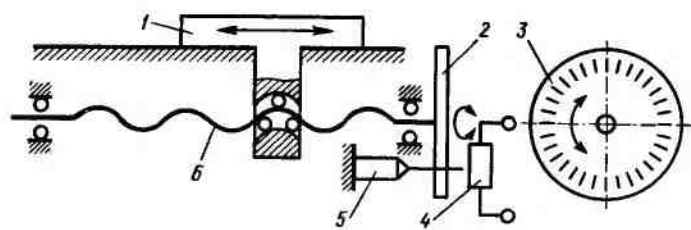


Рис. 17.31. Схема кругового фотоэлектрического ДОС.

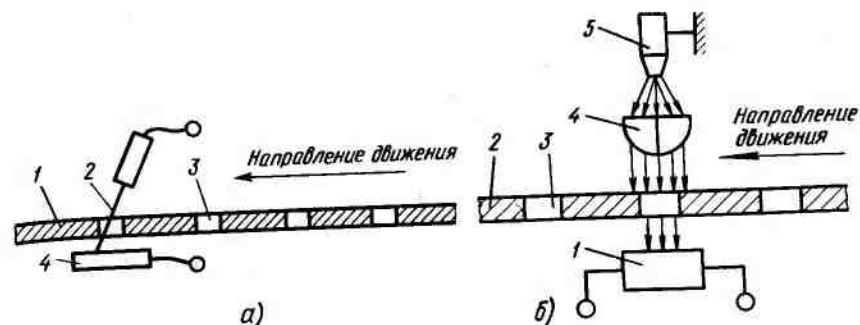
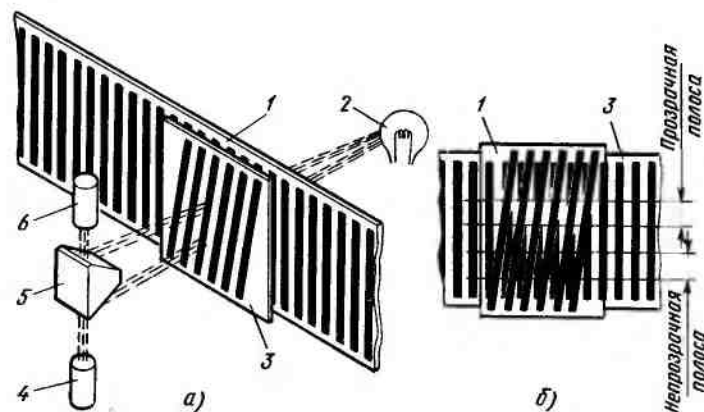
Рис. 17.33. Способы считывания информации:
а — контактный, электрохимический, б — бесконтактный фотоэлектрический

Рис. 17.32. Схема линейного фотоэлектрического импульсного ДОС.

17.18. ОСНОВНЫЕ БЛОКИ И УЗЛЫ УЧПУ

В состав УЧПУ входят следующие основные блоки: задания; вычислительный; команд; преобразования; сравнения. Блок задания состоит из считывающего устройства, промежуточной (буферной) памяти, дешифрирующих и контролирующих устройств.

Считывающее устройство обеспечивает покадровое непрерывное движение ленты относительно считывающих элементов, а также воспроизведение информации, записанной на программно-носителе в кодированном виде, и ее преобразование в электрические сигналы. В устройствах считывания с перфокарты реализуются следующие способы считывания.

Контактный электрохимический способ (рис. 17.33, а) основан на использовании металлических щеток 2. В момент прохождения отверстия 3 перфокарты 1 под щеткой происходит замыкание контакта 4 электрической цепи. Этот способ характеризуется большим износом программноносителя.

Бесконтактный фотоэлектрический способ считывания (рис. 17.33, б) основан на изменении проводимости фотоэлементов (фотодиодов) 1 в момент попадания на них луча, поступающего

через фокусирующую линзу 4 от осветителя 5 через отверстие 3 в перфокарте 2. Фотоэлектрические устройства могут считывать со скоростью 300—1500 строк/с и более. Перемещение перфокарты осуществляется фрикционными валиками, вращающимися от асинхронного двигателя. Отверстия в дорожке при этом способе считывания используются для формирования синхронизирующих сигналов, определяющих прохождение отдельных строк перфокарты. Фотоэлектрический способ считывания используется в УЧПУ моделей Н22-1М «размер-2М», Н33-2М и др.

Считывание кодированной информации с магнитной ленты осуществляется магнитной головкой (рис. 17.34), состоящей из магнитопровода Ц, имеющего обмотку 2. При движении магнитной ленты 4 относительно зазора 3 кольцевого сердечника часть магнитного потока замыкается через сердечник, наводя ЭДС на обмотке 2. Движение магнитной ленты относительно считывающей магнитной головки осуществляется лентопротяжным механизмом, конструкция которого аналогично используемой при фотоэлектрическом способе.

При воспроизведении информации с магнитной ленты или с перфокарты используют считывающие устройства с последовательным поочередным считыванием всего кадра. Лентопротяжный механизм работает в стартстопном режиме. Ввод информации, т. е. движение ленты и считывание с нее данных, осуществляется до момента прихода адреса 4 («Конец кадра»); при этом движение ленты прекращается и станок с ЧПУ начинает обрабатывать введенную информацию,

Промежуточная (буферная)

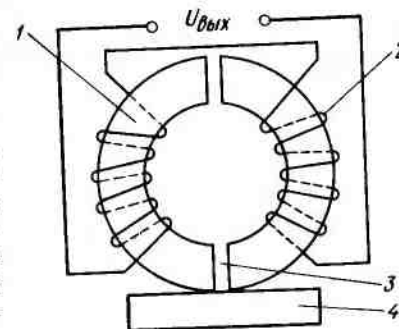


Рис. 17.34. Магнитная головка

память — это устройство запоминания информации, считанной со следующего по порядку кадра, во время отработки УЧПУ предыдущего кадра. Необходимость такого блока возникает при частой смене кадров и недопустимости остановки режущего инструмента при отходе контура. Буферная память сокращает машинное время обработки.

Дешифрирующие устройства служат для преобразования управляющей кодированной информации программносителя в управляющие сигналы, строго соответствующие коду, принятому в логических блоках УЧПУ. Дешифрирующие устройства выполнены на диодных сетках или матрицах, где контакты реле заменены полупроводниковыми элементами, обладающими надежностью и быстродействием.

Распределительные устройства распределяют последовательно считываемую с программносителя информацию по соответствующим блокам системы управления.

Контролирующие устройства предназначены для выявления ошибок при вводе информации. В них заложены различные методы логического контроля, основанные на избыточности вводимой информации. Наиболее распространен способ контроля четности числа пробивок в строке.

Вычислительный блок (ВБ), один из наиболее важных узлов УЧПУ, предназначен для расчета различных прямолинейных и криволинейных контуров. Этот блок также выполняет ряд сложных технологических задач: многокоординатную обработку; автоматическое выполнение вспомогательных функций; технологические циклы; смещение нуля; коррекцию (с пульта УЧПУ) режима обработки и положения инструментов и т. д.

Основным устройством ВБ является интерполятор. Например, линейный интерполятор (рис. 17.35) обеспечивает перемещение исполнительных органов станка между двумя опорными точками по прямой линии. Импульсы с генератора Γ поступают на двоичный счетчик D импульсов, работающий как делитель частоты.

На первом выходе делителя появляется в два раза меньше импульсов, чем поступающих на его вход, на D_2 — в четыре раза меньше, на D_3 — в восемь и на D_4 — в шестнадцать. Таким образом, при полном заполнении делителя 16 импульсами (с учетом импульса переполнения) на выходе появится всего один импульс, на D_4 — два, на D_2 — четыре, на D_1 — восемь. В зависимости от того, какие вентили (B_1 — B_4) будут открыты, на выхо-

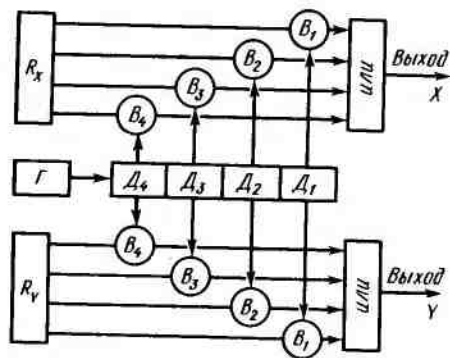


Рис. 17.35. Схема интерполятора на двоичных умножителях

ды координат X и Y поступит соответствующее число импульсов. Вентили B_1 — B_4 управляют регистрами R_x и R_y , в которые входят числа, соответствующие приращению координат. Число двоичных разрядов в делителе D определяет максимальный размер, который можно обработать в данной системе с одного кадра.

Блок команд принимает с программносителя и передает в систему различные команды цикловой автоматики. К ним относятся команды на смену инструмента, включение и выключение оборотов шпинделя, включение подачи и другие команды, кодируемые в кадре под адресом M . Вся информация с блока задания, минуя ВБ, попадает непосредственно в блок команд.

Блок преобразования преобразует один вид информации в другой. В УЧПУ вся информация может быть представлена в цифровом (дискретном) или аналоговом (непрерывном) виде. Оперирование информацией в УЧПУ осуществляется как в цифровых, так и в аналоговых сигналах.

Блок сравнения сравнивает сигнал, поступающий с блока задания и отражающий заданную величину, с сигналом, поступающим от ДОС и отражающим фактическую величину. После сравнения блок вырабатывает результирующий сигнал, абсолютная величина которого равна алгебраической сумме двух указанных сигналов.

17.19. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ СТАНКОВ С ЧПУ

К ним относятся устройства смены инструмента, уборки стружки, смазывания, зажимные приспособления, загрузочные устройства и т. д. Для уборки стружки используют винтовые конвейеры, магнитные сепараторы и т. д. для сокращения потерь времени при загрузке — столы с двумя рабочими позициями, маятниковые столы и др., позволяющие одновременно устанавливать заготовку и снимать деталь во время обработки другой заготовки. К устройствам автоматической смены инструмента относятся магазины, автооператоры, револьверные головки.

17.20. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Она существенно отличается от технологической подготовки обработки заготовок деталей на станках с ручным управлением. Это объясняется сложностью технологических задач, решаемых при разработке УП с целью наиболее эффективного использования оборудования с ЧПУ. Технологическая подготовка механической обработки на станках с ЧПУ состоит из следующих этапов: 1) классификация заготовок и определение технико-экономической целесообразности их обработки на станке с ЧПУ; 2) разработка технической документации УП и обработки; 3) изготовление специальной технологической оснастки и режущего инструмента; 4) проверка и корректирование УП.

Для обработки на станке с ЧПУ прежде всего отбираются заготовки деталей сложной конфигурации. Целесообразно отбирать только те заготовки, для которых можно сконцентрировать несколько операций в одну, выполняемую на станке с ЧПУ. Отобранные заготовки анализируют на технологичность в целях упрощения геометрических форм контура, унификации отдельных элементов заготовок обеспечения их жесткости и устойчивости при обработке. Важное значение имеет типизация технологических процессов с применением группового метода обработки. Эффективность использования станков с ЧПУ зависит от организационных мероприятий. Необходимо организовать непрерывную работу станков с ЧПУ в две смены, обеспечить многостаночное обслуживание, разграничить процессы станка и непосредственно обработки на нем, обеспечить оптимальное инструментальное обеспечение станка.

Разработку последовательности обработки на станках с ЧПУ нужно начинать с определения числа установок и позиций заготовки на столе или шпинделе станка, необходимых для полной ее обработки. Первую установку, как правило, выбирают из условия удобного базирования на необработанные или заранее обработанные базовые поверхности. При первой установке, выполняемой на необработанные базовые поверхности, следует по возможности провести обработку всех поверхностей, используемых в качестве технологических баз на последующих установках заготовки. Важной задачей разработки последовательности операций является обеспечение полной обработки заготовки со всех сторон с минимальным числом установок и при наименьшем количестве технологической оснастки. При разработке схемы последовательности обработки проводят эскизное проектирование или выбор приспособлений для базирования и закрепления заготовки на каждой установке.

После определения числа и последовательности выполнения установок определяют последовательность обработки по зонам, образованным конструктивными элементами заготовки (внутренний и наружный контуры, окна, приливы и т. д.). В каждой зоне выделяют отдельные элементы (внутренний контур, торец, окна, крепежные отверстия), для которой устанавливают вид обработки (черновая, чистовая) и требуемые типоразмеры режущих инструментов.

Отдельные элементы, которые можно обработать одним инструментом, группируют внутри данной зоны и по всем зонам. Это дает возможность определить число типоразмеров режущих инструментов для обработки всей заготовки и выявить возможность обработки всех доступных зон при данной установке набором инструментов, расположенных в револьверной головке или магазине станка с ЧПУ, который оборудован устройством автоматической смены инструмента.

Если весь режущий инструмент, необходимый для обработки всех элементов заготовки при данной установке, невозможно

разместить в револьверной головке или магазине, то следует либо разделить операцию на части, выполняемые на одинаковых установках либо заменять инструмент вручную с запрограммированной остановкой станка.

17.21. ТОКАРНЫЕ СТАНКИ С ЧПУ

Подразделяются на универсальные (с горизонтальными направляющими) и специализированные (как правило, с вертикальными или наклонными направляющими). Токарные станки с ЧПУ бывают: с ручной сменой инструмента; с автоматическим поворотом резцедержателем или револьверной головкой; с автоматической сменой инструмента из инструментального магазина. Головки бывают четырех-, шести- и двенадцатипозиционные. На каждой позиции можно устанавливать по два инструмента для наружной и внутренней обработки заготовки. Ось вращения головки может располагаться параллельно оси шпинделя, перпендикулярно и наклонно. В пазах револьверных головок устанавливают взаимозаменяемые инструментальные блоки, устанавливаемые на размер вне станка на специальных приборах.

Наиболее распространенный токарный станок мод. 16К20Ф3 с ЧПУ предназначен для использования в условиях единичного, мелкосерийного и серийного производства. УП записывают на перфоленту в одном из стандартных кодов. Класс точности станка П.

Техническая характеристика станка мод. 16К20Ф3

Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм:	
при установке над станиной	400
при установке над суппортом	200
Наибольшая длина обрабатываемого изделия, мм	1000
Наибольшее перемещение суппорта, мм:	
продольное	900
поперечное	250
Число инструментов в резцедержателе	6
Число ступеней частоты вращения шпинделя:	
общее	22
программируемое	9
Частота вращения шпинделя, об/мин	12,5—2000
Подача, мм/мин:	
продольная	3—1200
поперечная	1,5—600
Дискретность отсчета, мм:	
по оси X (продольная)	0,001
по оси Z (поперечная)	0,005
Скорость быстрых перемещений, мм/мин:	
продольных	4800
поперечных	2400
Шаг нарезаемых резьб, мм	0,1—10
Мощность главного привода, кВт	10
Габарит станка (длина × ширина × высота), мм	3360 × 1710 × 1750
Масса станка, кг	400

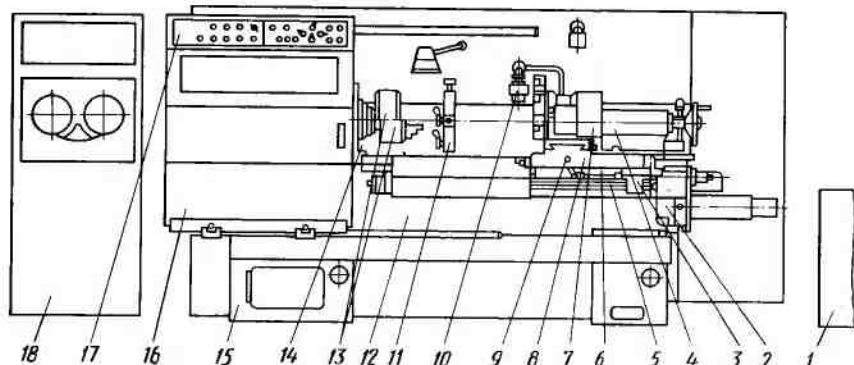


Рис. 17.36. Общий вид токарного станка мод. 16K20Ф3 с ЧПУ

Станок оснащен УЧПУ моделей «Контур 2ПТ-71» (станок мод. 16K20Ф3С1) и «Электроника НЦ-31» (станок мод. 16K20Т1) и др.

Основными узлами станка мод. 16K20Ф3 (рис. 17.36) являются: основание 15; шпиндельная бабка 14; станина 12; патрон 13; суппорт с кареткой 8; поворотный резцедержатель 7 и задняя бабка 4. Внутри основания размещаются: электродвигатель привода главного движения; стружкосборник; насос охлаждения и емкость для СОЖ. По направлению станка перемещаются каретка суппорта и задняя бабка. В правой части станины крепится привод 2 продольной подачи. В передней бабке также смонтирован датчик резьбонарезания. На поворотном резцедержателе с горизонтальной осью вращения, размещенном на поперечном суппорте, смонтирована съемная инструментальная головка. На последней можно одновременно установить шесть резцов-вставок или инструментальных блоков. Поворот резцедержателя осуществляется по УП или по команде от пульта 17 станка.

Поворот и зажим резцедержателя при наладке станка осуществляют вручную. Задняя бабка имеет пневматическое устройство, облегчающее ее перемещение по направляющим станины. Приводы поперечной и продольной подач включают в себя шаговые двигатели с гидросилителями моментов, одноступенчатые редукторы, шариковые передачи винт — гайка с винтами 9 и 6. Подвижное ограждение 16 снабжено прозрачным экраном, предохраняющим оператора от попадания стружки. Для обработки длинных заготовок используют люнет 11. Подвод СОЖ в зону резания (через устройство 10) производится по команде с пульта УЧПУ или с пульта станка. Настройка нулевого положения узла 5 производится с использованием путевого переключателя 3.

Гидропривод состоит из гидростанции 1, гидросилителя моментов продольного хода каретки, гидросилителя моментов по-

перечного хода суппорта и магистральных трубопроводов, соединяющих между собой гидравлические узлы и аппаратуру. УЧПУ смонтировано в отдельном шкафу 18.

Токарный станок мод. 16K20Т1 по конструкции аналогичен станку мод. 16K20Ф3, но оснащен двухкоординатным контурным оперативным УЧПУ мод. «Электроника НЦ-31», обеспечивающим линейную и круговую интерполяцию. Перемещения ИО обрабатываются как в абсолютной, так и в относительной системах координат. Дискретность УЧПУ составляет 0,01 мм/имп (по оси Z) и 0,005 мм/имп (по оси X). Подача 0,01—20,47 мм/об; скорость быстрых перемещений 5 м/мин (по оси X) и 7,5 м/мин (по оси Z). УЧПУ мод. «Электроника НЦ-31» обеспечивает ввод и редактирование УП с помощью клавиатуры пульта оператора, а также хранение УП в оперативной памяти и долговременное хранение УП во внешней памяти. Последняя выполнена в виде кассеты внешней памяти (КВП), предназначенной для хранения программ вне станка. Любая набранная на пульте УП может быть при необходимости записана на КВП. Для отработки на станке УП, хранящейся в КВП, необходимо предварительно занести эту УП в оперативную память УЧПУ.

Оперативная память устройства делится на шесть зон, которые нумеруются цифрами от 0 до 5. В каждую зону может быть одновременно введена только одна УП, содержащая не более 250 кадров. Таким образом, в оперативной памяти одновременно может храниться шесть УП. Станок при этом может выполнять только ту программу, которая в данный момент находится в нулевой зоне. Для отработки другой программы, находящейся

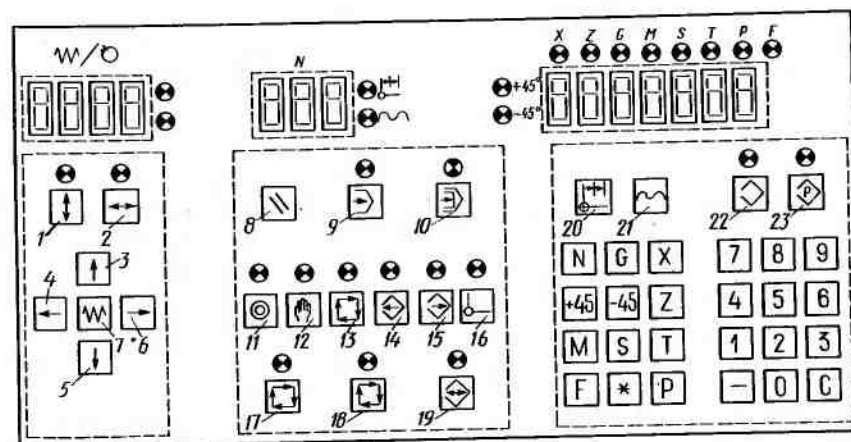


Рис. 17.37. Пульт оператора станка мод. 16K20Т1:

1, 2 — клавиши индикации положения и выбора направления движения от маховичка, 3, 4, 5, 6, 7 — клавиши перемещения в ручном режиме на рабочей подаче и быстром ходу по осям X и Z, 8 — гашение аварийных состояний, 9 — отработка программы без перемещений, 10 — покадровая отработка программы, 11, 12, 13 — ручное управление, 14, 15 — вывод информации на индикацию, 16 — установка нулевой точки отсчета, 17 — стоп, 18 — пуск, 19 — вывод на индикацию, 20 — относительная система отсчета, 21 — быстрый ход, 22 — деблокировка памяти, 23 — разрешение на ввод и индикацию.

в оперативной памяти УЧПУ, необходимо эту программу предварительно переместить в нулевую зону.

На рис. 17.37 представлен пульт оператора, расположенный на фартуке станка. На пульте имеются клавиши (с соответствующими символами), индикаторы и сигнальные лампочки, объединенные в функциональные группы (очерчены пунктирными рамками). При наборе кадров УП употребляются следующие адреса команд: *N* — номер кадра; *X* — поперечное перемещение резца; *Z* — продольное перемещение резца; *P* — дополнительные геометрические параметры; *S* — частота вращения шпинделя; *T* — команда на выбор позиции поворотного резцедержателя; *F* — подача или шаг резьбы; *Q* — подготовительная функция; *M* — вспомогательная функция.

Настройка станка и ввод УП осуществляются следующим образом. Выполняется размерная привязка каждого инструмента в системе координат станка, производимая методом пробных рабочих ходов обработкой цилиндрических поверхностей (ось *X*) и торцов (ось *Z*) и последующим измерением фактически полученных размеров, учитываемых затем при вводе в память УЧПУ координат исходных точек движения инструментов. Ввод в память УЧПУ координат исходных точек по адресам *X* и *Z* осуществляют нажатием клавиш 16 и 19.

Далее на пульте оператора набирают УП, предварительно составленную технологом-программистом на специальном бланке. Режим ввода программы устанавливают нажатием клавиши 9. Затем нажимают клавишу 22 деблокировки памяти и набирают кадры УП. После набора каждого кадра нажимают клавишу 19, в результате чего кадры последовательно вводятся в память УЧПУ. Последним вводится кадр с командой M30, означающей «Конец программы».

Схема наладки станка на обработку ступенчатого валика приведена на рис. 17.38. Технологический процесс обработки состоит из следующих переходов: 1) точить поверхность $\varnothing 75$ мм на длине 100 мм ($t = 2,5$ мм; $S = 0,3$ мм/об; $n = 500$ об/мин; прямое вращение шпинделя); 2) точить поверхность $\varnothing 70$ мм на длине 50 мм ($t = 2,5$ мм; $S = 0,3$ мм/об; $n = 500$ об/мин; прямое вращение шпинделя).

Координаты нулевой точки: $z = 5$ мм; $x = 0$. Координаты исходной точки инструмента относительно нулевой точки $x_0 = 150$ мм; $z_0 = 120$ мм.

УП для обработки валика включает в себя следующие кадры.

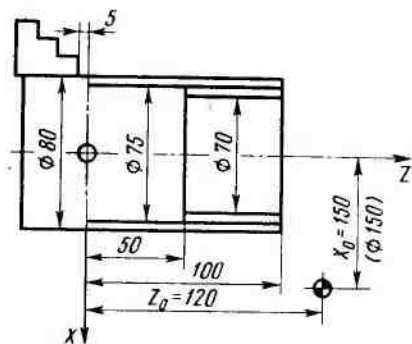


Рис. 17.38. Схема наладки станка мод. 16К20Т1 на обработку ступенчатого валика

N 000M3 — задано прямое вращение шпинделя; *N 001M39* — задана средняя частота вращения шпинделя; *N 002S5* — задан пятый номер частоты вращения шпинделя ($n = 500$ об/мин); *N 003 F 30* — задана рабочая подача 0,3 мм/об; *N 004 T1* — задан номер инструмента (резец для чернового точения); *N005Z10100* — подвод резца на ускоренном ходу в точку 101 мм по длине, т. е. за 1 мм до детали (это необходимо для того, чтобы прохода на быстром ходу по оси *X*, резец не задевал заготовку); *N 006 X 7500* — подвод резца на ускоренном ходу в точку с размером $\varnothing 75$ мм; *N 007Z0* — перемещение резца на рабочей подаче по оси *Z* (диаметр обрабатываемой поверхности 75 мм); *N 008 X8100* — выход резца на рабочей подаче из заготовки вала по оси *X* (до диаметра обработки 81 мм); *N 009Z10100* — отвод резца на ускоренном ходу по оси в начало обработки и остановка его на расстоянии 1 мм от заготовки вала по оси *Z*; *N 010X7000* — подвод резца по ускоренному ходу в точку на диаметре 70 мм (следующая ступень вала); *N 011 Z5000* — перемещение резца на рабочей подаче по оси на длине 50 мм от нулевой точки (диаметр обрабатываемой поверхности 70 мм); *N 012X7100* — выход резца на рабочей подаче из заготовки вала по оси *X* на диаметр 71 мм; *N 013X1500* — отвод резца на ускоренном ходу в исходную точку по оси *X*; *N 014Z12000* — отвод резца на ускоренном ходу в исходную точку по оси *Z*; *N 015M5* — автоматическая остановка вращения шпинделя; *N 016M30* — конец программы (конец цикла, эта команда обязательно подается в конце каждой УП).

При обработке ряда деталей припуск бывает настолько велик, что его приходится снимать за несколько рабочих ходов. Это приводит к существенному увеличению объема УП. Для упрощения программирования в данной системе имеются функции G77 и G78 соответственно продольной и поперечной многопроходной обработки. Система автоматически определяет число рабочих ходов.

Токарный станок мод. 16К20Ф3С5 оснащен УЧПУ мод. Н22-1М. Управление станком может быть произведено как с пульта, расположенного на станке (рис. 17.39), так и с пульта УЧПУ (рис. 17.40).

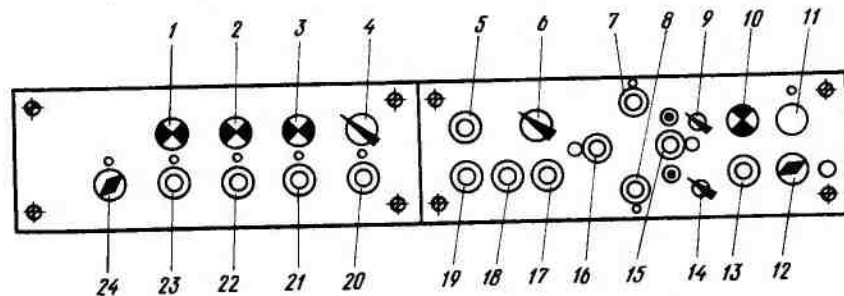


Рис. 17.39. Пульт управления

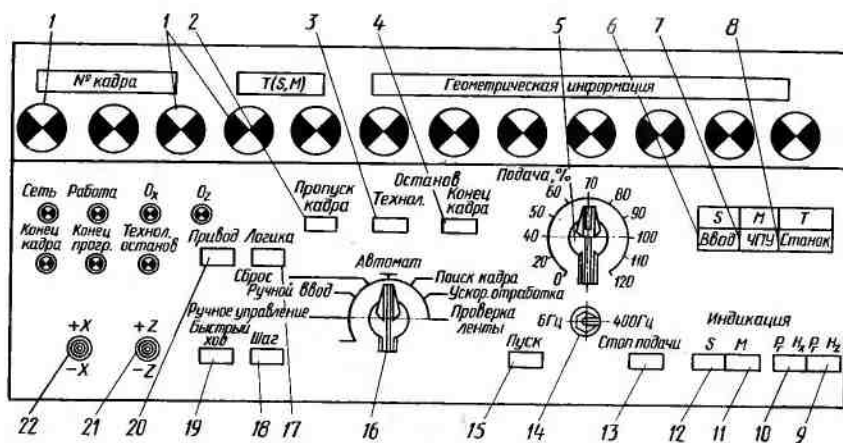


Рис. 17.40. Пульт УЧПУ мод. H22-1M

Загорание сигнальной лампы 10 (см. рис. 17.39) подтверждает наличие напряжения на пульте станка. Гидропривод включается кнопкой 22 «Пуск агрегата», а выключается кнопкой 21 «Стоп гидроагрегата». Насос станции смазывания включается автоматически при включении станка, при этом загорается сигнальная лампа 1 «Контроль смазки». В случае необходимости можно дополнительно осуществить подачу масла нажатием кнопки 23 «Толчок смазки».

Сигнальная лампа «Подогрев масла» и лампа 2 «Масло разогрето» подтверждают нормальную работу системы. Перед началом работы переключатель 9 режима работы станка ставят в одно из следующих положений: ручное управление; режим автоматического цикла; покадровый режим. В положении «Ручное управление» можно управлять станком с помощью кнопок и переключателей, расположенных на пульте станка. Например, можно включить кнопку 20 «Включение поворота резцедержателя», после чего переключателем 4 установить требуемое положение инструментальной головки. Включение прямого вращения шпинделя осуществляют кнопкой 19, а обратного — кнопкой 17. Выключение вращения шпинделя производят кнопкой 18 «Стоп шпинделя».

Включение подачи осуществляют кнопками 7, 8, 16 и 15. Подачу задают переключателем 14 режима перемещения инструмента. Остановку производят переключателем 12 «Стоп подачи». Выбор требуемой частоты вращения шпинделя производят переключателем 6 и кнопкой 5 «Толчок шпинделя». Кнопкой 11 «Аварийный стоп» выключают все системы станка. Если переключатель 9 находится в положении «Режим автоматического цикла», то возможна работа по УП. В этом случае необ-

ходимо нажать кнопку 13 «Пуск программы». Включение охлаждения производится переключателем 24.

Режим работы станка задается переключателем 16 на пульте УЧПУ (рис. 17.40). Переключатель может быть установлен в следующие положения: «Автомат» (автоматическая работа по УП от перфоленты); «Поиск кадра» (автоматический поиск в УП нужного кадра); «Ускоренная отработка» (УП отработывается на максимальной рабочей подаче); «Проверка ленты» (УП принимается УЧПУ без ее отработки на станке и проверяется на четность строки и о структуре кадра); «Ручной ввод» (ручной ввод информации в объеме одного кадра); «Ручное управление» (перемещение по заданной координате в любом направлении); «Возврат в 0» (ручной режим установки исполнительных органов станка в нулевую точку на скорости быстрых перемещений); «Сброс» (режим начальной установки УЧПУ).

Включение (отключение) питания УЧПУ производят кнопкой «Сеть», после чего переключатель 16 ставят в требуемое положение. При включении питания начальная (исходная) установка УЧПУ происходит автоматически. В остальных случаях установка логических схем УЧПУ в исходное состояние производится в режиме «Сброс», для чего переключатель 16 ставят в соответствующее положение и нажимают кнопку 17 «Логика». Сброс логических цепей в устройстве управления шаговым приводом осуществляется нажатием кнопки 20 «Привод». После этого возможна работа в других режимах.

В режиме «Ручное управление» перемещение ИО станка происходит в соответствии с командами как с пульта управления, так и с пульта УЧПУ. Направление перемещения ИО определяется положением тумблеров 22 и 21; величина перемещения зависит от подачи, заданной на тумблере 14, и времени нахождения тумблеров 22 или 21 в крайнем положении. Нажатием кнопки 19 «Быстрый ход» можно задать максимально возможную скорость перемещения. При этом предварительно выбирают эту скорость (с помощью тумблеров 21 и 22), а затем нажимают кнопку 19. При отключении сначала отпускают кнопку «Быстрый ход», а затем тумблеры 21 и 22. Кнопка 18 «Шаг» задает перемещение на единицу дискретности при включенной кнопке 13 «Стоп подачи».

УЧПУ позволяет покадрово вводить программную информацию для управления станком с пульта УЧПУ и пульта станка без использования перфоленты. Для этого переключатель режимов на пульте УЧПУ ставят в положение «Ручной ввод». На пульте станка на переключателе «Адрес» нажимают кнопку выбранного адреса (например, G) и на декадных переключателях «Ручной ввод» набирают требуемую информацию. Затем нажимают кнопку «Ввод» и продолжают набор информации по двум адресам. После набора на пульте станка всего кадра включают кнопку 15 «Пуск» на пульте УЧПУ и кадр отработывается на станке. Для ввода и отработки следующего кадра все дей-

ствия нужно повторить. В режиме «Ручной ввод» программа вводится по одному кадру последовательно (адрес за адресом) и заносится в режим буферной памяти интерполятора УЧПУ. Обработка вводимой информации производится с момента нажатия кнопки «Пуск».

Возврат в «0» в ручном режиме осуществляются в следующем порядке: на пульте станка вводят функцию G 27 включением кнопки «Ввод», а затем включают кнопку «Пуск» на пульте оператора; далее вводят функцию G 58 (при этом необходимо убедиться по цифровому индикатору I на пульте оператора, что величины смещения, набранные на переключателях «Смещение O_x » и «Смещение O_z », введены в регистры 10 и 9); по адресам X и Z вводят нулевые перемещения путем набора на переключателе «Ручной ввод» числа + 000 000 и скорости перемещения по адресу F (например, 10 600). После нажатия на пульте оператора кнопки «Пуск» произойдет обработка смещения нуля.

Для автоматического выполнения УП от перфоленты переключатель 16 нужно поставить в положение «Автомат». При этом возможно два подрежима работы системы: 1) автоматическое непрерывное считывание всех кадров перфоленты с их обработкой до команды на перфоленте «Конец программы»; 2) автоматическое покадровое считывание с покадровой обработкой информации. Для работы системы в первом подрежиме нужно включить тумблер фотосчитывающего устройства и установить перфоленту с программой на начало программы. После установки положения «Сброс» на пульте оператора переключатель 16 ставят в положение «Автомат». При наличии в карте наладки указаний на смещение нуля и ввод коррекции на соответствующих декадных переключателях («Смещение O_x » — «Смещение O_z »; коррекция) пульта коррекции набирают требуемую информацию.

УЧПУ позволяет с помощью переключателя 5 «Подача, %» корректировать заданные в программе подачи в широком диапазоне — от 0 до 120 %. Для этого переключатель ставят в требуемое положение, и в процессе обработки УП все подачи изменяются на соответствующую величину. Автоматическое считывание и обработка УП производятся после нажатия кнопки «Пуск» на пульте оператора. При необходимости технологической остановки УП нужно нажать кнопку 3 «Технологический останов», а для продолжения дальнейшей работы — кнопку «Пуск». Если в процессе работы необходимо произвести пропуск выделенных в УП кадров, то следует нажать кнопку 2 «Пропуск кадра». Автоматическое покадровое считывание и покадровая обработка информации производятся при нажатой кнопке 4 «Конец кадра». Запуск следующих кадров осуществляется вручную от кнопки «Пуск» пульта оператора. В ряде случаев в процессе обработки УП требуется найти какой-либо кадр. Для этого переключатель режимов на пульте оператора ставят в положение «Поиск кадра». Затем перфолента с УП устанавливается в устройство

ввода программы УЧПУ на начало или между любыми кадрами, если лента склеена в кольцо. На декадных переключателях «Ручной ввод» пульта коррекции набирают номер нужного кадра, и после включения кнопки «Пуск» на пульте оператора фотосчитывающее устройство автоматически считывает перфоленту до заданного кадра с высвечиванием его на цифровых индикаторах. При этом режиме на станок выдается технологическая информация (S, M, T), но обработка перемещений не производится.

Для предварительной проверки правильности подготовленной УП переключатель 16 на пульте оператора нужно поставить в положение «Ускоренная обработка». В этом режиме перемещение всех ИО станка происходит на максимальной рабочей подаче. Заготовка на станок при проверке его работы не ставится.

Если при работе в режиме «Автомат» или «Ускоренная обработка» появились сигналы «Сбой УВ» (устройства ввода б), необходимо провести проверку ленты. Переключатель 16 ставят в положение «Проверка ленты» и нажимают кнопку «Пуск»; при наличии сбоя в программе происходит остановка устройства ввода программ и загорается табло 7 «Сбой ЧПУ» (при сбое по структуре адреса) или «Сбой ввода» и «Сбой ЧПУ». В случае сбоя станка загорается табло 8 «Сбой станка».

Для возврата ИО станка в нулевую (исходную) точку переключатель 16 ставят в положение «Возврат в 0». После этого тумблер направления по X ставят в положения «+X» и включают подачу. При выходе в «0» по оси X на пульте загорается лампочка O_x и дальнейшее перемещение прекращается. То же самое необходимо произвести и по оси Z. При работе с пульта оператора переключатель режимов на пульте станка (см. рис. 17.39) должен находиться в положении «Программа». При установке переключателя на пульте станка в положение «Ручное управление» происходит блокировка всех режимов с пульта оператора, кроме режима «Сброс». Проверку кодов частоты вращения шпинделя и вспомогательной функции производят кнопками 11 и 12.

Пульт контроля устройства управления шаговым приводом (рис. 17.41) предназначен для управления этим устройством в режиме «Проверка» и для индикации состояния фаз шаговых



Рис. 17.41. Пульт контроля устройства управления шаговыми приводами

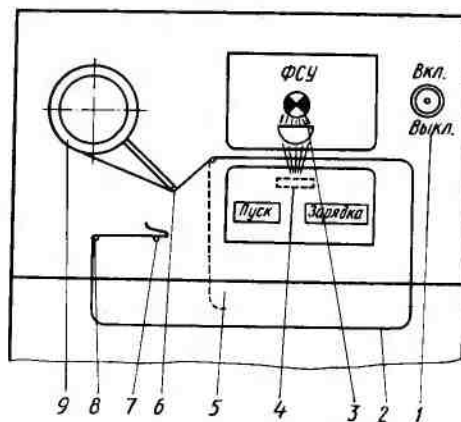


Рис. 17.42. Устройство фотоввода УП

ра перемещения привода (прямой или обратной) по каждой координате. При этом с помощью кнопок «Скорость подачи», «Одиночный», «5», «50», «500», «2000», «1000», «Быстрый ход» и «Шаг» дискретно изменяется частота автономного генератора. Включением кнопки «Сброс автономный» осуществляется сброс логических цепей в автономном режиме. В случае сбоя загорается сигнальная лампочка «Сбой УУШП». Выключение устройства производится нажатием кнопки «Выкл.»

В устройство фотоввода программы (рис. 17.42) перфоленту заправляют: 1) не склеенную в кольцо; 2) склеенную в кольцо; 3) намотанную на бобину.

В первом случае перфоленту 2 укладывают в бункер 5, через ролик заправляют в фотосчитывающее устройство (ФСУ), протягивают на длину около 70 см, обводят вокруг ролика 8 и закрепляют в зажиме 7. После каждого прогона перфоленты через ФСУ в рабочем режиме (считывание программы) ее снимают с зажима и действия повторяются. Для того чтобы постоянно не заправлять и не загрязнять ленту, ее склеивают в кольцо. Установку производят, как и в первом случае, но закреплять ленту в зажиме не нужно. Если перфолента намотана на бобину 9, то перед заправкой ее нужно пропустить под направляющим роликом 6, связанным с тормозным устройством, предохраняющим ленту от продольного сматывания. Последующие действия аналогичны описанным.

ФСУ служит для считывания с восьмидорожечной перфоленты. Сигналы в нем возникают тогда, когда отверстие в ленте (в процессе протягивания) располагается над фотодиодами считывающей головки 4. Лампу 3 фокусируют таким образом, чтобы световой пучок перекрывал поле считывания кадров с небольшим запасом и не имел визуально различимых градаций по яркости. Зарядку перфоленты производят после включения тумблера 1

двигателей. Включение УЧПУ производится включением кнопки «Вкл.» на пульте контроля. При этом загорается лампочка «Сеть». Затем тумблер режима в зависимости от поставленной задачи ставят в положение «Работа» или «Проверка». В режиме «Работа» производится обработка УП непосредственно на станке, причем состояние фаз двигателей контролируется с помощью индикации (фаза включена — лампочка горит). В режиме «Проверка» переключатели «+X», «-X», «+» и «-» служат для выбо-

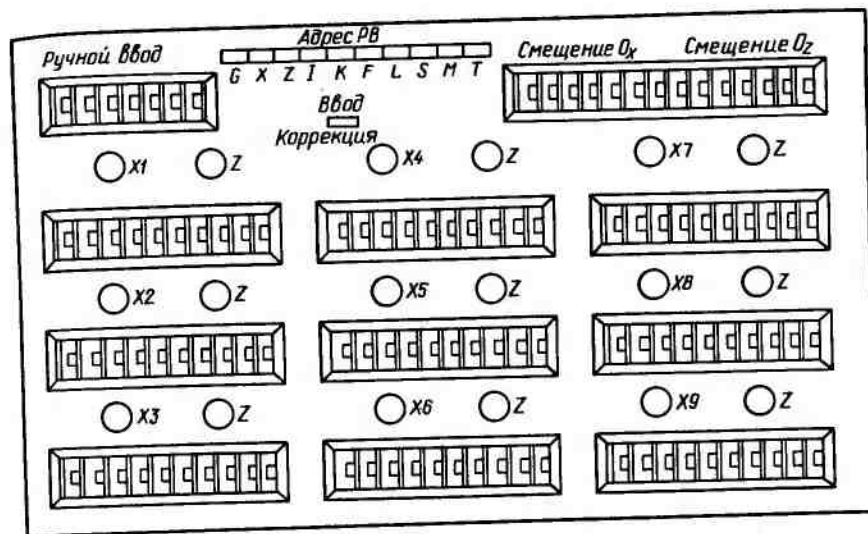


Рис. 17.43. Устройство коррекции положения режущего инструмента

в положение «Вкл.» Чтобы вставить ленту в паз ФСУ, нужно нажать клавишу «Зарядка». Ленту заправляют так, чтобы ее ведущая (транспортная) дорожка находилась ближе к передней панели. После зарядки необходимо нажать клавишу «Пуск».

Коррекция положения режущего инструмента осуществляется с соответствующего пульта (рис. 17.43) и позволяет компенсировать погрешности, возникающие в процессе обработки заготовки, а также рассогласования между заданным и фактическим положениями инструмента. При отладке УП пробную обработку заготовки на станке производят в покадровом режиме, затем деталь измеряют. Величины отклонений размеров от заданных определяют непосредственным измерением с помощью универсальных измерительных инструментов (штангенциркуля, нутромера, микрометра и т. п.). Чтобы определить, какое число импульсов надо направить в УЧПУ, нужно величину поправки разделить на значение дискретности: по оси Z — на 0,01 мм и по оси X — на 0,005 мм. Например, отклонение по длине составило — 0,40 мм, а по диаметру + 0,22 мм. Число импульсов коррекции для линейного размера $n_x = 0,40 : 0,01 = 40$, а для диаметрального размера $n_d = 0,22 : 2 : 0,005 = 22$. Полученное отклонение по диаметру делят пополам. Поправку вносят в координаты по оси X. Полученные числа со знаком «+» для линейного размера и знаком «-» для диаметрального набирают на группе декадных переключателей пульта коррекции с учетом направления по X или Z и номера корректора.

Все переключатели на пульте разделены на две группы (по X

и Z) по девять номеров и каждой группе. Величина коррекции может изменяться в широких пределах: от -9999 до $+9999$. В устройстве возможен ввод коррекции по одной из осей или одновременно по двум осям (парная коррекция). Для введения коррекции УП должна содержать команду, выражаемую адресом L. В младшем разряде указывается номер коррекции (1—9), а в старшем — тип коррекции, который кодируется цифрами 1, 2 или 3 (цифра 1 соответствует одиночной коррекции по оси X; 2 — одиночной коррекции по Z; 3 — парной коррекции по осям X и Z).

Например, если в программе записаны команды L15, L28, L39, то они означают следующее: L15 — коррекция по оси X, номер корректора 5; L28 — коррекция по оси Z, номер корректора 8; L39 — парная коррекция, номер корректора 9. Величины, набранные на переключателях того или иного корректора, алгебраически складываются с величинами приращений или конечных значений координат, указанных в кадре с командой на коррекцию. Необходимым условием для введения коррекции является режим линейной интерполяции, который в УЧПУ типа H22-1M указывается функциями G01, G10, G11.

Вспомогательной командой для отмены коррекции является подготавливающая функция G40. При наличии в кадре функции G40 и адреса L, соответствующего выбранной коррекции, последняя вводится с противоположными, чем на пульте, знаками при работе в приращениях или блокируется при работе в абсолютной системе. Коррекцию вводят в следующем порядке: переключатель режимов на пульте оператора устанавливают в положение «Ручной ввод»; на переключателях «Адрес» пульта коррекции нажимают требуемую клавишу X или Z (в зависимости от того, по какой оси вводится коррекция); на соответствующей группе декадных переключателей набирают требуемые величины коррекции с нужными знаками; нажимают клавиши «Ввод» на пульте коррекции и «Пуск» на пульте оператора. Расположенные у группы декадных переключателей сигнальные лампочки загораются при включении корректора в работу.

Режущий инструмент и приспособления. На токарных станках с ЧПУ используют режущий инструмент для наружной (проходные, контурные, резьбовые, канавочные и др.) и внутренней (расточные резцы, сверла, зенкеры, развертки) обработки. Применяют сборные резцы с металлическим креплением многогранных твердосплавных пластин. В суппорте станка режущий инструмент закрепляют с помощью вспомогательного инструмента — резцовых блоков и оправок. Оправки используют для установки резцовых вставок, предварительно настроенных на размер. Инструмент в револьверной головке крепят непосредственно или с помощью резцовых блоков.

Настройку инструмента на размер осуществляют на устройствах мод. БВ-2010, БВ-2011 и БВ-2012. На токарных станках с ЧПУ обычно применяют универсальные приспособления. Они просты по конструкции и отличаются высокой точностью изго-

товления. Обрабатываемые заготовки устанавливают в центрах, в самоцентрирующие патроны или на планшайбы.

Настройка токарных станков с ЧПУ. Она состоит из двух этапов: 1) настройка УЧПУ; 2) настройка механизмов, фиксирующих положение режущих инструментов; установка приспособления; установка рукояток ручного управления в заданное положение; установка инструментов в исходные положения.

Установка инструментов в исходное положение является наиболее трудоемким процессом и осуществляется тремя способами: путем пробных рабочих ходов; по эталонному валику; по шаблону. Способ пробных ходов заключается в следующем: обрабатывают одну шейку валика (пробной детали) и один из его торцов, оставляя большой припуск под дальнейшую обработку. После обработки, не отводя инструмент, измеряют диаметр шейки и размер от обработанного торца до торца заготовки. На основании этих измерений определяют координаты положения инструмента, которое он занял после обработки пробной детали. Далее инструмент вручную перемещают в заданную исходную точку. Длина, на которую нужно переместить инструмент, равна разности между координатами исходной точки и координатами положения инструмента, занятого им после обработки пробной детали.

Менее трудоемким является способ установки инструмента по эталонному валику. Один валик обеспечивает настройку станка на обработку любых деталей. Настройка инструментов в револьверной головке гораздо сложнее. Каждый инструмент выставляют в двух направлениях (осевом и поперечном). Базой при измерении осевых размеров служат плоскости граней револьверной головки. Для измерения размеров, определяющих положение инструментов относительно оси шпинделя, создают специальные базы в виде уступов, отверстий в головке и т. д. В этом случае инструменты удобно выставлять по специальным шаблонам. После выставки инструментов револьверную головку устанавливают в исходную точку по пробным рабочим ходам или по эталонной детали.

Порядок настройки токарного станка следующий: подбирают режущий инструмент в соответствии с картой наладки; подбирают блоки, державки и другую оснастку для закрепления режущего инструмента; настраивают режущий инструмент вне станка; устанавливают инструментальные блоки в револьверную головку в соответствии с картой наладки; дополнительно настраивают инструмент на станке; устанавливают и закрепляют патрон; устанавливают и закрепляют заготовку; устанавливают на пульте ручной режим управления; перемещают суппорт в исходное положение в соответствии с картой наладки; устанавливают считывающее устройство программноноситель; устанавливают корректоры в соответствии с картой наладки; устанавливают на пульте автоматический режим управления и обрабатывают заготовку; измеряют пробную деталь после обработки; вычисля-

ют величины коррекции и набирают их на корректорах; повторно обрабатывают заготовку в автоматическом режиме и, если необходимо, производят дополнительную коррекцию.

По мере обработки партии заготовок нужно производить пробные замеры на соответствие размеров обработанных поверхностей допускам, установленным чертежом или картой наладки. При наличии отклонений необходимо откорректировать УП путем переустановки корректоров.

17.22. ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ С ЧПУ

По компоновке они делятся на консольные, бесконсольные и продольные (см. рис. 17.11). Выпускают станки: с ручной и автоматической сменой инструмента; одношпиндельные и многошпиндельные; с числом управляемых координат 3 и более; классов точности Н и П. Современные фрезерные станки оснащают контурными УЧПУ (моделей НЗЗ-1М, НЗЗ-2М, Н55-1 и др.) с линейно-круговой интерполяцией.

Консольный вертикально-фрезерный станок мод. 6Р13Ф3 с ЧПУ. Основными его узлами являются (рис. 17.44): станина; коробка скоростей; шпиндельная головка; консоль; стол с салазками; редуктор. Станина 7 имеет вертикальные направляющие, по которым перемещается консоль 2. В левой нише станины

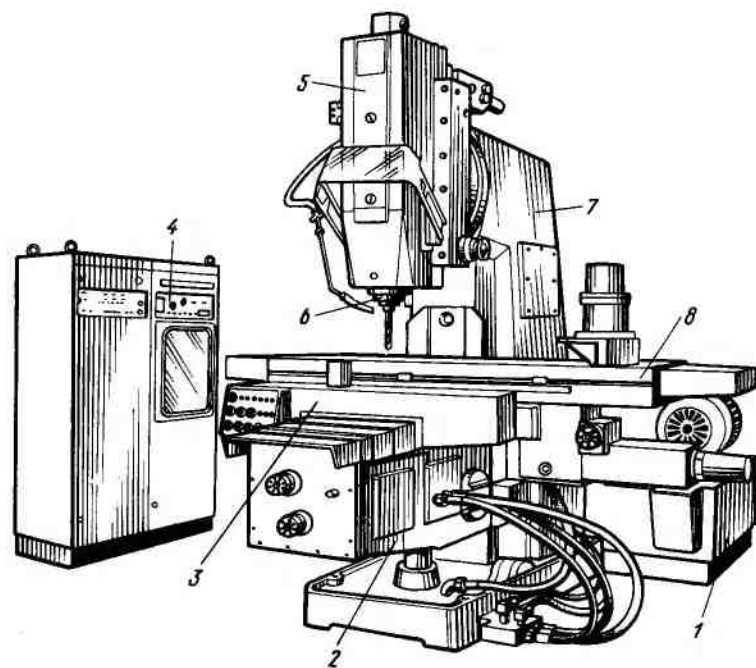


Рис. 17.44. Фрезерный станок мод. 6Р13Ф3 с ЧПУ

смонтирована коробка скоростей с устройством переключения частоты вращения шпинделя. Переключение осуществляется только вручную. Шпиндельная головка 5 включает в себя: салазки; редуктор; ползун со шпинделем 6; привод перемещения ползуна. Станок имеет приводы, перемещающие стол 8 в продольном направлении, и салазки 3 (со столом 8) в поперечном направлении. Станок оснащен гидростанцией 1 и УЧПУ 4.

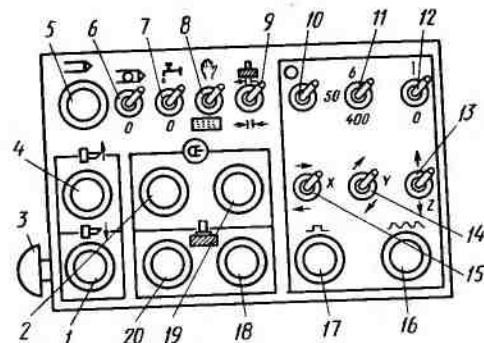


Рис. 17.45. Пульт управления станка мод. 6Р13Ф3

Станком можно управлять как с пульта станка, так и с пульта УЧПУ. При работе с пульта станка (рис. 17.45) гидропривод включают кнопкой 2 «Пуск гидроагрегата», а выключают кнопкой 19 «Стоп гидроагрегата». Установочное перемещение консоли вниз производят кнопкой 1 «Консоль вниз», а вверх — кнопкой 4 «Консоль вверх»; переключатель 8 ставят в верхнее или нижнее положение и задают ручной или автоматический режим работы. При этом переключатель режима работ на пульте УЧПУ должен находиться в аналогичном положении. При работе в автоматическом режиме пуск УП осуществляют с пульта станка кнопкой 5. Чтобы произвести остановку станка, нужно включить тумблер 6 «Технологическая остановка». Вращение шпинделя включают кнопкой 20 «Пуск шпинделя», а выключают кнопкой 18 «Стоп шпинделя». Направление вращения шпинделя устанавливают переключателем, расположенным на силовом шкафу станка. Электродвигатель заблокирован с механизмом зажима инструмента. Зажим и освобождение инструмента осуществляют тумблером 9. Шпиндель не включится, если инструмент не зажат. Пуск гидропривода должен осуществляться при зажатом инструменте, иначе возможны поломки инструмента и заготовки.

Подачу СОЖ включают тумблером 7 «Охлаждение»; расход СОЖ регулируется краном.

На станке предусмотрен выход инструмента в нулевое положение, соответствующее центру отверстия на столе станка, что позволяет настраивать режущий инструмент перед обработкой без использования специальных устройств. Выход в нулевую точку производится после включения тумблера 10. Установочные перемещения режущего инструмента в ручном режиме производят тумблерами 13, 14 и 15 на пульте станка. Тумблерами продольного 14 и поперечного 15 перемещений выбирают направление движения стола (указано стрелками), а тумблером 13 — направление движения ползуна. Величины подач задают пере-

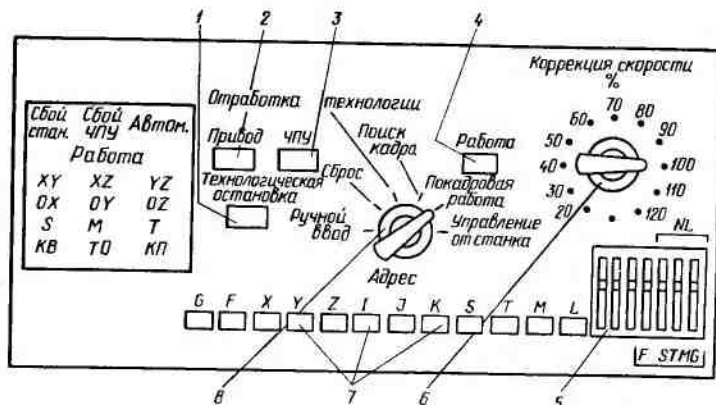


Рис. 17.46. Пульт управления УЧПУ мод. N33-1M

ключателем 11 режима перемещения инструмента. Кнопкой 17 можно осуществить перемещение узлов по одной из координат за один импульс, кнопкой 16 — ускоренное перемещение узлов. Движение с любой подачей по любой из координатных осей возможно только при включенном тумблере 12 «Стоп—пуск подачи». На пульте станка имеется кнопка 3 «Аварийный стоп», с помощью которой включают все системы станка.

Основные режимы работы станка задают переключателем 8 на пульте УЧПУ (рис. 17.46), имеющем следующие положения: «Ручной ввод» (ручной ввод информации в объеме одного кадра); «Сброс» (режим начальной установки УЧПУ); «Отработка технологии» (функционирование УЧПУ, при котором отработка УП происходит с автоматической сменой кадров); «Поиск кадра» (автоматический поиск кадра УП определенного номера); «Покадровая работа» (функционирование УЧПУ, при котором отработка кадра УП происходит только после воздействия оператора); «Управление от станка» (функционирование УЧПУ, при котором оператор управляет станком с пульта без использования числовых данных).

Включение и выключение УЧПУ производится с помощью



Рис. 17.47. Пульт контроля устройства управления шаговыми приводами

кнопок «Сеть», расположенных на пульте контроля устройства управления шаговыми приводами (рис. 17.47). При этом должна загореться контрольная лампочка. Начальная установка УЧПУ производится автоматически при включении питания системы; переключатель режимов на пульте оператора ставят в требуемое положение. Во всех остальных случаях установка логических схем в исходное состояние производится в режиме «Сброс». Для этого переключатель 8 (см. рис. 17.46) ставят в соответствующее положение. Производят общий сброс логических устройств кнопкой 3 «УЧПУ», а также сброс логических цепей только в стойке устройства управления шаговыми приводами кнопкой 2 «Привод». После этого возможна работа в других режимах.

В режиме «Управление от станка» перемещение подвижных исполнительных органов происходит по командам от пульта станка. Информация может быть введена прямо с пульта УЧПУ. Для этого переключатель 8 (см. рис. 17.46) ставят в положение «Ручной ввод». На переключателях 7 «Адрес» нажимают кнопку требуемого адреса, а на декадном переключателе 5 набирают требуемую числовую информацию. После этого нажимают кнопку требуемого адреса и набирают требуемые числа на декадном переключателе. После набора всего кадра включают кнопку 4 «Работа», в результате чего производится отработка кадра на станке. Для ввода следующего кадра все действия надо повторить.

Для автоматического выполнения УП от перфоленты переключатель 8 (см. рис. 17.46) ставят в положение «Отработка технологии» и включают кнопку «Работа». При этом на пульте станка тумблер ручного автоматического режима работ должен находиться в верхнем положении. Для остановки УП следует нажать кнопку 1 «Технологическая остановка», а для продолжения дальнейшей работы — кнопку 4 «Работа». Чтобы осуществить отработку УП по одному кадру, переключатель 8 необходимо поставить в положение «Покадровая отработка» и нажать кнопку 4 «Работа». После окончания отработки одного кадра необходимо нажать кнопку 4 «Работа». Если в процессе отработки УП требуется найти какой-либо кадр, то переключатель 8 надо поставить в положение «Поиск кадра». Затем перфоленту устанавливают в фотосчитывающий механизм на начало кадра или между двумя любыми кадрами (если лента склеена в кольцо). На декадном переключателе 5 набирают номер требуемого кадра и после включения кнопки «Работа» фотосчитывающее устройство автоматически считывает перфоленту до заданного кадра с высвечиванием его на цифровых индикаторах. Для корректировки запрограммированной рабочей подачи на пульте УЧПУ имеется переключатель 6 (см. рис. 17.46).

Устройство управления шаговыми двигателями (рис. 17.47) служит для преобразования сигналов, поступающих из интерполяторов, в сигналы управления током фазовых обмоток шаговых двигателей и входит в состав УЧПУ. В режиме «Работа»

производится обработка УП непосредственно на станке, причем состояние фаз шаговых электродвигателей контролируется с помощью индикации (если фаза включена, лампочка горит). При перемещении исполнительного органа на один импульс загорается следующая лампочка и т. д. Выключение УЧПУ производится кнопкой «Выкл.» (рис. 17.47).

Техническая характеристика станка мод. 6Р13Ф3

Размеры рабочей поверхности стола (длина × ширина), мм	1600 × 400
Наибольшее перемещение стола, мм:	
продольное	1000
поперечное	400
Дискретность отсчета по осям координат, мм	0,01
Наибольший вертикальный ход шпиндельной бабки, мм	380
Частота вращения шпинделя (число ступеней 18), об/мин	40—2000
Подача, мм/мин	5—1200
Скорость быстрых перемещений, мм/мин	2400
Мощность главного привода, кВт	7,5
Габарит станка (длина × ширина × высота)	3015 × 4150 × 2580
Масса станка (с приставными устройствами), кг	5700

В пультах УЧПУ современных фрезерных станков предусматривается возможность ввода коррекции по осям X , Y , Z для компенсации изменений соответствующих параметров (длины, диаметра) инструмента при переточке, а также компенсации его упругих деформаций и износа. Необходимую величину коррекции набирают на переключателях корректоров, расположенных на пульте УЧПУ; в УЧПУ мод. НЗ3-1М имеется 18 корректоров.

На фрезерных станках с ЧПУ используют те же режущие инструменты, что и на станках с ручным управлением. Предпочтение отдают стандартному режущему инструменту, однако в некоторых случаях применяют специальный инструмент.

На фрезерных станках с ЧПУ, как правило, используют упрощенные по конструкции приспособления. Однако к ним предъявляют повышенные требования по точности и жесткости. Базирование плоских и корпусных деталей, имеющих обработанные базовые поверхности, осуществляют: по трем плоскостям (в координатный угол); плоскости и двум отверстиям; плоскости и отверстию. Для сокращения времени установки заготовок на столе станка или в приспособлении их базируют в «координатный угол» с помощью опор 1 и 2 (рис. 17.48, а). Эти опоры, базирующие заготовку на столе станка соответственно по направляющей и опорной базовым поверхностям, устанавливают и крепят в Т-образных пазах стола станка (рис. 17.48, б). Стол станка перемещают в крайнее поперечное положение, при котором индикатор 3 отсчетной системы дает нулевое показание по оси Y . Затем в шпиндель станка устанавливают контрольную оправку 4, измеряют расстояние от нее до установочной поверхности опоры 1. Это расстояние равно $y - d/2$, где d — диаметр оправки (рис. 17.48, в). Далее стол перемещают в крайнее

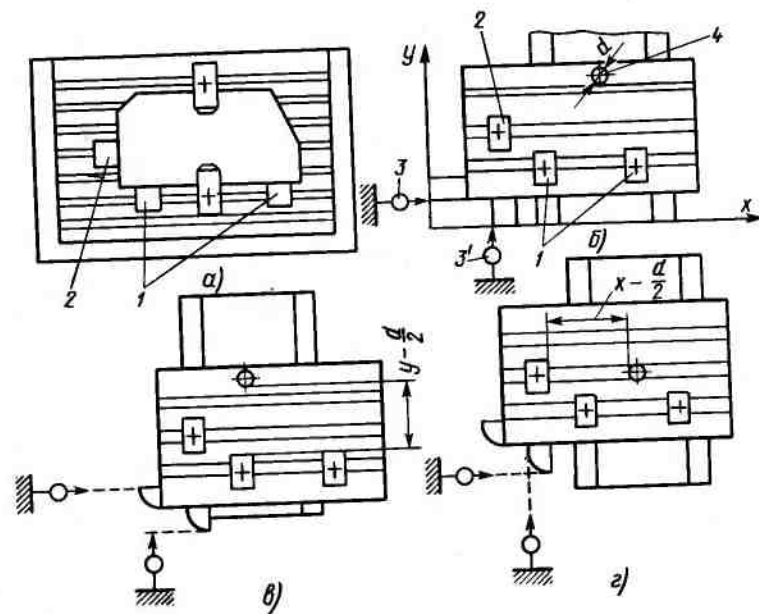


Рис. 17.48. Схема базирования заготовки на столе фрезерного станка с ЧПУ:

а — установка заготовки в «координатный угол», б — установка базирующих элементов, в — измерение расстояния от оправки до направляющей базы, z — измерение расстояния от оправки до опорной базы

продольное положение до нулевого показания индикатора 3' (по оси X) и изменяют расстояние от оправки до установочной поверхности опоры 2. Это расстояние равно $x - d/2$ (рис. 17.48, з). Измеренные расстояния по осям Y и X определяют нуль отсчета системы ЧПУ. Для закрепления заготовок на столах с ЧПУ применяют стандартные зажимные элементы: машинные тиски; поворотные столы (с гидравлическим или диафрагменным пневматическим приводом), обеспечивающие одноместное и многоместное закрепление заготовок.

Порядок обслуживания и настройки фрезерных станков с ЧПУ следующий. Перед пуском станка производят его внешний осмотр и проверяют состояние направляющих, правильность регулировки клиньев, состояние зажимов подвижных исполнительных органов. Проверяют, нет ли повреждений на пульте управления и других узлах. Проверяют систему смазывания станка. Включают насосы смазывания и по соответствующим указателям проверяют поступление масла к местам смазывания. Включают гидростанцию станка на 15—20 мин для прогрева масла. Проверяют соответствие перемещений исполнительных органов положениям органов управления на пульте в наладочных режимах. Проверяют правильность перемещений исполнительных органов от переключателей и кнопок ручного управления на всех

режимах. Проверяют лентопротяжный механизм пульта УЧПУ и устанавливают ленту с УП.

Проверяют работу станка в автоматическом режиме (первый рабочий ход должен быть вспомогательным, т. е. без обработки заготовки). Устанавливают заготовку в приспособление и режущий инструмент в шпиндель станка; при этом следует убедиться, что заготовка и приспособление не заденут выступающие части станка. Устанавливают требуемую частоту вращения шпинделя (категорически запрещается переключать частоту вращения шпинделя на ходу). Гильзу шпинделя в большинстве случаев зажимают одной рукояткой, дополнительный зажим гачным ключом используют при тяжелых режимах работы. Зажим стола используют только для его фиксации.

Затем выбирают направление вращения шпинделя. Нажимают кнопку «Общий пуск», кнопку «Шпиндель пуск», а затем кнопку «Воспроизведение». После нажатия на кнопку «Общий стоп» (для повторного запуска) нужно нажать на кнопку «Подать напряжение» на пульте станка.

При переходе на различные режимы работы необходимо следить за правильной установкой переключателя режимов работы. В случае обработки зеркального отображения детали по одной и той же УП нужно переключить переключатель «Матрица—пуансон» на пульте в противоположное направление. Необходимо помнить, что при работе станка задается масштаб перемещения и поэтому величина радиуса фрезы, устанавливаемая на пульте, также дается в масштабе.

17.23. СВЕРЛИЛЬНЫЕ СТАНКИ С ЧПУ

Они подразделяются на вертикально-сверлильные (для обработки отверстий диаметром 12—50 мм) и радиально-сверлильные (для обработки крупных заготовок). Они обладают высокими жесткостью и точностью; точность позиционирования исполнительных органов $\pm (0,025—0,05)$ мм; число управляемых координат 3, в том числе одновременно управляемых 2; дискретность задания перемещений 0,01 мм. Крестовые столы сверлильных станков с ЧПУ устанавливают на опоры качения; перемещение салазок и стола осуществляется с помощью передачи винт—гайка качения; для привода столов используют электродвигатели постоянного тока или шаговые с гидроусилителями крутящих моментов. Главный привод состоит из одно- или двухскоростного асинхронного электродвигателя и коробки скоростей. Станки оснащаются поворотным столом и резьбонарезными патронами.

Сверлильный станок мод. 2Р135Ф2 с ЧПУ (наибольший условный диаметр сверления 35 мм) имеет крестовый стол 1 (рис. 17.49) с телескопической защитой направляющих. По вертикальным направляющим станины перемещается шпиндельная бабка 3, на которой смонтирована шестишпиндельная револьверная головка 4, позволяющая осуществлять автоматическую

смену инструмента по УП. Для ускорения ручной замены инструмента в револьверной головке предусмотрено специальное выпрессовочное устройство. На станке имеются пульты 2 и 5 управления. Для управления перемещениями стола (координаты X и Y) от УП, записанной на перфоленту, станки оборудуются различными УЧПУ (наиболее распространенными являются УЧПУ мод. «Координата С-70»). По координате Z подача осуществляется в режиме циклового управления. Для координатных перемещений стола может быть также использован ручной ввод данных на УЧПУ. Цифровая индикация позволяет вести визуальное наблюдение за положением стола, а также контролировать правильность записи на перфоленте.

Причины, вызывающие поломки, следующие: несоответствие геометрии сверла заданной; неправильная установка сверла в патроне; врезание сверла в заготовку на ускоренной подаче (смещена точка начала рабочей подачи); завышение скорости резания; завышение рабочей подачи; несоответствие осей центрального отверстия и спирального сверла; погрешности размера и формы центрального отверстия; сверление без предварительного центрирования отверстия; пересечение сверла с другими поверхностями детали при его выходе из отверстия.

Во избежание поломки сверл большого диаметра нужно проверить УП с целью устранить: возможные перемещения сверла, непараллельные его оси, до его выхода из отверстия; врезание сверла на ускоренном ходу; самопроизвольные повороты и перемещения исполнительных органов станка под действием сил резания. Для метчиков проверяют работоспособность патрона,

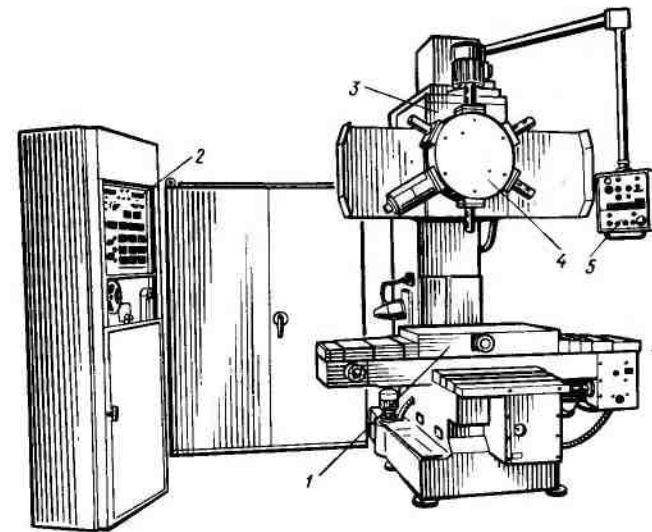


Рис. 17.49. Сверлильный станок мод. 2Р135Ф2

а также согласование частоты его вращения и рабочей подачи. В целях получения заданной точности размера и относительного положения отверстия при сверлении необходимо: применять сверла, соответствующие по своим параметрам требованиям чертежа и стандарта; исключить несовпадение осей сверла и центрового отверстия; использовать сверла наименьшей допустимой длины; правильно назначать подачу врезания и рабочую подачу.

Если это не обеспечивает указанную точность, то нужно изменить схему обработки (например, вместо одного сверла применить последовательно два сверла разного диаметра). При обработке отверстий возможно скалывание металла. Чтобы исключить это, заменяют обработку одним инструментом (сверлом) обработкой двумя инструментами (два сверла или сверло и зенкер). Погрешности размера и формы отверстия после зенкерования обусловлены несовпадением осей подготовленного отверстия и инструмента или биением режущих кромок инструмента. Эти причины необходимо устранить. То же можно отнести к обработке развертыванием. Стабильность размеров и шероховатость обработанных отверстий обеспечиваются применением острозаточенных инструментов и СОЖ.

17.24. ШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ С ЧПУ

В настоящее время выпускаются круглошлифовальные, плоскошлифовальные, внутришлифовальные и заточные станки с ЧПУ. Созданы также многоцелевые шлифовальные станки и гибкие производственные модули на их основе. Например, плоскошлифовальный станок мод. ЗЛ 722ВФ2 с прямоугольным столом и горизонтальным шпинделем, оснащенный трехкоординатным УЧПУ, обеспечивает обработку плоских и профильных многоступенчатых поверхностей. УЧПУ управляет поперечными перемещениями шлифовальной бабки и вертикальными перемещениями бабки и механизма правки, осуществляемой от электроприводов постоянного тока. УЧПУ мод. 2Р22-К1 (на базе микроЭВМ «Электроника-60») обеспечивает: автоматический вызов цикла правки при затуплении круга; профильную правку круга; адаптивное управление режимом шлифования; выдачу управляющих команд для поддержания заданной скорости резания при износе круга. Плоскошлифовальные станки моделей ЗЕ711БФ1, ЗП725Ф2 с прямоугольным столом и горизонтальным шпинделем оснащены однокоординатным УЧПУ, осуществляющим управление вертикальными перемещениями шлифовальной бабки и правкой круга (мод. ЗП725Ф2). На станке мод. ЗП725Ф2 реализуется следующий цикл обработки: ускоренный подвод круга; форсированный подвод круга; черновая обработка; первое выхаживание; первая правка (с компенсацией износа круга); чистовая обработка; второе выхаживание; доводочная обработка; третье выхаживание.

При наружном шлифовании гладких и прерывистых валов с

несколькими ступенями используют круглошлифовальный автомат мод. ЗМ151Ф2, оснащенный широкодиапазонным прибором активного контроля и позиционной системой программного управления.

17.25. МНОГОЦЕЛЕВЫЕ СТАНКИ (МС)

Это станки, оснащенные УЧПУ и устройством автоматической смены инструментов и предназначенные для комплексной обработки за одну установку корпусных деталей и деталей типа тел вращения. МС выпускают: с одним шпинделем и многопозиционным инструментальным магазином (вместимостью 12—120 инструментов), при этом инструмент заменяется в шпинделе автоматически (по программе) за 5—6 с; с револьверной инструментальной головкой (число инструментов 5—8), при этом смена инструмента (за 2—3 с) осуществляется поворотом револьверной головки; с револьверной головкой и инструментальным магазином, что позволяет в процессе резания заменять инструменты в неработающих шпинделях револьверной головки. В современных МС используют сменные инструментальные магазины с заранее настроенными на размер инструментами, что сокращает время на переналадку станка.

На МС можно осуществить сверление, рассверливание, зенкерование, нарезание резьбы, растачивание, фрезерование и другие виды обработки. С помощью МС производят, как правило, окончательную обработку деталей. Точность ряда МС соответствует точности координатно-расточных станков: точность отверстий после растачивания соответствует 6—7-му качеству; шероховатость обработанной поверхности $Ra = 1 \div 2$ мкм. На МС можно в автоматическом режиме обрабатывать сложные корпусные детали за одну установку со всех сторон (кроме базовой поверхности, используемой для закрепления заготовки). Для этого МС оснащают столом, имеющим возможность поворота в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Существуют конструкции МС, у которых ось шпинделя устанавливается по программе горизонтально, вертикально или под любым углом к плоскости стола станка. МС могут оснащаться приспособлениями-спутниками (ПС) для установки и закрепления заготовок, а также устройствами смены ПС. Выпускают МС вертикальной и горизонтальной компоновки. МС вертикальной компоновки предназначены для обработки заготовок с одной стороны, а при наличии многопозиционных и поворотных приспособлений — с нескольких сторон. Горизонтальные МС предназначены для обработки заготовок с двух — четырех, а иногда с пяти сторон. В последнем случае шпиндельные головки имеют поворот вокруг вертикальной и горизонтальной осей. Наиболее распространены компоновки горизонтальных МС с крестовым поворотным столом и шпиндельной бабкой, имеющей вертикальное перемещение.

Токарно-сверлильные и токарно-сверлильно-фрезерные МС предназначены для комплексной обработки (точения, фрезерования, сверления, рассверливания, растачивания и т. д.) деталей типа тел вращения.

При проектировании МС широко применяют принцип агрегатирования. МС выпускают классов точности П и В. МС оснащаются системами ЧПУ, которые имеют следующие особенности: большой объем УП; большое число управляемых координат (до 7—8); возможность обеспечить высокую точность позиционирования исполнительных органов станка (0,005—0,01 мм); широкий диапазон регулирования частоты вращения шпинделя и скорости подач; высокая надежность при эксплуатации; возможность работы как в автоматическом режиме, так и при управлении от ЭВМ верхнего уровня. МС оснащают позиционными, контурными и позиционно-контурными УЧПУ типа CNC.

Приводы главного движения МС обеспечивают регулирование частоты вращения шпинделя в широком диапазоне при максимальной частоте вращения 3000—4000 об/мин. В этих приводах чаще всего используют двигатели постоянного тока с тиристорным управлением. Для малых и средних МС применяют приводы с асинхронными электродвигателями и коробками скоростей. Реже используют малогабаритные гидродвигатели. Шпиндельные узлы МС сложны по конструкции. Во внутреннем отверстии шпинделя расположены зажимные устройства, предназначенные для автоматического зажима и освобождения инструментальных оправок. Зажим оправок (с помощью цанговых, байонетных устройств или устройств с радиально-движущимися элементами) чаще всего осуществляется пакетом тарельчатых пружин, освобождение — от гидроцилиндра. У большинства МС для повышения жесткости шпинделя исключено его осевое перемещение.

Привод подач МС чаще всего состоит из высокомоментного электродвигателя постоянного тока с бесступенчатым регулированием. Электродвигатель через редуктор соединяется с парой винт — гайка качения. В крупных станках вместо редуктора используют двухступенчатые коробки скоростей с электромагнитными муфтами. Применяют и гидроприводы подач.

Устройства автоматической смены инструмента (УАСИ) обеспечивают стабильное точное, жесткое и надежное положение инструмента и минимальное время его смены. По конструктивному и компоновочному исполнению УАСИ бывают трех видов: 1) с заменой всего шпиндельного устройства (револьверные шпиндельные головки, магазины шпиндельных гильз); 2) со сменой инструмента в одном шпинделе (инструментальные магазины); 3) комбинированные (магазины в сочетании с револьверной головкой; автоматическая и ручная смена).

Наиболее распространены УАСИ со сменой инструмента в одном шпинделе, которое состоит из инструментального магазина, автооператора для переноса инструментов (из магазина в шпиндель и обратно) и транспортного устройства, передаю-

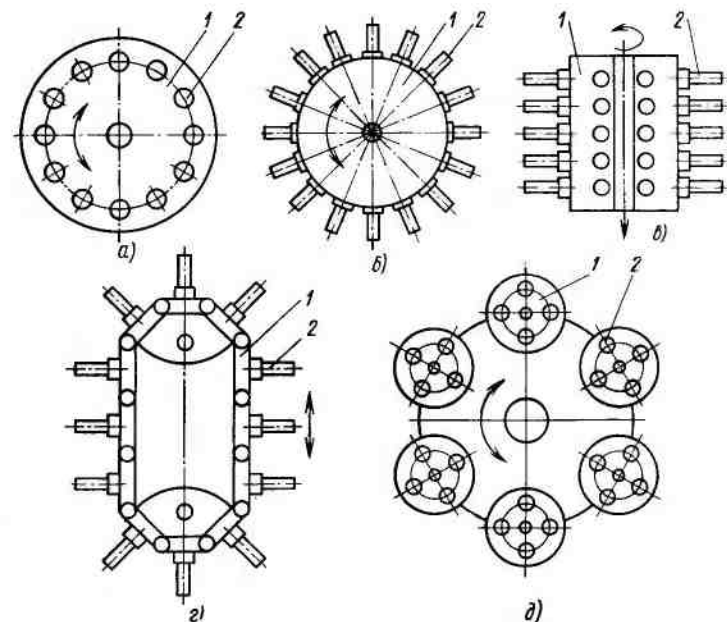


Рис. 17.50. Инструментальные магазины:
а, б — дисковый, в — барабанный, з — цепной, д — планетарный; 1 — магазин, 2 — инструмент

щего инструмент из магазина к автооператору. Магазины могут располагаться на шпиндельной бабке, на колонне и за пределами станка на отдельной стойке. Наиболее часто магазины расположены на колонне станка, шпиндельной бабке или вне станка. Инструментальные магазины выполняют дисковыми (рис. 17.50, а, б), барабанными (рис. 17.50, в), цепными (рис. 17.50, з), планетарными (рис. 17.50, д). Инструмент в магазинах может располагаться параллельно или наклонно к оси вращения магазина, а также в радиальном направлении. Иногда МС оснащают сменными инструментальными магазинами, устройствами для кассетной замены инструментов в магазине и дополнительными стеллажами с инструментом, расположенным вне станка; при этом смена инструментов осуществляется порталным роботом.

Когда обработка деталей требует небольшого числа инструментов и каждый из них используется только один раз, то инструментодержатели в магазине или револьверной головке располагаются в последовательности выполнения обработки. При каждой смене инструмента магазин перемещается на один шаг. В остальных случаях применяют кодирование инструмента или кодирование гнезда магазина.

Автооператоры УАСИ бывают однозахватные и двухзахватные. Однозахватный автооператор берет инструмент, вытаскива-

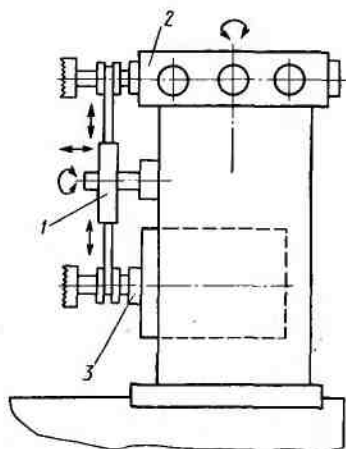


Рис. 17.51. Схема работы двухзахватного автооператора

ет его из шпинделя, поворачивает и вставляет в свободную ячейку инструментального магазина. Последний, вращаясь, подводит следующий инструмент в зону захвата. Затем автооператор совершает действия в обратной последовательности. Использование двухзахватного автооператора 1 (рис. 17.51) позволяет значительно уменьшить время смены инструмента, так как инструменты одновременно захватываются в магазине 2 и в шпинделе 3.

Технические возможности МС значительно расширяются путем применения сменных шпиндельных головок. Специальные МС (выполненные в основном на базе агрегатных станков), оснащенные такими головками, используют в крупносерийном производ-

стве; при этом увеличивается производительность обработки при сохранении заданной номенклатуры обрабатываемых деталей. Многошпиндельные головки 2 (рис. 17.52, а) устанавливают в магазинном устройстве или на поворотном столе 1 (рис. 17.52, б); заготовки 3 обрабатываются поочередно. Указанные МС оснащают устройствами автоматической смены шпиндельных головок.

Для сокращения времени загрузки заготовок и съема готовых деталей в МС применяют: устройства для автоматической смены ПС; маятниковые столы; несколько поворотных столов, работающих одновременно, и др. На рис. 17.53, а показан МС, оснащенный двойными поворотными столами 1 и 2. Загрузку и разгрузку стола

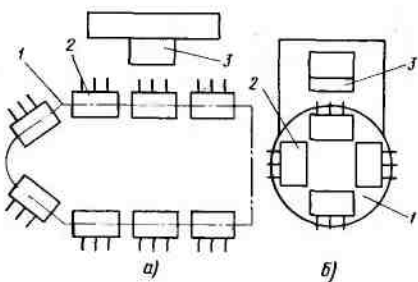


Рис. 17.52. Схема многоцелевых станков с автоматической сменой многошпиндельных головок

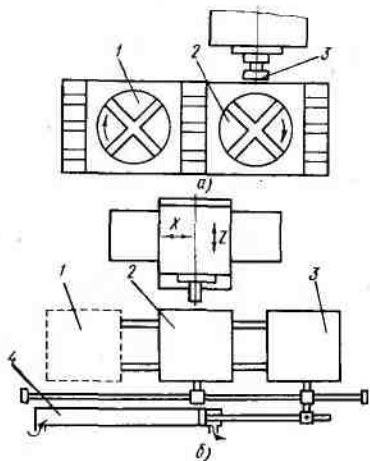


Рис. 17.53. Схема смены обрабатываемых заготовок

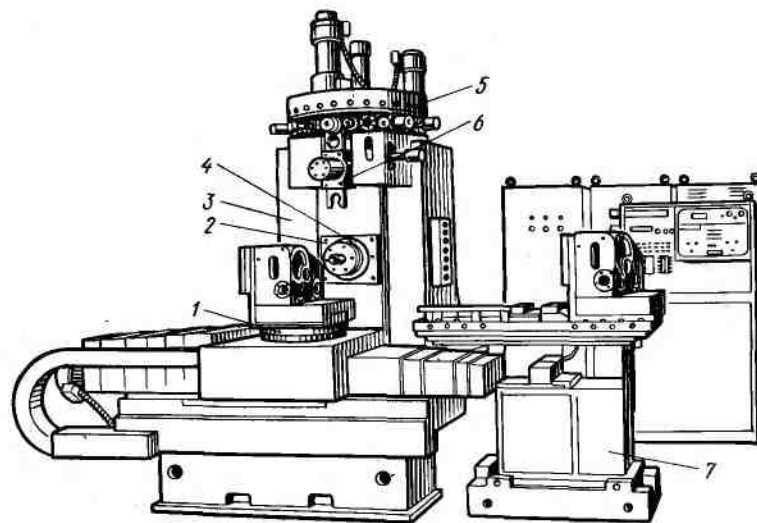


Рис. 17.54. Многоцелевой станок мод. ИР500МФ4

1 осуществляют во время обработки (инструментом 3) заготовки на столе 2. Иногда один из столов оснащают механизмом периодического поворота, обеспечивающим последовательную обработку деталей с нескольких сторон; при этом второй стол может поворачиваться непрерывно для обработки цилиндрических и сложных криволинейных поверхностей. Схема смены заготовок, размещенных на ПС, показана на рис. 17.53, б. В то время, когда ПС с закрепленной на нем заготовкой расположен на рабочей позиции 2, второй ПС загружается новой заготовкой на позицию 1. После окончания обработки ПС с позиции 2 автоматически перемещается гидродомкратом 4 в позицию 3 разгрузки, а на позицию 2 поступает ПС с позиции 1. Затем «маятниковое» движение ПС повторяется.

В целях уменьшения влияния тепловых деформаций на точность обработки МС оснащают системами стабилизации температуры смазочного материала (масла).

Сверлильно-фрезерно-расточный МС мод. ИР500МФ4 (рис. 17.54) класса точности Н предназначен для обработки корпусных деталей, установленных на поворотном столе. На станке производятся сверление, зенкерование, развертывание, фрезерование, нарезание резьбы метчиками.

Узлы станка смонтированы на общей жесткой станине. Бесконсольная шпиндельная бабка 2 (рис. 17.54) расположена внутри порталной стойки 3. Поворотный стол 1 перемещается по отдельной станине. В приводах подачи шпиндельной бабки 2, стойки и стола применены прецизионные шариковые винтовые пары с предварительным натягом. Опорами шариковых винтов служат прецизионные комбинированные роликотые и радиально-

упорные подшипники. Перемещения всех исполнительных органов станка осуществляются от высокомоментных электродвигателей с постоянными магнитами.

Горизонтальный шпиндель 4 станка смонтирован в отдельном корпусе на двух прецизионных подшипниках (один — с цилиндрическими роликами, другой — упорно-радиальный). Зажим инструмента в шпинделе гидромеханический. Привод шпинделя осуществляется от электродвигателя постоянного тока через двухступенчатую коробку скоростей. Автоматическая индексация шпинделя (с управлением от УЧПУ) позволяет отводить резец от рабочей поверхности в точно определенную позицию.

Встроенный поворотный делительный стол позиционируется в автоматическом режиме. Для установки и крепления детали на поверхности стола предусмотрена координатная сетка резьбовых отверстий. Отдельно стоящее гидромеханическое поворотное (на угол 180°) устройство 7 автоматической смены ПС позволяет исключать из технического цикла время на установку и снятие детали. Устройство автоматической смены инструмента, расположенное вне рабочей зоны, состоит из инструментального магазина 5 барабанного типа (с кодированными гнездами) и автооператора 6. Выбор инструмента возможен в любой последовательности. Питание гидравлических устройств станка осуществляется аксиально-поршневым насосом переменной производительности с автоматическим регулированием расхода масла. СОЖ подается в зону резания с помощью насосной установки, управляемой от УЧПУ.

Станок оснащен трехкоординатным контурно-позиционным УЧПУ с линейкой и круговой интерполяцией (число одновременно управляемых координат 2). УП может вводиться в УЧПУ на перфоленте или вручную (с помощью буквенно-цифровой клавиатуры на пульте), а также с помощью программного накопителя, телетайпа или от центральной ЭВМ. Дискретность задания размеров 0,002 мм.

Техническая характеристика МС мод. ИР500МФ4

Наибольшая масса обрабатываемого изделия, кг	700
Размеры рабочей поверхности стола (длина × ширина), мм	500 × 500
Число индексруемых позиций стола	72
Частота вращения шпинделя (число ступеней 89), об/мин	21,2—3000
Наибольший крутящий момент на шпинделе, Н·м	700
Мощность главного привода, кВт	14
Наибольшие перемещения, мм:	
поперечное стола (ось X)	800
вертикальное шпиндельной бабки (ось Y)	500
продольное стойки (ось Z)	500
Точность позиционирования по осям X, Y, Z, мм	0,025
Подача стола, шпиндельной бабки, стойки, мм/мин	1—2000
Наибольшее усилие подачи, кН	10
Скорость быстрых перемещений, м/мин	10
Число инструментов в магазине	30
Наибольший диаметр инструмента, м	

при загрузке магазина без пропуска гнезд	110
то же, при пропуске одного гнезда	125
Наибольший вылет инструмента от торца шпинделя, мм	300
Наибольшая масса оправки с инструментом, кг	15
Время смены инструмента, с	6
Габарит станка (длина × ширина × высота), мм	6000 × 3700 × 3100
Масса станка (без электрошкафов, УЧПУ, гидростанции и принадлежностей), кг	12 500

Высокая стоимость МС требует максимальной концентрации обработки на станке при минимальном числе операций и перестановок заготовок. Если возможно полностью обработать заготовку за одну операцию при одной ее установке, то базовыми могут быть необработанные (черновые) поверхности. Если базовые поверхности должны быть обработанными, то эту операцию осуществляют на обычных станках. Обработку на МС сложных заготовок выполняют следующим образом: сначала обрабатывают базовые поверхности и те поверхности, которые можно обработать при этом же закреплении заготовки, а затем — остальные поверхности. Точность обработки на МС обеспечивается точностью инструментов, станка и точностью исполнения команд УЧПУ.

Отверстия, расположенные на одной оси в нескольких параллельных стенках, растачивают с двух сторон, для чего стол с заготовкой поворачивают на угол 180°. Перед обработкой обычными сверлами отверстия центрируют короткими центровыми сверлами. Предварительную обработку литых отверстий среднего диаметра производят расточным инструментом, а аналогичную обработку литых отверстий большого диаметра — концевыми фрезами (по контуру отверстия). Черновое растачивание и фрезерование по контуру, не обеспечивая высокой точности диаметра и формы отверстия, позволяют в то же время получить точное расположение отверстия. После такой обработки можно выполнять зенкерование, а затем развертывание. Черновая обработка литых отверстий с помощью зенкера (без фрезерования) неадекватна, потому что при этом неизбежен увод оси отверстия.

В каждой плоскости корпусной детали может быть расположено несколько групп одинаковых отверстий; группы одинаковых отверстий могут быть также в разных стенках детали. Обработка этих отверстий возможна по различным схемам, отличающимся последовательностью работы инструментов и трудоемкостью операций. Фрезерование плоскостей следует производить в самом начале обработки сложной корпусной детали. Черновое фрезерование детали целесообразно осуществлять торцевой фрезой малого диаметра путем последовательных ходов фрезы вдоль обрабатываемой плоскости в целях уменьшения сил резания и вибрации стола и как следствие повышения точности обработки.

Использование фрез большого диаметра на МС нежелательно, поскольку такие фрезы перекрывают соседние ячейки инструментального магазина, т. е. уменьшают его вместимость. Кроме того, возникают трудности при смене инструмента больших разме-

ров с помощью автооператора. Фрезерование несплошных плоскостей целесообразно выполнять обходом по контуру малого диаметра. Работа оператора на МС сложнее, чем на расточных и фрезерных станках с ЧПУ, что обусловлено более сложной конструкцией МС, оснащенных УАСИ. Поэтому желательно, чтобы оператор, работающий на МС, имел опыт работы на других станках с ЧПУ.

Наладка и настройка МС включает в себя: подготовку установочно-зажимных приспособлений; подготовку набора режущего и вспомогательного инструмента и настройку его на размер; установку заготовок; ввод УП; обработку заготовки.

17.26. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ

Комплексная автоматизация механической обработки резко повышает производительность труда, снижает себестоимость продукции при одновременном повышении ее качества, высвобождает значительное число рабочих, улучшает условия труда. В настоящее время машиностроение примерно на три четверти имеет среднесерийный, мелкосерийный и единичный характер производства. Автоматизация этих типов производства методами и средствами, используемыми в массовом производстве, малоэффективна. В целях комплексной автоматизации средне- и мелкосерийного, а также единичного производства используют принципиально новые методы и средства (групповая технология; станки с ЧПУ; промышленные роботы; автоматические транспортно-складские системы; автоматизированное проектирование), на основе которых создают гибкие производственные системы (ГПС) различной сложности.

ГПС — это несколько единиц технологического оборудования, снабженного средствами и системами, обеспечивающими функционирование оборудования в автоматическом режиме; при этом ГПС должна обладать свойством автоматизированной переналадки при переходе на производство новых изделий в пределах заданной номенклатуры. По организационной структуре различают ГПС следующих уровней: 1) гибкий производственный модуль (ГПМ); 2) гибкая автоматизированная линия (ГАЛ), гибкий автоматизированный участок (ГАУ); 3) гибкий автоматизированный цех (ГАЦ); 4) гибкий автоматизированный завод (ГАЗ). По уровню автоматизации ГПС подразделяются на гибкий производственный комплекс (ГПК) и гибкое автоматизированное производство (ГАП).

Под ГПМ понимают единицу технологического оборудования, оснащенную системой ЧПУ или каким-либо другим устройством программного управления и функционирующую как самостоятельно, так и в составе ГПС; при этом все функции, связанные с изготовлением изделия, осуществляются автоматически.

В общем случае средства автоматизации ГПМ могут включать в себя накопители, ПС, устройства загрузки-выгрузки дета-

лей, устройство замены технологической оснастки, устройство удаления отходов (стружки, СОЖ и др.), устройство автоматизированного контроля (включая диагностирование), устройство переналадки и т. д. Частным случаем ГПМ является роботизированный технологический комплекс (РТК) при условии возможности его встраивания в систему более высокого уровня.

ГАЛ — это ГПС, состоящая из ГПМ, РТК или другого технологического оборудования, объединенного автоматизированной системой управления (АСУ).

ГАУ — это ГПС, состоящая из ГПМ, РТК или другого технологического оборудования, объединенных АСУ, в которой в отличие от ГАЛ предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования, что обеспечивает оптимальную загрузку последнего и позволяет изготавливать детали в комплекте, необходимом для сборки изделия.

ГАЛ и ГАУ могут содержать отдельно функционирующие единицы технологического оборудования.

ГАЦ — это ГПС, представляющая собой совокупность ГАЛ и (или) ГАУ, предназначенных для изготовления изделий заданной номенклатуры.

ГАЗ представляет собой ГПС, состоящую из ГАЦ и обеспечивающую выпуск готовых изделий в соответствии с планом основного производства. ГАП может содержать также отдельно функционирующие неавтоматизированные участки и цехи.

Контрольные вопросы

1. Что такое программное управление станками?
2. Какие типы систем программного управления вы знаете?
3. Что вы знаете о системах с цикловым программным управлением?
4. Что называется системой ЧПУ?
5. Что такое УП?
6. Какие бывают типы программносителей?
7. Что вы знаете о классификации ЧПУ?
8. Как классифицируются станки с ЧПУ?
9. Как составляет УП?
10. Назовите основные узлы и механизмы станков с ЧПУ.
11. Расскажите о конструкции станков с ЧПУ.
12. Что вы знаете о многоцелевых станках?

ГЛАВА 18

ЭКСПЛУАТАЦИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

18.1. СИСТЕМА ОБСЛУЖИВАНИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Она включает в себя транспортирование и монтаж станков, их настройку и наладку, контроль геометрической и технологической точности, уход и обслуживание в процессе эксплуатации.

Транспортирование станков необходимо осуществлять строго по инструкции, указанной в руководстве по эксплуатации. Перемещать станки по цеху можно лишь волоком на листе или на специальной тележке. Тяжелые станки для удобства ремонта располагают в зоне действия подъемно-транспортных средств.

Легкие и средние станки нормальной точности устанавливаются на общее бетонное полотно цеха, тщательно выверяют их положение уровнем и регулируют с помощью клиньев. Если станки транспортируют в частично разобранном состоянии, то после установки основания станка на фундамент их монтируют. При этом выполняют заземление, подводят электропитание и, если необходимо, соединяют коммуникации центральной подачи СОЖ, сети сжатого воздуха или жидкости, а также системы стружкоудаления. Наладку и настройку станков производят также в строгом соответствии с руководством по эксплуатации. *Наладка* — это совокупность операций, включающая в себя настройку кинематических цепей, установку и регулирование приспособлений, инструментов, а также другие работы, необходимые для обработки деталей.

Настройка — это регулирование параметров станка в связи с изменением режима работы в период эксплуатации. Со временем настройка станка частично нарушается и периодически требуется ее восстановление (подналадка).

18.3. ФУНКЦИИ СТАНОЧНИКА ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ СТАНКОВ

На универсальных станках настройку режимов резания производит станочник непосредственно перед или во время обработки, устанавливая рукоятками частоту вращения шпинделя, подачу и глубину резания. На специальных и специализированных станках режимы резания устанавливаются заранее (согласно карте наладки), путем установки сменных колес в цепях главного движения и подачи. Наладку завершают регулировкой инструментов на размер и пробными работами.

На большинстве станков при механической обработке на направляющих станины и суппортов образуется мелкая пылевидная стружка, которая оседает на оборудовании, поэтому после каждой смены предусматривается 10—15 мин на уборку. За это время рабочий-станочник обязан тщательно очистить оборудование от стружки и грязи. Направляющие необходимо тщательно протереть от охлаждающей жидкости и тщательно смазать тонким слоем масла. Смазывание оборудования в цехе производят по графику. Доставку масел, долив в резервуар, замену отработанных масел и периодическое смазывание производят по графику. Ежедневное смазывание оборудования и контроль за состоянием системы подачи СОЖ выполняет станочник.

При работе оборудования необходимо также периодически проверять качество обрабатываемых деталей. При ухудшении качества, которое контролируется станочником или специальными приборами, станочник должен произвести подналадку оборудования, отрегулировать механизмы станка.

18.4. УХОД ЗА СТАНКАМИ И ОСНАСТКОЙ

Уход и обслуживание включает в себя чистку и смазывание, осмотр и контроль состояния механизмов и деталей станков и

оснастки, уход за гидросистемой, системами смазывания и подачи СОЖ, регулировку и устранение мелких неисправностей. При эксплуатации автоматизированных станков применяют смешанную форму обслуживания: наладку станка производит наладчик, а подналадку — станочник. При этом в функции станочника входят: приемка заготовок и их установка; снятие готовых деталей; оперативное управление; периодический контроль деталей; смена или регулирование режущего инструмента; регулирование подачи СОЖ; контроль за удалением стружки и др.

Уход за гидросистемой оборудования предусматривает контроль температуры масла, которая не должна превышать $+50^{\circ}\text{C}$. Первую замену масла в гидросистеме, как правило, производят через 0,5—1 месяц работы, чтобы удалить продукты притирки механизмов. В дальнейшем замену масла производят через 4—6 месяцев. Необходимо систематически контролировать и поддерживать уровень масла, следить за состоянием трубопроводов (во избежание утечек и попадания воздуха в гидросистему), регулярно чистить фильтры.

Уход за электрооборудованием включает в себя ежемесячную очистку аппаратов от грязи и пыли, подтягивание винтовых соединений, контроль плавности перемещений и надежности возврата подвижных частей электроаппаратов в исходное положение. Периодически смазывают приводы аппаратов тонким слоем смазочного материала, не допуская попадания его на контакты. Раз в полгода меняют полярность рабочих контактов у кнопок и выключателей, работающих в цепях постоянного тока, проверяют состояние контактов. При появлении пригара или капель металла на поверхности контактов их слегка зачищают бархатным надфилем.

Особенности эксплуатации станков обязательно указывают в инструкциях. Соблюдение инструкций обеспечит длительную, бесперебойную работу оборудования.

18.4. СВЕДЕНИЯ ОБ ИСПЫТАНИИ СТАНКОВ

Металлорежущие станки подвергаются приемным испытаниям, которые состоят из следующих этапов: испытания на холостом ходу и проверка паспортных данных; испытания под нагрузкой и в работе; испытания на точность; испытания на жесткость и виброустойчивость.

Испытания на холостом ходу и проверку паспортных данных начинают включением минимальной скорости главного движения. Затем устанавливают другие ступени скорости, включают подачу и ускоренный ход. При оговоренной техническими условиями частоте вращения шпинделя станок должен непрерывно работать не менее 1,5—2 ч, причем установившаяся избыточная температура нагрева шпиндельных опор не должна превышать $+50^{\circ}\text{C}$ для станков класса Н. Проверяют фиксацию рукояток и усилия их переключения, безотказность блокировок, действия системы смазывания, охлаждения, гидро- и электрооборудования, уровень

шума, наибольшую мощность холостого хода главного привода. Определяют основные параметры и размеры станка.

При испытаниях под нагрузкой и в работе проверяют наибольшие силы резания (с кратковременной перегрузкой на 25%), наибольшие мощность и крутящий момент, убеждаются в безотказности действия под нагрузкой всех механизмов и систем, предохранительных устройств и тормозов. При рекомендуемых режимах в станке не должно быть вибраций, которые могут приводить к выкрашиванию режущей кромки инструмента или к образованию дробленой поверхности обработки.

Точность оборудования нормируется соответствующими ГОСТами, построенными на предположении, что геометрические погрешности данного станка являются систематическими и полностью переносятся на обрабатываемую деталь. Это позволяет не проводить анализ результирующей погрешности на деталях в целях выявления только геометрических погрешностей станка, что очень трудно, а заменить проверку детали соответствующей геометрической проверкой станка. Путем сбора на большом числе станков статистического материала о их геометрических погрешностях были составлены действующие ГОСТы на нормы точности. В них для каждого типа станков приведено определенное число инструментальных проверок геометрической точности, проводимых обычно в статическом состоянии и при перемещениях отдельных частей станка, осуществляемых вручную или на самых малых скоростях.

При проведении испытаний большое значение имеют условия, при которых производят измерения. Проверку необходимо проводить при температуре $+20^{\circ}\text{C}$; колебания температуры не должны превышать $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ для станков класса С, $\pm 1^{\circ}\text{C}$ для станков классов А и В и $\pm 2^{\circ}\text{C}$ для менее точных станков. Станок на точность проверяют после его обкатки. Объем испытания

определяется соответствующими нормами точности, предусмотренными ГОСТом. Типовыми обычно являются проверка точности геометрических форм базисующих поверхностей (прямолинейность, плоскостность, овальность, конусность и т. п.), взаимного расположения этих поверхностей (параллельность, перпендикулярность, соосность), формы траектории движения исполнительных звеньев станка, взаимосвязанных движений (кинематическая точность), координатных перемещений (линейных и угловых). Все проверки осуществляют без внешней нагрузки. В ГОСТ 22267—76 приведены схемы и способы измерения геометрической точности.

При испытании, например, координатно-расточного станка проверку осуществ-

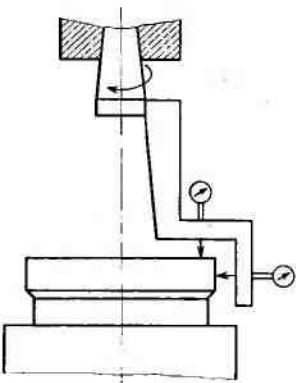


Рис. 18.1. Определение линейных и угловых перемещений шпинделя

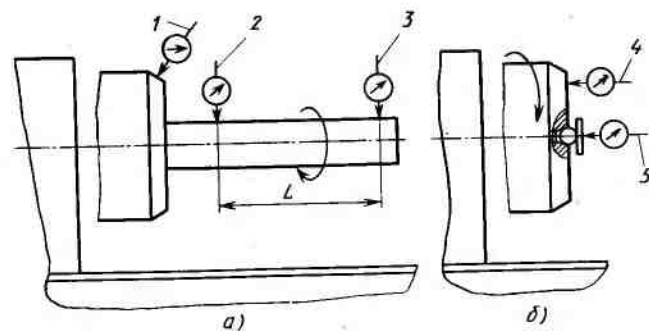


Рис. 18.2. Схема проверки радиального (а) и осевого (б) биения шпинделя:

1 — центрирующей шейки под патрон, 2 — конического отверстия, проверяемого у торца, 3 — то же, на длине (L), 4 — опорного буртика, 5 — оси шпинделя

ляют следующим образом. На столе станка перпендикулярно оси шпинделя устанавливают контрольный диск с точными цилиндрической и торцевой поверхностями. На оправку, укрепленную в шпинделе станка, надевают быстросменную державку с двумя микронными индикаторами (рис. 18.1). При ручном повороте шпинделя первый индикатор измеряет отклонение от перпендикулярности оси шпинделя к плоскости диска (стола) на диаметре, второй — отклонение от соосности осей шпинделя и стола.

При проверке токарных станков определяют точность вращения шпинделя (радиальное и осевое биение) (рис. 18.2). У зубо- и резьбообрабатывающих станков проверяют кинематическую точность. Для этого кинематометром контролируют согласованность движений (постоянство отношений скоростей) конечных звеньев винторезной или другой цепи. Предусмотрена комплексная проверка станка на точность обработки. На рис. 18.3 приведена схема кинематической проверки цепи обката зубофрезерного станка кинематометром КН-7У. Прибор имеет фотодатчик 1, закрепляемый на столе станка, магнитоэлектрический датчик, установленный на шпинделе фрезы, электронный делитель 3 для настройки прибора на передаточные отношения, фазометр 4 и самописец 5. Датчики 1 и 2 преобразуют углы поворота фрезы и стола в электрические импульсы. После делителя частота импульсов датчиков совпадает.

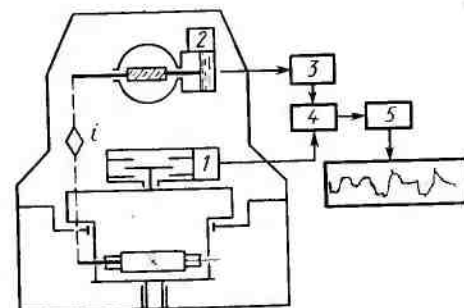


Рис. 18.3. Схема проверки кинематической точности цепи

Если контролируемость цепи идеальна, то сигналы с обоих датчиков на входе фазометра совпадают и по фазе. Погрешность кинематической цепи вызывает появление фазового сдвига, регистрируемого на диаграмме самописца.

В качестве инструментов при проверке станков на точность используют уровни, лекальные линейки, контрольные оправки, щупы, индикаторы, миниметры и оптические приборы (например, коллиматоры).

Нормы жесткости для каждого типа станка предусматривают определенную схему, согласно которой с помощью специального динамометрического устройства создается нагрузка между держателем инструмента и деталью приспособления, заменяющей заготовку. В определенных точках определяют смещения узлов под действием нагрузки. Регламентированы направление и максимальное значение нагружающей силы P , а также предельные значения деформаций y . Жесткость, $H/\text{мм}$, $j = P/y$.

Наиболее простой метод испытания станка на виброустойчивость — определение предельной стружки, т. е. наибольшей ширины (глубины) среза, при которой обработка происходит без заметных вибраций. Момент интенсивного роста вибраций определяют по характерному звуку, виду стружки, появлению видимой волнистости на обработанной поверхности. Испытание проводят, меняя скорость главного движения резания, подачу, способ базирования обрабатываемой заготовки (в центрах, в патроне и т. п.).

18.3 ТРЕБОВАНИЯ К УСТАНОВКЕ СТАНКОВ НА ФУНДАМЕНТ

Правильность установки и закрепления станков влияет на их точность, долговечность и производительность. Жесткий фундамент, рациональная конструкция, целесообразная расстановка и тщательная регулировка станочных опор уменьшают деформации недостаточно жестких станин, особенно при большой протяженности, при перемещении тяжелых узлов. Фундамент и опоры станка должны обладать виброизоляционными свойствами, чтобы на станок не передавались колебания извне, чтобы снизить уровень колебаний от внутренних возмущений.

Основные виды фундаментов показаны на рис. 18.4. На бетонный пол толщиной не менее 150 мм устанавливают станки массой до 10—15 т с достаточно жесткими станинами ($h/l < 8$, где l — длина станины; h — высота ее сечения). Бетонные ленты особенно удобны для установки станков, входящих в автоматическую линию.

Одиночный фундамент выполняют с размерами в плане, соответствующими габариту опорной поверхности станины. Высота фундамента для вертикально- и радиально-сверлильных, поперечно-строгальных и долбежных станков $H = 0,6 \div 1,4$ м. Для других станков $H = K\sqrt{L}$, где L — длина фундамента, м; $K = 0,3 \div 0,6$ (в зависимости от типа станка).

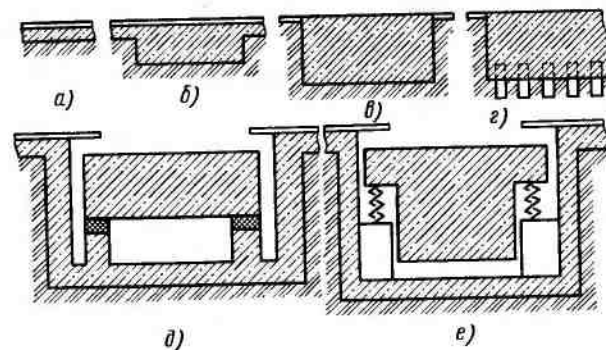


Рис. 18.4. Фундаменты под станки:

а — пол цеха (общая плита), б — ленточный (поперечное сечение плиты), в — обычный, г — свайный, д — на резиновых прокладках, е — на пружинах

Для многоцелевых станков и станков с ЧПУ величину H следует увеличивать на 20%. Для прецизионных станков высота фундаментального блока должна быть не менее 1 м, причем масса фундаментного блока в 2—3 раза и более должна превосходить массу станка. Среднее статическое давление фундамента на естественное основание должно соответствовать строительным нормам и правилам (СНиП 11-15—74).

Фундаменты изготавливают из бетона, бутобетона, железобетона (бетона, армированного стальной сеткой). Фундаменты на естественном основании обладают виброизоляционными свойствами, в особенности если боковые грани выполнены свободными (без засыпки).

При установке станка его положение регулируют с помощью подкладок, клиньев, опор и проверяют по уровню в продольном и поперечном направлениях. Точность установки регламентируется стандартом на соответствующие станки. Обычно допуск на горизонтальность составляет 0,01—0,02 мм на 1 м длины. После установки станки, как правило, закрепляют с помощью фундаментных (анкерных) болтов или посредством подливания цементного раствора под опорную поверхность станины. Конструкция опор должна обеспечивать удобство регулирования положения станка при его перемещении вверх или вниз, неизменность установки станка по горизонтали при регулировании в вертикальной плоскости, стопорение регулируемых элементов, самоустановку элементов опоры относительно станины, совпадение осей фундаментного болта и элемента, перемещающего станину.

Станину перемещают не только с помощью прокладок и клиньев, но также с помощью винта (рис. 18.5, а, б, в) или клинового механизма (рис. 18.5, г, д). Клиновая опора упрощенной конструкции (рис. 18.5, з) не соответствует перечисленным требованиям. Клиновая опора повышенной жесткости и сложности

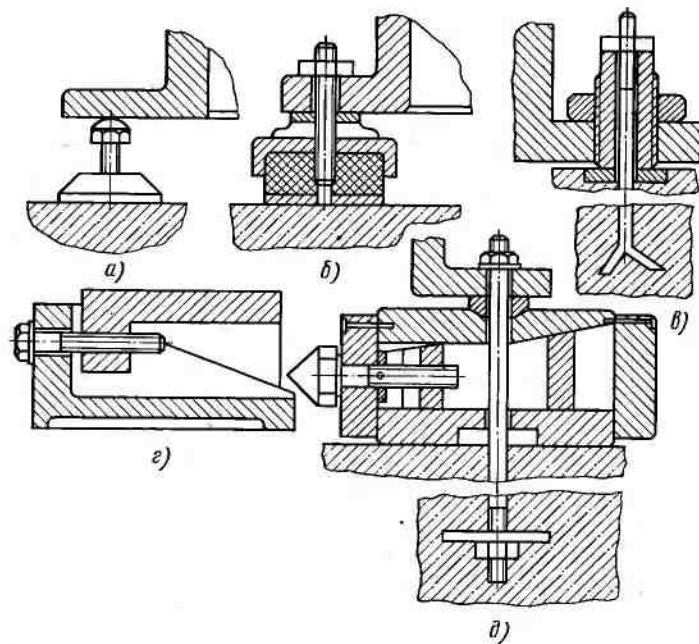


Рис. 18.5. Конструкция опор и фундаментных болтов

(рис. 18.5, д) удовлетворяет всем указанным требованиям благодаря: двухстороннему креплению винта в корпусной части; отсутствию соприкосновения между станиной и горизонтально движущимся клином; надежному самоторможению клинового соединения; наличию сферической шайбы, а также паза в середине опоры, через который можно пропустить фундаментный болт.

Винтовые домкраты (рис. 18.5, а) подводят под станины, не требующие крепления. Виброизолирующие опоры (рис. 18.5, б) прикреплены к станине, но свободно стоят на фундаменте. Винтовая пара (рис. 18.5, в) имеет высокую жесткость благодаря соосному расположению полого застопоренного регулировочного винта и фундаментного болта. Последний может быть съемным (но чаще он имеет отгибы и заливается раствором; рис. 18.5, в) или связанным с анкерной плитой (рис. 18.5, д).

Установка станков бывает жесткой (без упругих элементов) и упругой (с виброизолирующими опорами или фундаментами). Упругие опоры (рис. 18.5, б) допустимы для станков средних размеров с жесткими станинами ($h/l < 5$), не имеющих мощных внутренних источников возмущения. Такие опоры служат единственным средством виброизоляции станков, устанавливаемых на перекрытиях; они достаточно дешевы, их применение сокращает время установки станков.

Постепенное изнашивание металлорежущих станков в процессе эксплуатации проявляется в снижении точности станка, появлении повышенного шума, возникновении неполадок и отказов. Поддержать станки в работоспособном состоянии и восстановить утраченные в процессе эксплуатации технические показатели можно только путем периодического осмотра и ремонта.

На всех отечественных промышленных предприятиях действует система плано-предупредительного ремонта, сущность которого заключается в том, что через определенное число отработанных часов каждого агрегата производят его профилактические осмотры и различные виды планового ремонта. Основной задачей системы является удлинение межремонтного срока службы оборудования, снижение расходов на ремонт и повышение его качества.

Существуют три вида плано-предупредительных ремонтов.

1. Послеосмотровые ремонты, когда планируют не ремонты, а лишь периодические осмотры. Если при очередном таком осмотре выясняется, что станок не сможет нормально функционировать до следующего планового осмотра, то назначают определенный срок ремонта станка, что позволяет подготовиться к ремонту и выполнить его быстрее и качественнее. Недостаток этого метода — отсутствие планирования ремонтных работ, что может привести к перегрузке работников ремонтной службы в одни периоды и безделью — в другие.

2. Периодические ремонты, когда для каждого станка составляют план с указанием сроков и объема ремонтных работ. Допускается корректировка плана с учетом фактических результатов осмотров, что делает систему ремонтов гибкой, обеспечивая наиболее рентабельное использование технологического оборудования в течение срока его службы. Это наиболее распространенный вид плано-предупредительного ремонта.

3. Принудительные ремонты, т. е. обязательные ремонты оборудования в установленные сроки, осуществляемые по заранее разработанной технологии с обязательной заменой или восстановлением всех намеченных для этого деталей и узлов станка. Этот метод целесообразен только на участках с однотипным оборудованием и стабильным режимом работы (поточные линии, энергетическое оборудование).

Периодические осмотры проводят слесари-ремонтники согласно плану ремонта. При этом проверяют работу всех механизмов, производят их регулировку, выявляют состояние и степень износа узлов. Станки, работающие в условиях сильного загрязнения, промывают (при частичной разработке). Станки повышенной точности проверяют на точность. При осмотре выявляют все дефекты и неисправности оборудования, но устраняют только такие, наличие которых не позволяет нормально эксплуатировать оборудование до ближайшего планового ремонта. Остальные де-

фекты подлежат устранению при ближайшем плановом ремонте. Осмотры производят, как правило, в нерабочее время.

Периодический ремонт может быть текущим, средним и капитальным. Текущий ремонт — это минимальный по объему вид планового ремонта, при котором заменяют или восстанавливают небольшое число, изношенных деталей, срок службы которых равен межремонтному периоду или меньше его, и регулируют механизмы, обеспечивая тем самым нормальную эксплуатацию станка до очередного планового ремонта. При текущем ремонте производят очистку гидросистемы и смену масла.

Средний ремонт — это плановый ремонт, включающий в себя операции текущего ремонта и дополнительные мероприятия по восстановлению предусмотренных ГОСТами или техническими условиями точности, мощности и производительности оборудования на срок до очередного среднего или капитального ремонта. При среднем ремонте заменяют изношенные детали, срок службы которых равен или меньше межремонтного периода или периода между двумя средними ремонтами. При этом обязательно производят проверку на точность.

Капитальный ремонт — это наибольший по объему вид планового ремонта, при котором производят полную разборку станка, ремонт базовых деталей (станн, кареток и др.), замену и восстановление всех изношенных деталей и узлов в целях возвращения агрегату первоначальных точности, мощности и производительности. При капитальном ремонте, как правило, производят модернизацию оборудования. Из капитального и среднего ремонта оборудование принимает представитель ОТК.

Кроме периодических плановых ремонтов может быть непланный ремонт, который не предусмотрен графиком и вызван аварией оборудования. При хорошо организованной на предприятии системе планово-предупредительного ремонта внеплановые ремонты, как правило, не должны иметь место.

Период между двумя капитальными ремонтами называют ремонтным циклом, а период времени между очередными плановыми ремонтами — ремонтным периодом. Структура ремонтного цикла, т. е. порядок расположения и чередование ремонтов и осмотров, может быть разной в зависимости от условий эксплуатации и состояния оборудования. Для легких и средних металлорежущих станков (масса до 10 т) рекомендуется следующая структура ремонтного цикла:

$K - O - M - O - M - O - C - O - M - O - M - O - C - O - M - O - M - O - K$, где K — капитальный ремонт; C — средний ремонт; M — малый (текущий) ремонт; O — осмотр.

Продолжительность ремонтного цикла определяется классом точности станка, условиями работы (степень запыленности, твердость обрабатываемого материала, наличие абразивной обработки и т. д.), характером производства и, наконец, сроком службы тех основных механизмов и деталей станка, замена и ремонт ко-

торых могут быть выполнены во время его полной разборки. Средняя продолжительность ремонтного цикла для легких и средних станков составляет около 30 000 ч работы. При этом ремонтный цикл для двухсменной работы составляет 90 мес, период между промежуточными ремонтами (ремонтный период) — 10 мес, между осмотрами — 5 мес.

Трудоемкость и степень сложности ремонта станков, которые зависят от конструктивных (компоновка, кинематическая схема, устройство механизмов, масса и пр) и технологических (точностные параметры, ремонтпригодность) особенностей, оцениваются категорией сложности ремонта. За эталон принят токарно-винторезный станок мод. 16К20 с высотой центров 200 мм и межцентровым расстоянием 1000 мм. Ему присвоена 2-я категория сложности.

Номер категории сложности ремонта равен числу единиц ремонтной сложности, которые характеризуют объем работ при капитальном ремонте. Одна единица ремонтной сложности для механической части станков составляет 35 ч, из которых 23 ч выделяется на слесарные работы, 10 ч — на станочные работы и 2 ч — на прочие работы (сварочные, малярные и т. п.). Единица ремонтной сложности электротехнического оборудования станков составляет 15 ч (11 ч — электрослесарные работы, 2 ч — станочные работы и 2 ч — прочие работы).

В зависимости от категории ремонтной сложности определяется время простоя оборудования в ремонте, которое исчисляется с момента остановки станка на ремонт до момента приемки его из ремонта контролером ОТК. Так, время на капитальный ремонт оборудования составляет 1 рабочий день на 1 единицу ремонтной сложности; на средний ремонт — 0,6 рабочего дня; на мелкий — 0,25 рабочих дня. Эти нормы составлены исходя из односменной работы ремонтных рабочих и не зависят от сменности работы станка до его остановки на ремонт. Рекомендуемый состав ремонтной бригады: для оборудования 1—6 категории сложности — два слесаря; 7—15 категории сложности — три слесаря; 15—25 категории сложности — четыре слесаря.

18.7. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА СТАНКОВ

Техническая диагностика исследует вопросы определения работоспособности, формы проявления отказов, методы их локализации, распознавания и прогнозирования без разборки машины (в частности, станка). В круг вопросов, рассматриваемых технической диагностикой, входят такие, как разработка принципов конструирования диагностических систем и формулирование требований к проектированию объектов технической диагностики (с точки зрения удобства, быстроты и достоверности поиска неисправностей).

В настоящее время техническая диагностика металлорежущих станков находится в начальной стадии своего развития,

что объясняется большим количеством типоразмеров и видов станков, большим разнообразием конструкций, а также тем, что выход из строя отдельного узла станка не приводит обычно к крупным авариям. В то же время конструкции отдельных металлорежущих станков обрабатывались десятилетиями, что позволило постепенно устранять дефекты конструкции, а качество эксплуатации опиралось на большой опыт и интуицию обслуживающего персонала. Преобладание металлорежущих станков с ручной загрузкой заготовок и выгрузкой готовых деталей предопределяет большое число обслуживающего персонала, причем операторы во многих случаях помогают наладчикам в устранении дефектов, сокращая время простоев.

В настоящее время, когда большую долю объема металлообрабатывающего оборудования занимают станки, работающие в автоматическом и полуавтоматическом режиме, когда все большее применение находят станки, управляемые от ЭВМ, гибкие автоматизированные системы и станки типа «обрабатывающий центр», методы технической диагностики такого оборудования, позволяющие определить состояние объекта в процессе его эксплуатации, имеют большое значение.

Следует отметить следующие особенности диагностических исследований по сравнению с проверками технических характеристик и состояния металлорежущих станков, регламентированными ГОСТами и нормами точности.

1. При проверке станка назначают допуски на величину отдельных параметров узлов и сравнивают их с фактическими значениями, но обычно не устанавливают причину дефектного состояния. При диагностике интересуются, в первую очередь, причинами отклонений тех или иных параметров или характеристик от нормы.

2. При проверках обычно не ставится задача прогнозирования состояния объекта, поэтому не изучается характер изменения параметров, характеризующих работоспособность металлорежущего станка во времени.

3. Диагностика состояния металлорежущего оборудования, как правило, проводится на работающем оборудовании или при его работе на холостых ходах, тогда как многие проверки проводятся в статическом состоянии.

4. Диагностические признаки неисправностей отдельных узлов станков часто определяются при анализе тех параметров, которые раньше при контрольных операциях не регламентировались и считались второстепенными.

Можно выделить несколько групп узлов и систем металлообрабатывающего оборудования, которые имеют общие особенности с точки зрения их технической диагностики на этапе эксплуатации.

1. Узлы с электромеханическим приводом (коробки скоростей, каретки, суппорты, транспортеры для удаления стружки).

2. Узлы с гидравлическим приводом (следающие системы, ме-

ханизмы подачи заготовок и их кантования, гидрокопировальные суппорты).

3. Электромеханическая система управления станками.

4. Электрогидравлическая система адаптивного управления.

5. Гидравлическая следающая система.

6. Электронная система управления.

Рассмотрим мероприятия, направленные на разработку методов технической диагностики наиболее важного узла токарно-винторезного станка мод. 16К20 — механизма привода каретки продольной подачи.

К механизму привода продольной подачи токарного станка предъявляются следующие требования: равномерность перемещения каретки по направляющим станины в процессе обработки детали; отсутствие динамических ударов при реверсировании движения каретки; минимальное время разгона и торможения каретки; наименьшая нагрузка на передаточные звенья механизма привода каретки; допустимый уровень шума.

При перемещении каретки продольной подачи токарного станка как на холостом ходу, так и в процессе обработки детали имеют место различные дефекты, которые проявляются в виде следующих признаков: неравномерность перемещения каретки при малых величинах продольной подачи; наличие динамических ударов при реверсировании движения каретки или при переключении муфт привода подачи; интенсивный износ гайки фартука; повышенное усилие перемещения каретки продольной подачи на холостом ходу; различное усилие перемещения каретки на холостом ходу в различных местах станины станка; повышенный уровень шума в коробочке подач станка.

Эти неполадки при работе привода продольной подачи могут возникнуть вследствие следующих дефектов: чрезмерная затяжка или износ направляющих и клиньев продольной каретки; чрезмерный натяг в маточной гайке; несоосность опор ходового винта или вала привода продольной подачи; искривление ходового винта или вала привода продольной подачи; несоосность опор маточной гайки и ходового винта (маточной гайки и вала привода продольной подачи); радиальное биение ходового винта или вала продольной подачи; недостаточное смазывание направляющих станины и каретки продольной подачи; недостающая чистота направляющих станины и каретки продольной подачи; непараллельность направляющих станины и осей ходового винта (ходового вала) и гайки и др.

Наличие этих дефектов может быть выявлено путем измерения соответствующих динамических параметров с помощью различных преобразователей, установленных в соответствующих местах на станке. Число этих преобразователей, их тип и место установки выявляются в процессе проверки данного механизма на соответствие нормам ГОСТа, а также во время приемочных, типовых, лабораторных и эксплуатационных исследований станка.

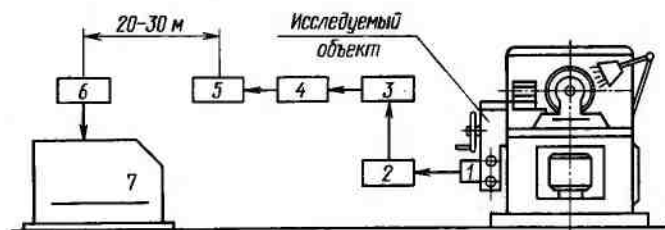


Рис. 18.6. Комплект телеметрической аппаратуры:
1 — первичный преобразователь, 2 — преобразователь, 3 — балансировочное устройство, 4 — бесконтактный токосъемник, 5 — передатчик, 6 — приемник, 7 — регистрирующий прибор

В результате исследований токарно-винторезных станков мод. 16К20 были определены диагностические параметры привода каретки продольной подачи и типы преобразователей для их измерения во время эксплуатации станка: преобразователь крутящего момента для определения характера изменения и величины крутящего момента на ходовом винте (ходовом валу); преобразователь для определения усилия, затрачиваемого на перемещение каретки продольной подачи; преобразователь малых линейных перемещений для определения биения ходового винта (ходового вала); преобразователь линейной скорости для определения равномерности перемещения каретки продольной подачи; преобразователь линейного ускорения для определения величины и характера изменения ускорений продольной каретки; преобразователь и анализатор уровня шума для измерения уровня шума в коробке передач; вибропреобразователи для определения вибраций, возникающих при обработке деталей на станке.

В результате анализа большого объема статистических данных, накопленных в результате комплексных испытаний станков, представляется возможность расшифровки кривых регистрируемых параметров и построения эталонных осциллограмм. Эталонную осциллограмму выбранного параметра получают путем статистической обработки записей этого параметра у станка, изготовленного, отрегулированного и приработанного в соответствии с техническими условиями.

Осциллограмму выбранного параметра исследуемого или проверяемого станка сравнивают с эталонной осциллограммой и определяют различные неисправности, возникшие на этапе эксплуатации станка.

Такой способ диагностики позволяет получить дефектные карты, которые представляют собой перечень возможных дефектов узлов и механизмов, причин их возникновения и способов устранения. Данный способ диагностики называют методом эталонных осциллограмм.

На рис. 18.6 представлен комплект телеметрической аппаратуры для бесконтактного измерения динамических параметров станка, работающего в производственных условиях, при этом

система воспроизведения находится на расстоянии прямой видимости. Комплект телеметрической аппаратуры состоит из преобразователя динамических параметров, системы бесконтактной передачи информации с частотным преобразователем, передатчика, приемника и системы воспроизведения.

Контрольные вопросы

1. Основные нормы точности токарных станков.
2. Методы проверки на точность основных узлов станков.
3. Виды проверок металлорежущих станков.
4. Сущность планово-предупредительного ремонта станков.
5. Принципы технической диагностики металлообрабатывающего оборудования.

ГЛАВА 19

ОХРАНА ТРУДА И ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Право на здоровье и безопасные условия труда являются важнейшим социальным правом советских людей. В главе «Социальное развитие и культура» Конституции СССР указано, что Советское государство постоянно заботится об улучшении условий и охраны труда, научной его организации, о постепенном вытеснении тяжелого физического труда во всех отраслях народного хозяйства на основе комплексной механизации и автоматизации производственных процессов. Человек в процессе трудовой деятельности находится под воздействием определенных производственных факторов, отрицательно влияющих на его здоровье и оптимальную работоспособность. Эти факторы называются вредными и опасными (табл. 19.1). Опасным считают производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях вызывает травму или внезапное резкое ухудшение здоровья. Вредным считается фактор, воздействие которого приводит к снижению работоспособности или заболеванию. Случай воздействия на работающего опасного производственного фактора при выполнении им трудовых обязанностей или задания руководителя называют несчастным случаем на производстве.

Охрана труда — это система законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических средств и мероприятий, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособность работающего. Охрана труда включает в себя вопросы техники безопасности и производственной санитарии.

Техника безопасности — комплекс организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих воздействие на работающих опасных производственных факторов. Производ-

19.1. Перечень опасных и вредных производственных факторов и документов, регламентирующих допустимые значения этих факторов и методы их контроля

Фактор	Документ, регламентирующий предельно допустимое значение фактора и методы контроля
1. Классификация опасных и вредных производственных факторов	ГОСТ 12.0.003—74
2. Повышение или понижение температуры, влажность, подвижность воздуха рабочей зоны и повышенное содержание в нем вредных веществ	ГОСТ 12.1.005—76 ГОСТ 12.1.007—76 ГОСТ 12.1.014—79 ГОСТ 12.1.016—79
3. Повышенный уровень шума на рабочем месте	ГОСТ 12.1.003—83 ГОСТ 12.1.024—81 ГОСТ 12.1.025—81 ГОСТ 12.1.026—80 ГОСТ 12.1.027—80 ГОСТ 12.1.028—80 ГОСТ 12.1.036—81
4. Повышенный уровень вибраций	ГОСТ 12.1.012—78
5. Повышенный уровень ультразвука	ГОСТ 12.1.001—83 ГОСТ 12.1.077—79
6. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов	ГОСТ 12.1.019—79 ГОСТ 12.1.030—81 ГОСТ 12.1.038—82
7. Недостаточная освещенность рабочей зоны	Строительные нормы и правила СНиП П-4—79, утвержденные Госстроем СССР
8. Повышенная или пониженная ионизация воздуха	Указания (временные) по компенсации аэроионной недостаточности в помещениях промышленных предприятий и эксплуатации аэроионных аэроионизаторов № 1601—77, утвержденные Минздравом СССР
9. Повышенный уровень лазерного облучения	ГОСТ 12.1.031—81
10. Пожарная опасность	ГОСТ 12.1.004—76 ГОСТ 12.1.017—80 ГОСТ 12.1.021—80 ГОСТ 12.1.022—80 ГОСТ 12.1.039—82 ГОСТ 12.1.032—81 ГОСТ 12.1.018—79

ственная санитария — комплекс мероприятий, уменьшающих или предотвращающих воздействие на работающих вредных производственных факторов.

19.1. ОСНОВНЫЕ ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА

Основными законодательными актами по охране труда являются: Конституция СССР и Конституции союзных республик; Основы законодательства Союза ССР и союзных республик о труде; кодексы законов о труде РСФСР и союзных республик;

указы Верховного Совета СССР и постановления Совета Министров СССР; постановления Президиума ВЦСПС и Государственного комитета СССР по труду и социальным вопросам. В основах законодательства Союза ССР и союзных республик о труде содержится глава «Охрана труда», в которой изложены основные положения по этим вопросам.

Конкретные мероприятия по созданию безопасных условий труда, предупреждению заболеваний и несчастных случаев регламентируются специальными правилами и нормами по охране труда, которые могут быть едиными (межотраслевыми) или отраслевыми. Единые правила и нормы утверждаются Советом Министров СССР или по его поручению другими государственными органами совместно или по согласованию с ВЦСПС. К ним, например, относятся: санитарные нормы проектирования промышленных предприятий; правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей и др. Отраслевые правила и нормы утверждаются в установленном порядке Министерствами, Государственными комитетами, органами государственного надзора совместно или по согласованию с центральными комитетами соответствующих профессиональных союзов. Эти правила и нормы являются обязательными для всех предприятий конкретной отрасли промышленности при выполнении соответствующих работ. Среди правил и норм важное место принадлежит системе стандартов безопасности труда (ССБТ). Эта система устанавливает общие требования и нормы по видам вредных и опасных производственных факторов, методы оценки безопасности труда, требования безопасности к производственным процессам, оборудованию, приспособлениям и средствам защиты работающих и предусматривает разработку стандартов (общесоюзных, отраслевых, республиканских, предприятий).

В СССР действует система законодательных актов, призванных обеспечить безопасные условия труда молодым рабочим, и в первую очередь не достигшим 18 лет.

Кроме законодательного регулирования вопросов охраны труда имеются плановые мероприятия, предусмотренные в специальном соглашении между администрацией предприятий и профсоюзными комитетами при заключении коллективных договоров. Это мероприятия по предупреждению несчастных случаев, заболеваний на производстве, по общему улучшению условий труда.

Административно-технических работников цеха (участка), нарушающих своими распоряжениями или действиями установленные правила и нормы охраны труда либо не принимающих мер для предотвращения несчастных случаев, привлекают к дисциплинарной, административной, материальной, судебной ответственности. Рабочие и служащие обязаны соблюдать соответствующие инструкции по охране труда. Инструкции по охране труда при работе на металлорежущем оборудовании составля-

ются начальником цеха при согласовании с инженером по охране труда и утверждаются главным инженером предприятия совместно с местным профсоюзным комитетом. Их составляют для каждой профессии на основе определенных требований безопасности труда с учетом особенностей конкретного технологического процесса, станочного оборудования, технологической оснастки и приемов работы. Рабочие, нарушающие указанные инструкции, могут быть привлечены к дисциплинарной ответственности в соответствии с внутренними правилами трудового распорядка. Если нарушение связано с причинением имущественного ущерба предприятию, то рабочие несут материальную ответственность в установленном законом порядке.

Надзор и контроль за соблюдением законодательства о труде и правил по охране труда осуществляют: специально уполномоченные органы и инспекции, не зависящие в своей деятельности от администрации предприятий и их вышестоящих органов; профессиональные союзы и состоящие в их ведении техническая и правовая инспекция труда. Высший надзор за соблюдением законов о труде возложен на Генерального прокурора СССР и подчиненных ему прокуроров.

19.2. ОРГАНИЗАЦИЯ СЛУЖБЫ ОХРАНЫ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИИ

На каждом предприятии создается служба охраны труда, подчиненная главному инженеру. Работа этой службы осуществляется согласно типовому положению, утвержденному Государственным комитетом СССР по труду и социальным вопросам и ВЦСПС. Главный инженер отвечает за безопасность производственных процессов и осуществляет контроль за всеми мероприятиями по улучшению условий труда. Практическую работу в подразделениях предприятия организуют начальники цехов, участков, смен, а также мастера. Мастер обеспечивает безопасные условия труда на рабочих местах. Он проводит инструкцию по охране труда, контроль за соблюдением правил технической эксплуатации оборудования и технологической оснастки, а также техники безопасности. Отдел охраны труда разрабатывает мероприятия по улучшению условий труда во всех подразделениях предприятия и осуществляет контроль за их выполнением.

19.3. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ТРАВМАТИЗМ

Для профилактики травматизма на производстве важно квалифицированное и своевременное расследование несчастных случаев. При расследовании устанавливают обстоятельства, при которых произошел несчастный случай, его причины, анализируют уровень организации безопасности труда на производстве. Учет и расследование несчастных случаев выполняют в соответствии с положением, утвержденным Президиумом ВЦСПС.

Несчастные случаи бывают одиночными, если пострадал один

человек, и групповыми, если пострадали два человека и более. По степени поражения организма человека различают следующие виды травм: микротравмы, когда пострадавший не теряет работоспособности и поэтому не освобождается от работы; травмы с временной утратой трудоспособности, при которых пострадавший освобождается от работы на срок, необходимый для лечения; тяжелые травмы, в результате которых наступает частичная или полная инвалидность; травмы со смертельным исходом. Заключение о тяжести той или иной травмы делают врачи лечебных учреждений согласно схеме распределения травм по тяжести повреждения, утвержденной Министерством здравоохранения СССР. Острые отравления, поражения молнией, тепловые удары, обморожения, происшедшие на производстве, учитывают и расследуют как несчастные случаи.

Расследованию подлежат несчастные случаи, происшедшие: на территории предприятия; вне предприятия, но при исполнении пострадавшим трудовых обязанностей, задания администрации или руководителя работ (бригадира, мастера, начальника смены, участка, цеха); при следовании на работу или с работы. Расследованию подлежат несчастные случаи, происшедшие как в рабочее время (включая установленные перерывы), так и в течение времени, необходимого для приведения в порядок орудий производства, одежды и т. д. до начала и после окончания работы, а также в сверхурочное время работы.

Результаты расследования несчастного случая (если он привел к потере работником трудоспособности не менее чем на один день или к необходимости перевода работника с работы по основной профессии на другую работу) оформляются актом по специальной форме. О каждом несчастном случае потерпевший или очевидец должен сразу сообщить мастеру, который обязан: организовать первую помощь пострадавшему и его доставку в медсанчасть предприятия или другое лечебное учреждение; сообщить о случившемся начальнику цеха; сохранить состояние оборудования и обстановку на рабочем месте такими, какими они были в момент несчастного случая. Начальник цеха обязан сообщить о несчастном случае главному инженеру предприятия и профсоюзному комитету и организовать работу комиссии по его расследованию. Для расследования несчастного случая повлекшего за собой временную потерю пострадавшим трудоспособности, организуется комиссия в составе начальника цеха, начальника отдела охраны труда и старшего цехового общественного инспектора по охране труда. В течение 24 ч комиссия должна составить акт по соответствующей форме, выяснив основные технические и организационные причины, предопределившие несчастный случай. Комиссия должна разработать профилактические мероприятия и передавать для утверждения главному инженеру материалы расследования, который должен в течение суток после окончания расследования рассмотреть

и утвердить акт и принять меры к устранению причин несчастного случая.

Несчастный случай, о котором пострадавший не сообщил администрации цеха в течение рабочей смены или от которого потеря трудоспособности наступила не сразу, расследуют по заявлению пострадавшего в течение не более двух недель со дня подачи заявления. При этом акт составляют с учетом медицинского заключения о характере травмы и возможных причинах ее получения, показаний очевидцев и других доказательств.

Если несчастный случай на предприятии произошел с учащимся профтехучилища или другого учебного заведения, проходящим практику под руководством персонала этого предприятия, то случай расследуется комиссией совместно с представителем этого учебного заведения и учитывается предприятием. Если же практика проходит под руководством работника учебного заведения на участке, выделенном для этого предприятием, то несчастный случай рассматривается комиссией учебного заведения и учитывается там же.

Возможны обстоятельства, при которых хотя и оформляют акт, но несчастный случай считают не связанным с производством: при изготовлении каких-либо изделий в личных целях без разрешения на то администрации; при хищении инструментов или материальных ценностей; в результате опьянения. Администрация, придя к выводу об отсутствии связи несчастного случая с производством, выносит этот вопрос на рассмотрение профсоюзного комитета. При согласии последнего с администрацией на акте делают надпись «Несчастный случай не связан с производством» с указанием даты и номера протокола постановления профсоюзного комитета. При несогласии комитета указанная запись не делается и несчастный случай считают связанным с производством. Заключение технического инспектора труда о связи несчастного случая с производством обязательно для администрации предприятия и профсоюзного комитета.

Ответственность за своевременное и правильное расследование и учет несчастных случаев, выполнение мероприятий по их устранению несут руководитель предприятия, главный инженер и руководители структурных подразделений и производственных участков, а контроль осуществляют вышестоящий орган, профсоюзный комитет предприятия, общественные инспекторы по охране труда, техническая инспекция труда, а также органы Госгортехнадзора и Госэнергонадзора (на подконтрольных им предприятиях). Групповые несчастные случаи, независимо от тяжести полученных травм, а также несчастные случаи с тяжелым или смертельным исходом подлежат специальному расследованию. Руководитель предприятия, где произошел указанный случай, должен немедленно сообщить о нем руководителю вышестоящего хозяйственного органа, техническому инспектору труда, совету профсоюзов и местным органам Госгортехнадзора и Госэнергонадзора. Комиссия по специальному расследованию неза-

медлительно расследует этот случай и в течение 10 дней составляет акт и другие документы. Руководители предприятия и вышестоящего хозяйственного органа обязаны рассмотреть этот материал и издать приказ о выполнении предложенных комиссией мероприятий и наказанию виновных лиц. О принятых мерах письменно сообщается техническому инспектору труда, а на объектах, подконтрольных Госгортехнадзору или Госэнергонадзору, — их местным органам.

19.4. ТРЕБОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Территория предприятия, производственные помещения и размещение оборудования должны удовлетворять требованиям безопасности. Каждый человек, находящийся на территории предприятия, обязан выполнять общепринятые правила безопасности труда. Территория промышленного предприятия должна быть ровной. Различные углубления, канавы, траншеи, необходимые для проведения строительных или ремонтных работ, должны быть плотно закрыты, а в случае необходимости надежно ограждены. Дороги и проходы на территории предприятия должны быть, как правило, прямолинейными, а их ширина должна отвечать интенсивности движения. На переходах, переездах должны быть установлены шлагбаумы, светофоры, звуковая сигнализация и предупредительные надписи. В местах особо интенсивного железнодорожного движения и на основных потоках движения людей нужно сооружать мосты-переходы над рельсовыми путями или тоннели. Места движения людей, транспорта и работ должны быть хорошо освещены. Транспортные средства на территории предприятия должны двигаться с невысокой скоростью. На территории предприятия нужно строго соблюдать следующие правила: ходить только по пешеходным и переходным дорожкам, не переходить железнодорожные пути и дороги вблизи приближающегося транспорта, не пролезать под вагонами, стоящими на путях, а также не прыгать на ходу в вагоны или на платформы. Если на территории предприятия работает экскаватор или подъемные краны, запрещается стоять или ходить под ковшом или поднятым грузом.

19.5. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В МЕХАНИЧЕСКИХ ЦЕХАХ

Общие требования безопасности распространяются на все группы металлорежущих станков и содержат общие требования к станкам, электрооборудованию и местному освещению и дополнительные требования к станкам различных групп.

Общие требования безопасности к станкам относятся к защитным устройствам, органам управления, устройствам для установки и закрепления заготовок на станках и др. Эксплуатируемое оборудование должно быть в исправном состоянии. Работать на неисправном оборудовании запрещается. Оборудование должно располагаться на фундаментах или основаниях.

Проходы между станками должны быть свободными. Все передачи (зубчатые, ременные, цепные и др.) должны иметь специальные ограждения на высоте 2 м от уровня пола. Оборудование, работающее с выделением пыли (сухое шлифование), необходимо размещать в отдельном помещении, в котором должна быть приточная вентиляция и пылеотсасывающие устройства. Подвесные транспортные устройства (монорельсы, конвейеры и др.) не должны располагаться под рабочим местом. Защитные устройства (экраны), ограждающие зону обработки, должны защищать рабочего от стружки и СОЖ. Защитные устройства, которые снимают при смене инструмента и заготовки, при подналадке станка и т. д., должны иметь массу не более 6 кг; они должны быть достаточно жесткими и при необходимости иметь смотровые окна нужных размеров.

Безопасность работы станочника во многом зависит от правильной организации его рабочего места и поддержания последнего в нормальном состоянии. Станочник должен строго выполнять все требования инструкций по охране труда. Основные правила безопасной эксплуатации металлообрабатывающих станков для рабочих всех профессий следующие:

1. Перед началом работы

1. Проверить, хорошо ли убрано рабочее место, и при наличии неполадок в работе станка в течение предыдущей смены ознакомиться с ними и с принятыми мерами по их устранению.

2. Привести в порядок рабочую одежду. Застегнуть обшлага рукавов, убрать волосы под головной убор.

3. Проверить состояние решетки под ноги, ее устойчивость на полу.

4. Проверить состояние ручного инструмента. Ручки напильников и шабера должны иметь металлические кольца, предохраняющие их от раскалывания. Гаечные ключи должны быть исправными; при закреплении болтов (гаек) размер их зева должен соответствовать размеру головки болта (гайки); не допускается применение прокладок и их удлинение с помощью труб.

5. Привести в порядок рабочее место: убрать все лишнее; подготовить и аккуратно разложить необходимые инструменты и приспособления в удобном и безопасном порядке (то, что берется левой рукой, должно находиться слева, а то, что правой, — справа). Уложить заготовки в предназначенную для них тару, а саму тару разместить так, чтобы взятие заготовок и укладка обработанных деталей не вызывала излишних движений рук и корпуса тела.

6. При наличии местных грузоподъемных устройств проверить их состояние. Приспособления массой более 16 кг устанавливаются на станок только с помощью этих устройств.

7. Проверить состояние станка: убедиться в надежности крепления стационарных ограждений, в исправности электропроводки, заземляющих (зануляющих) проводов, рукояток и маховичков управления станком. Разместить шланги, проводящие СОЖ,

электрические провода и другие коммуникации, так, чтобы была исключена возможность их соприкосновения с движущимися частями станка или вращающимся инструментом.

8. Подключить станок к электросети, включить местное освещение и отрегулировать положение светильника так, чтобы рабочая зона была хорошо освещена и свет не слепил глаза.

9. На холостом ходу проверить исправность кнопок «Пуск» и «Стоп», действие и фиксацию рычагов и ручек включения и переключения режимов работы станка, системы принудительного смазывания, а также системы охлаждения. Далее произвести или проверить настройку станка в соответствии с технологической документацией.

10. Подготовить средства индивидуальной защиты и проверить их исправность. Для предупреждения кожных заболеваний при необходимости воспользоваться средствами дерматологической защиты.

11. О всех обнаруженных недостатках, не приступая к работе, сообщить мастеру.

II. Общие требования во время работы

1. Масса и габарит обрабатываемых деталей должны соответствовать паспортным данным станка.

2. При обработке деталей массой более 16 кг производить установку и снятие с помощью грузоподъемных устройств, не допуская превышения нагрузки, установленной для них. Для перемещения применять специальные строповочные и захватные приспособления. Освобождать обработанную деталь от них только после надежной укладки, а при установке — только после надежного закрепления на станке.

3. При необходимости воспользоваться средствами индивидуальной защиты. Запрещается работать в рукавицах и перчатках, а также с забинтованными пальцами без резиновых напальчников на станках с вращающимися обрабатываемыми деталями или инструментами.

4. Перед включением станка убедиться, что его пуск ни для кого не опасен; постоянно следить за надежностью крепления станочного приспособления, обрабатываемой заготовки в нем, а также режущего инструмента.

5. При работе станка не производить переключения рукояток режимов работы, измерений, регулировки и чистки. Не отвлекаться от наблюдения за ходом обработки самому и не отвлекать других.

6. Если в процессе обработки образуется отлетающая стружка, установить переносные экраны для защиты окружающих и при отсутствии специальных защитных устройств на станке надеть защитные очки или предохранительный щиток из непрозрачного материала. Следить за своевременным удалением стружки как со станка, так и с рабочего места, остерегаться наматывания стружки на обрабатываемую деталь или инструмент, не удалять стружку непосредственно руками, а пользоваться для

этого специальными устройствами; запрещается с этой целью обдувать сжатым воздухом обрабатываемую деталь и узлы станка.

7. Правильно укладывать обработанные детали, не загромождать подходы к станку, периодически убирать стружку и следить, чтобы пол не заливался охлаждающей жидкостью и маслом; особое внимание обратить на недопустимость попадания стружки, СОЖ и масла на решетку под ноги.

8. При использовании для привода станочных приспособлений сжатого воздуха следить за тем, чтобы отработанный воздух отводился в сторону от станочника.

9. Постоянно осуществлять контроль за устойчивостью деталей или штабелей из них на местах складирования, а при размещении деталей в таре обеспечить устойчивое положение их в ней, а также самой тары. Высота штабелей не должна превышать 0,5 м для мелких деталей, 1 м для средних деталей и 1,5 м для крупных деталей.

10. Обязательно выключать станок при уходе даже на короткое время, при перерывах в подаче электроэнергии или сжатого воздуха, при измерении обрабатываемой детали, а также при регулировке, уборке и смазывании станка.

11. При появлении запаха горячей электроизоляции или ощущения действия электрического тока при соприкосновении с металлическими частями станка немедленно остановить станок и вызвать мастера. Не открывать дверцы электрошкафов и не производить какую-либо регулировку электроаппаратуры.

III. Общие требования по окончании работы

1. Выключить станок и привести в порядок рабочее место. Разложить режущий, вспомогательный и измерительный инструмент по местам хранения, предварительно протерев его.

2. Стружку смести в поддон или на совок щеткой; чистку труднодоступных мест производить кистью или деревянной заостренной палочкой, обернутой ветошью. Во избежание несчастного случая и попадания стружки в механизмы запрещается для чистки станка использовать сжатый воздух.

3. Проверить качество уборки станка, выключить местное освещение и отключить станок от электросети.

4. О всех неполадках в работе станка, если они имели место на протяжении смены, сообщить сменщику или мастеру.

5. Осуществить санитарно-гигиенические мероприятия.

Кроме указанного станочник обязан: работать только на том станке, к эксплуатации которого он допущен, и выполнять ту работу, которая поручена ему администрацией цеха; без разрешения мастера не допускать к эксплуатации станка других лиц; заметив нарушения правил по охране труда со стороны других станочников, предупредить их и потребовать соблюдения требований безопасности; в обязательном порядке требовать от администрации цеха проведения внепланового инструктажа при пере-

воде на эксплуатацию станка другой модели или при привлечении к разовым работам, не входящим в круг обязанностей станочника; о всяком несчастном случае немедленно сообщить мастеру и обратиться в медицинский пункт; уметь оказывать первую помощь пострадавшему, применять первичные средства пожаротушения и проводить работы по устранению последствий аварийных ситуаций или пожара.

В производственных условиях не всегда еще удастся устранить все опасные и вредные факторы, действующие на станочников, путем применения общетехнических мероприятий и средств коллективной защиты. В этих условиях обеспечения нормальных условий труда достигают применением средств индивидуальной защиты (СИЗ). В общем случае средствами индивидуальной защиты называют устройства, предназначенные для индивидуального применения во время работы в целях защиты определенных органов или частей тела человека от вредных и опасных факторов внешней среды.

В основу классификации СИЗ положены их целевое назначение, конструктивные и эксплуатационные свойства. В соответствии с ГОСТ 12.4.011—75 «ССБТ. Средства защиты работающих. Классификация» все СИЗ в зависимости от целевого назначения объединены в 11 классов, которые по конструктивным особенностям подразделяют на виды, а последние, в зависимости от эксплуатационных свойств, — на группы.

За соблюдением безопасных условий работы в цехе осуществляется трехступенчатый или административно-общественный контроль. Первая ступень контроля: мастер (начальник цеха) вместе с общественным инспектором или дежурным по охране труда ежедневно за 15—20 мин до начала смены проверяют рабочие места, исправность оборудования, инструмента, технологической оснастки, работу вентиляционных установок, состояние ограждений, сигнализации и местного освещения, наличие знаков безопасности, средств индивидуальной защиты и их соответствие характеру выполняемой работы. Выявленные недостатки устраняют немедленно или разрабатывают мероприятия по их ликвидации. В течение смены мастер контролирует соблюдение технологической дисциплины, исправность оборудования и оснастки, чистоту рабочих мест, проходов и проездов, осуществляет надзор за выполнением станочниками безопасных приемов труда, использованием средств индивидуальной защиты. Все зафиксированные мастером в специальном журнале нарушения правил по охране труда и фамилии нарушителей подлежат обсуждению на производственных планерках или собраниях.

Вторая ступень контроля: начальник цеха, председатель комиссии по охране труда цехового профсоюзного комитета, инженер по охране труда, а также работники технических служб цеха еженедельно обходят участки цеха и проверяют выполнение мероприятий по устранению недостатков, выявленных при предыдущих проверках, а также недостатков, зафиксированных масте-

рами в журналах в течение недели, в целях разработки мероприятий по их устранению.

Третья ступень контроля: утверждается комиссия под председательством главного инженера предприятия, которая работает по специальному графику и контролирует качество проверок на первой и второй ступенях, а также общее состояние охраны труда и культуры производства в подразделениях и цехах предприятия. Результаты проверки отражаются в приказе по предприятию.

19.6. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

Причинами электропоражений могут быть неисправности изоляции, коммутационной аппаратуры, электродвигателей и средств, обеспечивающих электробезопасность при аварийном режиме работы электрооборудования станка. Степень опасного воздействия на человека электрического тока, т. е. исход электропоражения, определяется родом и величиной напряжения и силы тока, путем прохождения тока через тело человека и продолжительностью воздействия тока, а также условиями внешней среды. Наиболее опасным до напряжений 500 В является переменный ток низкой частоты, в том числе промышленной (50 Гц).

Средствами обеспечения электробезопасности являются: защитное заземление; зануление; защитное отключение; малое напряжение; электрическое разделение сетей; выравнивание потенциалов; компенсация токов замыкания на землю; изоляция токоведущих частей; индивидуальные средства защиты; ограждающие устройства; предупреждающая сигнализация; блокировка; знаки безопасности. Средства и способы защиты от электропоражения указываются в нормативно-технической документации на металлорежущий станок. Участие станочников в ремонте, наладочных и других работах на электроустановках запрещено.

Станки оснащены средствами, обеспечивающими электробезопасность работы при нормальном и аварийном состоянии электрооборудования. Аварийное состояние — это работа неисправного электрооборудования, при котором могут возникнуть опасные ситуации, приводящие к электротравмированию станочника. Электробезопасность при нормальном состоянии станочного электрооборудования обеспечивается изоляцией токоведущих частей, а также применением малых напряжений. При размещении в одной трубе или металлорукаве электроприборов для различных напряжений все провода должны иметь изоляцию по высшему напряжению.

Прокладка проводов, спаянных из нескольких кусков в трубах, металлорукавах, по панелям электрошкафов и шин станков, в пультах их управления не допускается. В процессе эксплуатации станка осуществляют периодический контроль состояния изоляции. Помимо изоляции недоступность токоведущих частей

обеспечивают их ограждением, выполняемом в виде ниш шкафов. Двери последних заблокированы с вводным выключателем таким образом, что исключена возможность их открывания при включенном вводном выключателе. Однако имеется возможность включения последнего при открытой двери во время осмотра и наладки электрооборудования. При закрытии двери происходит автоматическое восстановление блокировки.

Для уменьшения опасности поражения электрическим током используют малое напряжение (не более 42 В). Наиболее часто его применяют для питания коммутационной аппаратуры и местных светильников. Питание последних (напряжение 24 и 12 В) осуществляется от трансформаторов, у которых первичная и вторичная обмотки не соединены между собой. Одни из выводов вторичной обмотки трансформатора заземляют (зануляют). Применять для этих целей делители напряжений, добавочные резисторы, автотрансформаторы запрещено. Электробезопасность при аварийном режиме электрооборудования станка обеспечивается защитным заземлением, занулением и защитным отключением.

Защитное заземление — преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей станка, которые могут оказаться под напряжением. Принцип его действия — снижение до безопасных значений на-

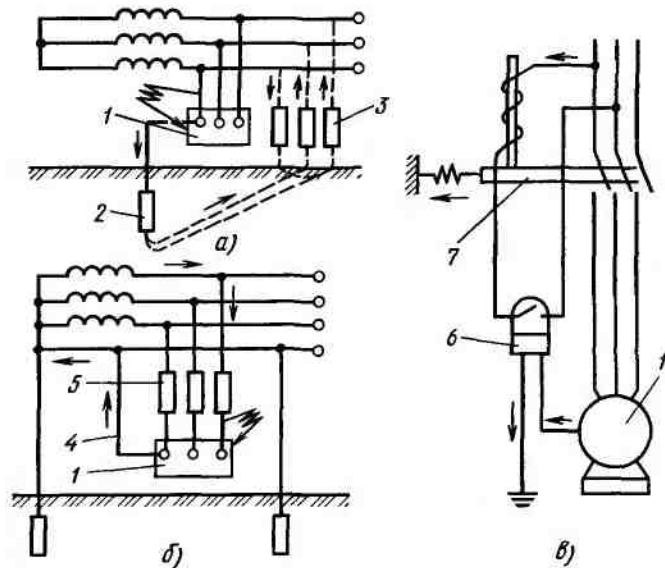


Рис. 19.1. Средства, обеспечивающие электробезопасность при аварийном режиме работы станка:

а — защитное заземление, б — зануление, в — защитное отключение, 1 — электроустановка, 2 — заземление, 3 — сопротивление изоляции, 4 — нулевой защитный проводник, 5 — плавкая вставка, 6 — датчик, 7 — автоматический выключатель

пряжений прикосновения и шага, вызываемых замыканием на корпус. Защитное заземление применяется в трехфазных трехпроводных сетях с напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью (рис. 19.1, а). Оно выполняется в сочетании с контролем сопротивления изоляции. Защитное заземление включает в себя: заземлитель-проводник или совокупность металлических соединенных проводников, находящихся в соприкосновении с землей или ее эквивалентом; заземляющие проводники, соединяющие заземляемое оборудование с заземлителем.

Совокупность заземлителя и заземляющих проводников называют заземляющим устройством, в качестве которого используют естественное заземление — металлическую арматуру железобетонных фундаментов промышленных зданий и сооружений. Заземляющие проводники изготовляют, как правило, из полосовой стали и прокладывают открыто по стенам на металлических штырях или крюках. При наличии защитного заземления ток, перешедший из-за пробоя на нетоковедущие элементы станка (замыкание показано зигзагообразной стрелкой), пройдет через заземляющее устройство в землю и далее к двум другим фазам.

Зануление — преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических токоведущих частей станка, которые могут оказаться под напряжением (рис. 19.1, б). Применяется в трехфазных четырехпроводных сетях напряжением до 1000 В с глухозаземляющей нейтралью. Защитным нулевым проводником считают проводник, который соединяют зануляемые металлорежущие части станка с глухозаземленной нейтральной точкой обмотки источника тока (генератора или трансформатора). В качестве таких проводников применяют специальные проводники, а также металлические строительные, производственные и электромонтажные конструкции. В цепи нулевых защитных проводников не должны находиться разъединяющие приспособления и предохранители. Нулевой защитный проводник нужно отличать от нулевого рабочего проводника, который также соединен с глухозаземленной нейтральной точкой источника тока и предназначен для питания электрооборудования станка. В цепи нулевых рабочих проводников, если они одновременно служат для зануления, можно применять разъединительные приспособления. Последние одновременно с отключением нулевых рабочих проводников отключают также все проводники, которые находятся под напряжением.

Зануление — это защитное заземление, осуществляемое автоматическим отключением поврежденной электроустановки от питающей сети (рис. 19.1, б). При электрическом замыкании фазы на корпус она оказывается накоротко соединенной с нулевым защитным проводником. В результате этого через защиту (плавкий предохранитель или автомат) потечет ток короткого замыкания, вызывающий перегорание предохранителя или отключение автомата. Для обеспечения быстрого действия защиты необходимо,

чтобы сила тока короткого замыкания в 3 раза и более превышала номинальный ток срабатывания ближайшего предохранителя, а проводимость нулевого защитного проводника составляла не менее половины проводимости фазного провода. Зануление или защитное заземление электроустановок станков выполняют: во всех случаях при номинальном напряжении 380 В и выше переменного тока и 440 В и выше постоянного тока; при номинальном напряжении 42—380 В переменного тока и 110—440 В постоянного тока при размещении станков в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных.

Защитное отключение — быстродействующая защита, автоматически отключающая электрооборудование станка при возникновении опасности поражения током. Эта опасность появляется при замыкании на корпус и вследствие старения или повреждения изоляции токоведущих частей. Любое устройство защитного отключения состоит из датчика, реагирующего на изменение какого-либо параметра электрической сети, и автоматического выключателя, срабатывающего при поступлении от датчика соответствующего сигнала. На рис. 19.1, в, например, приведена схема устройства защитного отключения, реагирующая на напряжение корпуса относительно земли. При пробое фазы на зануленный или заземленный корпус вначале срабатывают защитные свойства зануления (заземления). При этом напряжение корпуса относительно земли снижается. Затем, если это снижение окажется выше напряжения срабатывания защитно-отключающего устройства, то реле напряжения замыкает контакты и подает напряжение на выключатель.

Перед работой станочник должен убедиться в исправности электрической части станка и в его надежном заземлении (занулении). При обнаружении напряжения на металлических нетоковедущих частях станка, оборванных мест в контактных соединениях заземляющих (зануляющих) проводов, а также если электродвигатель станка работает от двух фаз (при включении электродвигатель гудит), нужно немедленно вводным выключателем обесточить станок, вызвать дежурного электромонтера и доложить о неисправности мастеру. Установку и снятие ограждений с коммутационной аппаратуры и других устройств станка, а также замену ламп местного освещения станочникам выполнять запрещено. Эту работу выполняет электротехнический персонал цеха.

При поражении человека неотпускающим током, т. е. электрическим током, вызывающим при прохождении через человека непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, в которой зажат проводник, нужно быстро отключить электроустановку. Если это невозможно, следует оттянуть человека от проводов рукой за одежду. Если пострадавший в сознании, но до этого находился в обмороке, то ему нужно обеспечить покой и вызвать врача. При отсутствии признаков жизни нужно делать искусственное дыхание до прихода медицинской помощи.

19.7. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Это состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивается защита материальных ценностей. Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. Система предотвращения пожара — комплекс организационных мероприятий и технических средств, исключающих возможность возникновения пожара. Система пожарной защиты — комплекс организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих воздействие на людей опасных факторов пожара и ограничивающих материальный ущерб от него. Обе системы разрабатываются по каждому конкретному объекту. При этом должна быть обеспечена безопасность людей в любом месте объекта. Опасными факторами пожара, воздействующими на людей, являются: открытый огонь и искры; повышенная температура воздуха и предметов; побочные продукты горения; повреждение и обрушения зданий, сооружений, установок; взрыв и дым.

Источниками пожара могут оказаться искры, перегретые узлы станков, открытый огонь и т. д. Наиболее вероятным источником воспламенения является электрооборудование станков. Наиболее частыми причинами, когда электрические установки являются источниками воспламенения, являются: короткие замыкания в электропроводах и электрическом оборудовании; токовые перегрузки последних; большие переходные сопротивления. Наиболее опасны короткие замыкания, вызывающие перегрев токоведущих частей и плавление проводов, возникновение электрических искр и дуг. Это вызывает воспламенение изоляции, в результате чего могут загореться близко расположенные горючие материалы.

Нужно соблюдать правила пожарной безопасности, предписанные соответствующими инструкциями предприятий. Огнеопасные материалы (бензин, керосин, растворители, обтирочные материалы, масла) нужно хранить в специально отведенных для этого помещениях и местах. Курить можно только в положенных местах. По окончании работы или при перерывах обязательно выключить все электродвигатели станка и местное освещение. При любых неисправностях электрооборудования следует немедленно вызвать электротехника.

При возникновении пожара нужно выключить все электродвигатели и вызвать пожарную команду. До ее прибытия пожар следует тушить собственными силами, пользуясь цеховыми средствами тушения: огнетушителями, песком и т. д. Горящий бензин, керосин, смазочные масла следует тушить пенными огнетушителями. При пожаре нельзя выбивать окна, так как при этом увеличивается приток кислорода, что способствует усилению огня. На предприятиях организуются добровольные пожарные дружины, на которые возлагаются: контроль за соблюдением и выполнением в цехе противопожарного режима работы; надзор

за исправным состоянием первичных средств пожаротушения, вызов пожарных команд; принятие немедленных мер к тушению пожара цеховыми средствами. В противопожарных цеховых инструкциях предусматриваются общие меры пожарной безопасности, противопожарный режим, специальные мероприятия в зависимости от характера технологического процесса, способа вызова пожарной охраны и т. д. Ответственность за состояние пожарной безопасности на отдельных объектах (цех, участок, склад) возлагается на их начальников. При пожаре нужно соблюдать спокойствие и выполнять все распоряжения руководителей производства.

Контрольные вопросы

1. Что такое охрана труда, техника безопасности, производственная санитария?
2. Какие основные правовые и организационные положения по охране труда вы знаете?
3. Что вы знаете о производственном травматизме и правилах его расследования на предприятии?
4. Какие существуют требования безопасности на территории предприятия?
5. Что вы знаете о требованиях безопасности в механических цехах?
6. Какие существуют меры электробезопасности?
7. Как работают электрозащитные средства?
8. Каковы причины возникновения пожара?
9. Какие меры следует принимать при возникновении пожара?

ГЛАВА 20

СВЕДЕНИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ И КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

20.1. ПОНЯТИЕ О СТАНДАРТИЗАЦИИ И ЕЕ РОЛЬ В РАЗВИТИИ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА

Стандартизация является средством повышения эффективности производства, улучшения качества продукции, снижения ее себестоимости во всех отраслях народного хозяйства. Для оценки и гарантирования качества выпускаемых изделий нужны законодательные нормативные документы, содержащие необходимые характеристики и показатели производимых материалов и изделий. Стандартизация служит интересам народного хозяйства. В ее основе лежат последние достижения науки и техники.

Стандартизация — это установление и применение правил для упорядочения деятельности в определенной области на пользу и при участии всех заинтересованных сторон, в частности для достижения всеобщей экономии, при соблюдении условий эксплуатации (использования) и требований безопасности. Стандартизация устанавливает единые требования и нормы к сырью, полуфабрикатам, материалам и готовым изделиям, а также тер-

мины, обозначения и физические величины, требования к производственным и технологическим процессам, требования, обеспечивающие безопасность работающих и сохранность материальных ценностей.

Стандарт — это конкретный нормативно-технический документ, устанавливающий на основе достижений науки, техники, практического опыта комплекс норм, правил, требований к объекту стандартизации, утвержденный компетентным органом. Он может быть разработан на материальные предметы (зубчатые колеса, подшипники, уплотнители, болты, гайки и т. д.) или представлять собой нормы и правила, требования организационно-методического и общетехнического характера (спецификация на чертежах, чертежный шрифт и т. д.).

Унификация, типизация и агрегатирование являются методами стандартизации. Унификация, регламентирующая марки продукции и ее типоразмеры, создает условия для специализации производства, использования комплексной механизации и автоматизации производственных и технологических процессов, повышения уровня взаимозаменяемости, снижения себестоимости продукции и т. д.

Типизация — это разработка или отбор типовых конструкций или технологических процессов на основе общих для ряда процессов или изделий технологических характеристик.

Агрегатирование — это метод создания рабочих машин (станков) из нормализованных и стандартизованных сборочных узлов и деталей в зависимости от выбранной схемы компоновки и особенностей изготавливаемого объекта.

20.2. ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА СТАНДАРТИЗАЦИИ

Эта система разработана в нашей стране и предусматривает четыре категории стандартов: государственные (ГОСТ); отраслевые (ОСТ); республиканские (РСТ); стандарты предприятия (СТП). Все они являются обязательными в пределах установленных сфер их деятельности, области и условий применения. ГОСТы являются обязательными к применению всеми предприятиями, организациями и учреждениями страны. Они утверждаются Госстандартом СССР. ГОСТы разрабатывают на продукцию крупносерийного и массового производства межотраслевого применения, прошедшую государственную аттестацию. Они предусматривают типы, марки, формы, размеры и другие параметры изделий (машин, приборов, инструментов, материалов и др.), технические требования к ним, методы испытаний и т. д. В них входят также правила, нормы, термины, обозначения, техническая и нормативно-техническая документация.

ОСТы используют все предприятия и организации данной отрасли например, станкостроительной, тракторостроительной и т. д.), а также смешанных отраслей (заказчиков), применяющих (потребляющих) продукцию данной отрасли. 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.

РСТ обязательны для всех предприятий и организаций республиканского и местного подчинения данной союзной республики независимо от их ведомственной принадлежности.

СТП разрабатывают на заводах, фабриках, производственных объединениях и действуют только в их пределах. В зависимости от назначения и содержания все категории стандартов подразделяют на стандарты: технических условий и требований; параметров, типов конструкций, марок и сортовентов различной продукции; правил приемки и методов контроля; правил маркировки, упаковки, хранения, транспортирования и т. д. Каждый стандарт имеет номер с указанием года его утверждения.

При создании отечественных стандартов учитывают разработки международных организаций по стандартизации. Это обеспечивает взаимозаменяемость стандартных узлов машин, приборов, вышедших в разных странах, и удобство их эксплуатации. Международная организация по стандартизации (ИСО), объединяющая более 70 стран (в том числе СССР), выпускает стандарты, которые можно непосредственно использовать в национальных стандартах. В Совете Экономической Взаимопомощи (СЭВ) созданы Постоянная комиссия СЭВ по стандартизации (ПКС), институт СЭВ по стандартизации и отдел стандартизации секретариата СЭВ. Они разрабатывают стандарты СЭВ. В нашей стране действует Единая система конструкторской документации (ЕСКД), Единая система технологической документации (ЕСТД), Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП) и ряд других систем.

20.3. ЕДИНАЯ СИСТЕМА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Ее применение является обязательным. ЕСКД является комплексом ГОСТов, устанавливающих единый порядок разработки, выполнения, оформления, согласования, внесения изменений, учета и хранения конструкторской документации во всех областях промышленности, строительства и транспорта. ЕСКД устанавливают виды конструкторских документов (монтажный чертеж, сборочный чертеж, чертеж детали, схему, спецификацию и др.); последовательность разработки документации от технического задания до рабочей документации; требования к текстовым документам; общие правила выполнения чертежей. Применение ЕСКД улучшает качество проектируемых изделий, снижает трудоемкость конструкторских разработок, упрощает формы конструкторских документов, позволяет использовать при их разработке средства механизации и автоматизации с применением ЭВМ.

20.4. ЕДИНАЯ СИСТЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Она представляет комплекс ГОСТов, регламентирующих порядок разработки, оформления и обращения всех видов технологической документации на машиностроительных и приборостроительных предприятиях СССР для изготовления, транспортирования, установки (монтажа) и ремонта изделий. ЕСТД устанавливает виды и формы технологической документации; маршрутные карты; карты эскизов; технологические инструкции; комплектовочные карты; ведомости оснастки; карты технологического процесса; операционные карты и т. д. Маршрутная карта и карта технологического процесса являются основными в комплекте технологических документов. Технологическая документация оформляется по строго регламентированным правилам. ЕСТД устанавливает: единые условия графических обозначений опор, зажимов; определения и термины основных понятий в области технологических процессов производства и ремонта изделий машиностроения и приборостроения.

20.5. ЕДИНАЯ СИСТЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Она представляет собой комплекс ГОСТов, регламентирующих организацию и управление технологической подготовкой производства. Эти ГОСТы служат для создания условий подготовки производства к освоению и выпуску изделий высшего качества в кратчайшие сроки при минимальных затратах. ГОСТы предусматривают широкое применение типовых технологических процессов, стандартного оборудования и технологической оснастки, средств механизации и автоматизации производственных процессов и инженерных и управленческих работ. Используя технологическую документацию, осуществляют планирование, подготовку и организацию производства, устанавливают взаимосвязи между отделами, цехами, а также исполнителями (конструкторами, технологами, мастерами и рабочими).

20.6. МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ СЛУЖБА

Метрология — наука об измерениях, методах и способах достижения установленной точности. Она является основой измерительной техники. Метрология устанавливает единицы физических величин и систем государственных эталонов единиц. На основании метрологических разработок создаются образцовые средства измерений, стандартные методы и средства испытания и контроля. В задачу метрологии входит надзор за эксплуатацией средств измерений. Единство измерения и правильность всех средств измерения, используемых в народном хозяйстве нашей страны, обеспечивает Госстандарт СССР. В его ведении находится государственная метрологическая служба, имеющая

сеть научно-исследовательских институтов и лабораторий государственного надзора. В нашей стране действуют метрологическая система мер и Международная система единиц (СИ).

20.7. ПОНЯТИЕ О КАЧЕСТВЕ ПРОДУКЦИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Качество продукции является важнейшим показателем деятельности предприятия. Любая продукция, любое изделие обладает комплексом объективных особенностей, проявляющихся при эксплуатации или потреблении этого изделия. Эти особенности называют свойствами продукции. Под качеством продукции понимают комплекс свойств, обуславливающих пригодность продукции для удовлетворения определенных потребностей в соответствии с ее назначением. Качество машин зависит от многих факторов: технических, определяющих уровень конструкции, надежность и другие показатели качества конструкции выпускаемого оборудования, технологические и контрольные процессы его изготовления; производственных, определяющих технический уровень технологического оборудования (прежде всего его способность обеспечивать заданные точность и шероховатость обрабатываемой поверхности); квалификационных, определяемых квалификацией работающих; организационных, характеризующих состояние технологической дисциплины, уровень научной организации труда; экономических (уровень цен на продукцию машиностроения и потребляемые материалы и комплектующие изделия, порядок финансирования мероприятий по повышению качества продукции и др.).

Количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, составляющих ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее изготовления и эксплуатации или потребления, называется показателем качества продукции (ПКП).

Наука, занимающаяся разработкой и исследованием методов количественной оценки показателей качества, называется квалиметрией. Единичный ПКП характеризует одно свойство продукции. Комплексный ПКП характеризует несколько ее свойств. Определяющий ПКП — показатель, по которому оценивают качество продукции. Единичный ПКП подразделяют на эксплуатационные показатели технического уровня и производственно-технологические (показатели технологичности). К первым относятся показатели назначения, надежности, эргономики, эстетики и патентно-правовые. Показатели назначения характеризуют степень соответствия машины ее целевому назначению, конструктивное исполнение и основные размеры, мощность, производительность, КПД и др.

Определяющими ПКП, например, станка, оценивающими его возможную область применения, являются технологические показатели (технические условия). К ним относятся технологические возможности станка т. е. размеры, форма и материал заготовок, которые могут на нем обрабатываться; точность обработки; произ-

водительность; эксплуатационные показатели и экономические показатели (ремонтпригодность, энергоемкость, безопасность работы, стоимость изготовления и эксплуатации и т. д.).

Важнейшим показателем качества изделия является надежность — свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого времени или требуемой наработки. К показателям надежности относятся безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость. Безотказность — это свойство машины выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени или требуемой наработки в конкретных условиях и режимах эксплуатации. Показатели безотказности: вероятность безотказной работы в течение определенного промежутка времени; средняя наработка до первого отказа; наработка на отказ; интенсивность отказов; гарантийная наработка.

Долговечность машины характеризуется сроками ее службы с учетом физического и морального износа до первого капитального ремонта, модернизации или списания. Показатели долговечности: ресурс; средний срок службы; срок службы до первого капитального ремонта; межремонтный срок службы и др.

Ремонтпригодность — свойство машины, которое заключается в ее приспособленности к преждевременному обнаружению и устранению неисправностей и отказов путем проведения технического обслуживания и ремонтов. Показатели ремонтпригодности: среднее время восстановления; средняя трудоемкость ремонтов и др.

Сохраняемость — свойство машины сохранять определенные эксплуатационные показатели во время и после срока хранения и транспортирования, заданных в технической документации.

Отказ — неисправность, без устранения которой машина (или аппаратура) не может выполнять все или хотя бы одну ее основную функцию. Виды отказов: полный; неполный (частичный); катастрофический; параметрический; внезапный; постепенный и др. При полном отказе невозможно использование машины до устранения его причины. Частичный отказ связан с ухудшением работы одного или нескольких узлов машины. Катастрофический отказ приводит к полному нарушению работоспособности (короткое замыкание, поломка и деформации деталей и узлов и т. д.) машины. Параметрические отказы выражаются в ухудшении качества функционирования изделия (например, потеря точности станка).

Параметрическая надежность — надежность в отношении отсутствия параметрических отказов. Для оценки надежности и долговечности используются следующие основные показатели: безотказность; коэффициент технического использования; технический ресурс; срок службы и гарантированный срок службы. Коэффициент технического использования — отношение времени

работы к полному времени, включая ремонт, профилактику и др. Технический ресурс (ресурс) — сумма интервалов времени безотказной работы изделия за период эксплуатации до разрушения или другого предельного состояния. Срок службы — календарная или продолжительность эксплуатации изделия до разрушения или другого предельного состояния (капитального ремонта). Гарантированный срок службы — календарная продолжительность эксплуатации изделия, в течение которой предприятие-изготовитель гарантирует исправление и материальную ответственность за возникновение неисправности при соблюдении правил эксплуатации изделия.

Эргономические показатели характеризуют машину в системе человек — машина и учитывают ее приспособленность к инженерно-психологическим, физиологическим и другим свойствам человека, которые проявляются в производственных условиях. Художественно-конструкторский уровень (техническая эстетика) изделия определяется сравнением с лучшими промышленными образцами, созданными на основе современного уровня технической эстетики, при обязательном сопоставлении удобства управления, обслуживания, облегчения условий труда.

Патентно-правовые показатели характеризуют качество и весомость новых отечественных изобретений, реализованных в данной машине. Эти показатели определяют степень защиты машины авторскими свидетельствами СССР и патентами за рубежом. Показатель патентной чистоты определяется одновременно с показателем патентной защиты. Он дает возможность беспрепятственно реализовать машины и другую продукцию в СССР и за рубежом.

20.8. ОЦЕНКА УРОВНЯ КАЧЕСТВА

Показатели качества определяют различными методами. При измерительном методе значения показателей определяют с помощью технических средств измерения, а при экспериментальном методе — на основе заключения экспертов. При социологическом методе значения показателей определяют на основе сбора и анализа мнений потребителей продукции. Применяют также расчетный и другие методы определения. При оценке качества станка выполняют ряд операций, состоящих из выбора показателей качества, определения их значений и сопоставления со значениями базовых показателей.

При оценке качества выявляется: годная продукция, удовлетворяющая всем установленным требованиям; дефекты — каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям (явные, скрытые, критические, малозначительные, значительные, неустраняемые, устранимые); брак — продукция, передача которой потребителю недопустима из-за наличия дефектов. Брак может быть исправимым и неисправимым.

Градации продукции определенного вида по одному или не-

скольким показателям качества называется ее сортом, а если ее устанавливают при государственной аттестации — то категорией качества продукции. Действия, осуществляемые при изготовлении, эксплуатации или потреблении продукции в целях установления, обеспечения и поддержания необходимого уровня ее качества, называют управлением качеством продукции. Для планомерного повышения уровня качества продукции, своевременного внедрения в промышленность научно-технических достижений используется государственная аттестация продукции и выполняется государственный надзор за ее качеством. Главной задачей аттестации является увеличение объема выпуска продукции, соответствующей лучшим отечественным и мировым образцам или превосходящей их. Продукцию машиностроительных предприятий делят на высшую и первую категории качества. К высшей категории относится продукция со стабильными показателями качества, соответствующими лучшим отечественным или мировым образцам или превосходящими их, учитывающая требования международных стандартов, обладающая конкурентоспособностью на внешнем рынке, обеспечивающая экономическую эффективность, удовлетворяющая потребности народного хозяйства и населения страны. К первой категории относится продукция, показатели которой соответствуют современным стандартам и техническим условиям и которая отвечает потребностям народного хозяйства и населения страны. Продукции высшей категории качества присваивается государственный Знак качества.

20.9. ЕДИНАЯ СИСТЕМА ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ

Эта система создана в нашей стране и представляет собой совокупность управляющих органов и объектов управления, взаимодействующих посредством материально-технических и информационных средств. Целью ЕСГ УКП является обеспечение постоянных высоких темпов роста уровня качества всех видов продукции. Эта цель достигается созданием и освоением в минимально возможные сроки новых видов продукции, соответствующей по качественным и технико-экономическим показателям последним научно-техническим достижениям или их превосходящей.

Основные принципы ЕСГ УКП: органическая взаимосвязь с системой управления народным хозяйством страны в целом; управление качеством продукции на всех уровнях (межотраслевом, отраслевом, объединений и предприятий), на всех стадиях (исследование, проектирование, изготовление, реализация и эксплуатация); комплексность, т. е. разработка и реализация взаимосвязанных технических, организационных, экономических и социальных мероприятий по улучшению качества; объективная ежедневная оценка уровня качества труда всех исполнителей;

сочетание государственных и общественных методов управления. Государственная система стандартизации является организационно-методической основой управления качеством продукции. На уровне межотраслевого управления качеством применяются ГОСТ, на уровне отрасли — ОСТ и на уровне предприятий — СТП.

20.10. ФОРМЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Для проверки качества нужен контроль. Техническим контролем называют проверку соответствия продукции или процесса, от которого зависит качество продукции, установленным техническим требованиям. Контроль качества может быть сплошным и выборочным: в первом случае проверяют каждую единицу продукции, во втором — определенную часть из партии изделий. Если технологический процесс не обеспечивает нужную стабильность заданных параметров качества продукции (размеров, геометрической формы, физико-механических свойств и т. д.), то применяют сплошной контроль.

Важное значение при выборочном контроле имеет определение оптимальной выборки — числа единиц продукции из партии, подлежащих контролю. Для обоснованного и точного определения размера выборки нужно учитывать погрешность контролируемого параметра, состояние оборудования и технологической оснастки и ряд других факторов, в том числе квалификацию рабочего. При проверке крупных партий изделий используют статистический метод контроля, при котором проверяют только 5—10 % продукции. Статистический метод контроля, применяемый в машиностроении, служит для регулирования и управления производственными процессами. Использование этого предупредительного контроля непосредственно на рабочем месте позволяет своевременно выявить возможность появления брака и принимать соответствующие меры по его устранению.

Из-за непрерывного изменения факторов, действующих при обработке, полученные детали, несмотря на то, что они изготовлены посредством одного и того же технологического процесса, отличаются по точности одна от другой. Это явление называют рассеянием характеристик точности. Погрешности, возникающие при обработке, разделяют на три вида: систематические постоянные; систематические, изменяющиеся по определенным законам; случайные. Систематическими называют погрешности, постоянные по величине и знаку или изменяющиеся по определенному закону. Систематические постоянные погрешности возникают, например, из-за неточной настройки динамического режима от ее упругих деформаций, отклонения температурного режима от заданной величины. При неправильной установке режущего инструмента на размер все детали партии будут иметь постоянную погрешность. Примером систематической, закономерно изменяющейся погрешности является погрешность обработки, вызванная

износом режущего инструмента. В большинстве случаев причины систематических погрешностей могут быть обнаружены и устранены соотвествующими технологическими мероприятиями.

Случайными называют непостоянные по величине и знаку погрешности. Это, например, погрешности, вызванные неравномерной твердостью материала обрабатываемой заготовки, колебаниями припуска на обработку, температурного режима, усилий зажима заготовки в приспособлении. Из-за наличия систематических и случайных погрешностей действительные размеры деталей переменны. Погрешности изготовления можно оценить статистическим методом, основанным на наблюдениях, проводимых в цехах и выполняемых по определенной методике с последующей обработкой полученных результатов методом математической статистики.

20.11. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА НА ПРЕДПРИЯТИИ

Контроль качества продукции во всех производственных звеньях предприятия осуществляет отдел технического контроля (ОТК). Его начальник подчиняется непосредственно директору предприятия. Он имеет право прекратить приемку и отгрузку готовой продукции, если последняя не соответствует стандартам и технической документации. В настоящее время с целью повышения качества выпускаемой продукции на предприятиях введена Государственная приемка. Органы Государственной приемки на предприятиях осуществляют контроль за качеством продукции и могут прекращать ее приемку в случае несоответствия установленным стандартам.

Непосредственно в цехах контроль качества продукции осуществляют контрольные мастера и контролеры, подчиненные ОТК. Качество труда производственных рабочих характеризуется процентом продукции, сданной ОТК с первого предъявления. Право сдачи продукции без контроля ОТК и работы с личным клеймом может быть представлено как отдельным высококвалифицированным рабочим, так и бригадам, участкам и цехам при определенных условиях. Однако это не освобождает работников ОТК от проверки качества выполнения технологического процесса, а дает им большую возможность уделять внимание предупреждению брака. ОТК занимается технической приемкой материалов, полуфабрикатов и готовых изделий, поступающих от предприятий-поставщиков. ОТК подчинены центральные измерительная лаборатория (ЦИЛ) и контрольно-поверочные пункты, обслуживающие цеха завода. ЦИЛ осуществляет разработку и внедрение поверочных схем, следит за эксплуатацией и состоянием измерительных средств и проверяет их в плановом порядке.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под стандартизацией?
2. Какова роль стандартизации в научно-техническом прогрессе?

3. Что понимают под унификацией?
4. Какие категории и виды стандартов вы знаете?
5. Каково назначение и сущность ЕСКД?
6. Каково назначение и сущность ЕСТД?
7. Каково назначение и сущность ЕСТПП?
8. Назначение метрологической службы.
9. Что такое качество продукции?
10. Какие показатели качества вы знаете?
11. В чем заключается оценка уровня качества?
12. Что такое статистический метод контроля качества?
13. Как организован технический контроль качества на предприятии?

ГЛАВА 21

ПРОГРЕССИВНЫЕ ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ И СТИМУЛИРОВАНИЯ ТРУДА РАБОЧИХ

21.1. СЕБСТОИМОСТЬ ПРОДУКЦИИ

В машиностроении себестоимость и отпускная цена изделий состоят из нескольких составляющих. В цеховую себестоимость входят расходы: 1) на основные материалы; 2) на полуфабрикаты и покупные изделия; 3) на технологическое топливо или энергию; 4) на освоение новых изделий; 5) связанные с работой оборудования; 6) общецеховые; 7) заработная плата производственных рабочих; 8) потери от брака. Цеховая себестоимость и общезаводские расходы входят в заводскую себестоимость. Совокупность цеховой, заводской себестоимости и воспроизведенных расходов составляют полную себестоимость. В отпускную цену входят полная себестоимость и прибыль.

Себестоимость продукции зависит от уровня организации производства. Основными способами снижения себестоимости продукции являются: повышение производительности труда; сокращение простоев оборудования и потерь рабочего времени; рациональное использование режущего инструмента и технологической оснастки; бережное хранение и складирование материалов, инструмента и деталей; соблюдение технологической дисциплины; работа без брака; изобретательство, рационализация и повышение квалификации; соблюдение правил техники безопасности.

21.2. ЗАРАБОТНАЯ ПЛАТА

В машиностроении оплата труда рабочих осуществляется на основе тарифной системы, состоящей из тарифной сетки, тарифных коэффициентов и тарифных ставок, а также системы оплаты труда. Все работы различаются в зависимости от квалификации рабочего данного разряда. Тарифный коэффициент показывает, во сколько раз тарифная ставка данного разряда превышает тарифную ставку рабочего первого разряда. Тарифная ставка

часовой оплаты любого разряда определяется ставкой первого разряда, умноженной на соответствующий тарифный коэффициент по данному разряду. На машиностроительных предприятиях используют в основном повременную и сдельную формы оплаты труда. В первом случае рабочий получает не за выполненную им работу, а за проработанное время. При сдельной оплате труда рабочий получает за число изготовленных им деталей. Премияльная оплата труда является дополнением к сдельной или повременной оплате труда.

21.3. БРИГАДНЫЕ ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ И СТИМУЛИРОВАНИЯ ТРУДА РАБОЧИХ

Современное машиностроительное производство характеризуется огромными количественными масштабами, высоким уровнем технической оснащенности, сложностью технических средств, высоким образовательным и культурно-техническим уровнем рабочих, стремлением их к активной творческой деятельности и повсеместному участию в управлении производством. Поэтому бригадная форма организации и стимулирования труда рабочих в данных условиях гораздо эффективнее, чем индивидуальная. Бригадная организация труда является одним из направлений осуществляемой в стране перестройки хозяйственного механизма.

В бригадах нового типа, создаваемых на добровольных принципах, оплата и оценка труда зависят от конечного результата, а заработная плата начисляется по единому наряду с последующим распределением заработка между членами бригады по их личному вкладу в результат работы коллектива. Бригадная форма организации труда создает стимул для повышения производительности труда в результате лучшего использования рабочего времени, более широкого использования передовых методов и приемов работы, совмещения профессий по двум специальностям и более. Бригадный подряд предполагает хозрасчетную организацию труда, при которой бригада несет материальную ответственность за выполнение плана и величину затрат. Сущность хозрасчета состоит в том, чтобы добиться увеличения выпуска продукции с наименьшими затратами труда, материалов, энергии при высоком качестве изделий. На предприятиях имеется бригадный и индивидуальный хозрасчет. Основой бригадного хозрасчета является месячный план, определяющий объем производственного задания в количественных и качественных показателях. Для эффективного использования бригадного хозрасчета нужно строго учитывать расход материалов, инструментов, электроэнергии, т. е. всех видов материальных ресурсов, идущих на изготовление продукции. Индивидуальный хозрасчет осуществляется на отдельном рабочем месте. Его преимущество заключается в том, что при правильной организации в борьбу за режим экономии включаются широкие массы трудящихся.

Оценка и оплата труда в бригадах по конечному результату на единый наряд при правильном распределении заработка между членами бригады создает коллективную и индивидуальную заинтересованность в выполнении плановых показателей. Одной из прогрессивных форм оплаты является распределение заработка с учетом коэффициента трудового участия (КТУ). При расчете КТУ учитываются следующие показатели: выработка; качество и сложность работы; совмещение профессий; наставничество; передача опыта; использование оборудования; освоение новой технологии; экономия сырья и энергоресурсов; трудовая активность; трудовая дисциплина. Величина КТУ для каждого работника утверждается советом бригады. Таким образом бригадная форма организации и оплаты труда создает благоприятные условия для формирования социалистической предприимчивости, воспитания чувства хозяина производства, высокой коммунистической сознательности.

Контрольные работы

1. Что такое себестоимость продукции?
2. Как производится оплата труда рабочих?
3. Расскажите о бригадных формах организации и стимулирования труда рабочих.

1. Последовательность выполнения переходов на многооперационном станке

№ перехода	Содержание перехода	Инструмент
1	Черновое, чистовое фрезерование внешних поверхностей	Фрезы торцовые
2	Сверление (рассверливание) отверстий диаметром свыше 30 мм в сплошных стенках; сквозное — основных отверстий, глухое — для ввода концевых фрез	Сверла
3	Фрезерование пазов, отверстий, окон, карманов	Фрезы концевые
4	Фрезерование внутренних поверхностей, перпендикулярных оси шпинделя	Фрезы торцовые, концевые
5	Черновое зенкерование и растачивание основных отверстий в сплошных стенках после перехода № 2	Зенкеры, резцы расточные
6	Обработка канавок, уступов и фасок, расположенных в основных отверстиях и концентричных осях	Фрезы, резцы различного назначения; зенковки
7	Обработка канавок, уступов и других поверхностей на внешних, внутренних и на необрабатываемых поверхностях	Фрезы концевые, шпоночные
8	Обработка крепежных и других вспомогательных отверстий диаметром свыше 15 мм	Сверла, зенкеры, метчики
9	Снятие фасок	Фрезы угловые
10	Перезакрепление детали; проверка положения рабочих органов станка	
11	Окончательное фрезерование плоскостей	Фрезы торцовые
12	Обработка точных поверхностей основных отверстий	Резцы расточные, развертки
13	Обработка точных отверстий малого диаметра	Сверла, резцы расточные, развертки
14	Обработка точных и точно расположенных в отверстиях канавок, выемок, уступов	Резцы расточные, фрезы дисковые трехсторонние
15	Обработка выемок, пазов, карманов, прорезей, расположенных асимметрично относительно отверстий	Фрезы и резцы различного наименования
16	Обработка обратных фасок и других поверхностей, связанных с основными отверстиями	Фрезы дисковые, угловые; резцы канавочные, фасонные
17	Обработка крепежных и других отверстий малого диаметра	Сверла, зенкеры, зенковки, метчики

Дефекты	Способы устранения
Деформации деталей при зажиме и в процессе обработки Низкая точность линейных и диаметральных размеров: при фрезеровании	Стабилизировать силы резания за счет регулирования подачи и глубины резания. Измерить траекторию движения инструмента
при растачивании	Использовать инструмент большого диаметра, обеспечивающий обработку с минимальным числом проходов Уменьшить силу резания за счет регулирования подачи Изменить траекторию движения инструмента Повысить жесткость оправок Очищать посадочные поверхности шпинделя и оправки перед каждой установкой инструмента Уменьшить силу резания
при обработке отверстий	Обеспечить совпадение осей отверстия и инструмента. Использовать при центровании укороченное сверло Работать сверлами с симметричной заточкой Уменьшить биение режущих кромок инструмента Уменьшить подачу при врезании и сверлении Уточнить диаметральный размер зенкера развертки Уменьшить вылет инструмента Увеличить или уменьшить диаметр отверстия под резьбу Изменить состав СОЖ Повысить точность предварительной обработки Уменьшить радиальную силу резания за счет коррекции элементов режима резания, увеличения углов в плане, уменьшения радиуса вершины Уменьшить биение режущих кромок инструмента. Заменить изношенный инструмент
Погрешность формы отверстия в продольном и поперечном сечениях	Изменить скорость и подачу инструмента. Изменить углы в плане, использовать инструменты с зачистными зубьями или кромками
Шероховатость обработанной поверхности	Выводить инструмент после отвода от обработанной поверхности Выводить инструмент на рабочей подаче (прямой ход — получистовой, обратный — чистовой)
Появление следа резца на обработанной поверхности отверстия	Увеличить усилия зажима детали Установить дополнительные упоры или прижимы Изменить величину и направление действия сил резания за счет корректировки траектории движения инструмента, его диаметра и режима резания
Смещение положения детали в процессе обработки	Уменьшить рабочую подачу. Уменьшить главный угол в плане. Перераспределить припуск между инструментами
Сколы на участках входа и выхода инструмента	

Продолжение прилож. 2

Дефекты	Способы устранения
Поломка режущих инструментов: фрез	Уменьшить подачу на участках входа и выхода. Изменить траекторию движения инструмента на участках входа и выхода
сверл	Уменьшить биение кромок. Использовать инструменты с подточкой. Увеличить задние углы. Обеспечить надежный зажим инструмента в цанге, патроне и зажим детали. Устранить возможность врезания с ускоренного хода. Уменьшить рабочую подачу и подачу на выходе из отверстия. Выполнить сверление после центрирования или зенкерования отверстия. Обеспечить совпадение осей отверстия и сверла. Уменьшить частоту вращения с целью снижения износа инструмента; заменить изношенный инструмент
метчиков	Проверить работоспособность и отрегулировать патрон. Согласовать частоту вращения и подачу метчика с принципом работы патрона. Устранить возможность упора метчика в дно отверстия из-за малого запаса на глубине отверстия
Возникновение вибраций: при фрезеровании	Уменьшить глубину и ширину резания с одновременным увеличением подачи. Изменить частоту вращения фрезы. Увеличить (уменьшить) диаметр фрезы, число зубьев, угол в плане и передний угол. Уменьшить вылет, повысить жесткость крепления. Уменьшить неравномерность. Фрезеровать, изменив положение центра фрезы относительно обрабатываемой поверхности, увеличив угол наклона винтовых канавок. Изменить траекторию перемещения или направление движения фрезы
при точении и растачивании	Изменить подачу, частоту вращения инструмента, углы в плане, радиус вершины. Увеличить передний угол резца. Использовать резцы с виброгасящей фаской шириной 0,1 мм и задним углом, равным -15° . Увеличить жесткость оправки путем уменьшения вылета или увеличения диаметра. Использовать специальные виброгасящие оправки
при зенковании	Уменьшить выдержку времени в конце рабочего хода. Уменьшить частоту вращения, число зубьев инструмента

3. Подвод и переberg при сверлении отверстий

Диаметр отверстия, мм	Диаметр центрального отверстия	Подвод l_1 , мм	Переberg l_2 , мм	Длина рабочего хода, мм
Сверление после центрирования				
5	7		3,5	$l^{**} + 3,0$
6	8	-0,5*	4,0	
7	9		4,5	
8	10	-1,0		$l + 3,5$
	11	-1,5	5,0	
10	12		5,5	$l + 3,0$
11	13	-2,0		
12	14	-2,5	6,0	$l + 3,5$
14	16	-3,0	6,5	
15	17	-3,5		$l + 3,0$
Сверление в сплошном материале				
16			7,0	$l + 9,0$
17				
18			7,5	$l + 9,5$
19				
20			8,0	$l + 10,0$
22			8,5	$l + 10,5$
23		2		
24			9,0	$l + 11,0$
25			9,5	$l + 11,5$
26			10,0	$l + 12,0$
28			10,5	$l + 12,5$
30			11,0	$l + 13,0$

* Инструмент перед врезанием вводится в предварительно обработанное отверстие
 ** l — длина отверстия, мм

4. Подвод и переberg при рассверливании отверстий

Диаметр сверла, мм	Диаметр отверстия, мм	Подвод l_1 , мм	Переberg l_2 , мм	Длина рабочего хода, мм
20			8,0	$l^* + 5,5$
22			8,5	$l + 6,0$
23			9,0	$l + 6,5$
24				
25	15	-2,5	9,5	$l + 7,0$
26			10,0	$l + 7,5$
28			10,5	$l + 8,0$
30			11,0	$l + 8,5$
33			12,0	$l + 8,0$
36	20	-4,0	13,0	$l + 9,0$
38			13,5	$l + 8,0$
40	25	-5,5	14,0	$l + 8,5$

* l — длина отверстия, мм

5. Подвод и перебег при зенкеровании и развертывании отверстий

Тип инструмента	Диаметр инструмента, мм	Подвод l_1 , мм	Перебег l_2 , мм	Длина рабочего хода, мм
Зенкер	Свыше 10 до 12	1,5	3,5	$l^* + 5$
	— » — 12 » 18		4	$l + 5$
	— » — 18 » 32		5	$l + 6$
Зенковка коническая, цековка		2	0	$l + 2$
Развертка черновая	До 10	1	7	$l + 8$
	Свыше 10 до 20		8	$l + 9$
	Свыше 20		9	$l + 10$
Развертка чистовая	До 10	2	7	$l + 9$
	Свыше 10 до 20		8	$l + 10$
	Свыше 20		9	$l + 11$

* l — длина отверстия, мм

6. Подвод при центровании отверстий

Диаметр отверстия, мм	Диаметр сверла, мм	Подвод l_1 , мм	Длина отверстия l , мм	Длина рабочего хода, мм
-----------------------	--------------------	-------------------	--------------------------	-------------------------

Центрование спиральным сверлом

7			3,5	5,5
8			4,0	6,0
9	10		4,5	6,5
10			5,0	7,0
11			5,5	7,5
12	15	2	6,0	8,0
13			6,5	8,5
14			7,0	9,0
15	20		7,5	9,5
16		8,0	10,0	
17		8,5	10,5	

Центрование центровочным сверлом

7			9,0	11,0
8	4		10,0	12,0
9			10,5	12,5
10			12,5	14,5
11	5		13,0	15,0
12			15,0	17,0
13			16,0	18,0
14	6,3	2	16,5	18,5
15			17,5	19,5
16			19,5	21,5
17	8		20,5	22,5

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Аршинов В. А., Алексеев Г. А. Резание металлов и режущий инструмент. М., 1976.

Балашкин Б. С. Основы технологии машиностроения. М., 1969.

Барбашов Ф. А. Фрезерные работы. М., 1986.

Белецкий Д. Г., Моисеев В. Г., Шеметов М. Г. Справочник токаря-универсала. М., 1987.

Белоусов А. П. Проектирование станочных приспособлений. М., 1974.

Волчкевич Л. И. Комплексная автоматизация производства. М., 1983.

Воробьев Л. Н. Технология машиностроения и ремонт машин. М., 1981.

Власов С. Н., Голович Г. М., Черпаков Б. И. Устройство, наладка и обслуживание металлообрабатывающих станков и автоматических линий. М., 1983.

Грачев Л. Н., Косовский В. Л. и др. Конструкция и наладка станков с программным управлением и роботизированных комплексов. М., 1986.

Гусев А. А., Ковальчук Е. Р. и др. Технология машиностроения. М., 1986.

Дальский А. М., Гаврилюк В. С. и др. Механическая обработка материалов. М., 1981.

Завгороднев П. И. Работа оператора на станках с программным управлением. М., 1981.

Зайцев Б. Г., Шевченко А. С. Справочник молодого токаря. М., 1979.

Ковшов А. Н. Станочник-универсал сельскохозяйственной мастерской. М., 1985.

Косовский В. Л., Козырев Ю. Г. и др. Программное управление станками и промышленными роботами. М., 1986.

Колка И. А., Кувшинский В. В. Многооперационные станки. М., 1983.

Кузнецов В. Г. Приводы станков с программным управлением. М., 1983.

Кузнецов Ю. И., Маслов А. Р., Байков А. Н. Оснастка для станков с ЧПУ. М., 1983.

Крысин А. М., Наумов И. З. Слесарь механосборочных работ. М., 1983.

Локтева С. Е. Станки с программным управлением. М., 1986.

Лоскутов В. В. Шлифование металлов. М., 1985.

Лоскутов В. В. Шлифовальные станки. М., 1986.

Маталин А. А. Технология машиностроения. М., 1986.

Марголит Р. Б. Наладка станков с программным управлением. М., 1976.

Махаришко А. М. Контроль станочных и слесарных работ. М., 1986.

Маеров А. Г. Устройство, основы конструирования и расчет металлообрабатывающих станков и автоматических линий. М., 1986.

Наерман М. С. Справочник молодого шлифовщика. М., 1985.

Новиков В. Ю., Схиртладзе А. Г. Технология изготовления металлообрабатывающих станков и автоматических линий. М., 1982.

Новиков В. Ю., Схиртладзе А. Г. Технология станкостроения. М., 1989.

Панов Ф. С., Травин А. И. Работа на станках с числовым программным управлением. Л., 1984.

Попов С. А. Шлифовальные работы. М., 1987.

Сидоров В. Н. Безопасность труда при работе на металлорежущих станках. Л., 1985.