

Федеральный комплект учебников



Профессиональное
образование

Металлообработка

Б. И. Черпаков
Т. А. Альперович

Металлорежущие станки

Учебник



Б. И. ЧЕРПАКОВ, Т. А. АЛЬПЕРОВИЧ

МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ

Учебник

Допущено

*Министерством образования Российской Федерации
в качестве учебника для образовательных учреждений
начального профессионального образования*

УДК 621.9.06.002.2
ББК 34.63-5
Ч-49

Рецензент —
канд. техн. наук, доц. кафедры «Металлорежущие станки»
МГТУ им. Н.Э. Баумана *Л. И. Вереина*

Черпаков Б. И.

Ч-49 **Металлорежущие станки: Учебник для нач. проф. образования / Б. И. Черпаков, Т. А. Альперович. — М.: Издательский центр «Академия», 2003. — 368 с.**
ISBN 5-7695-1141-9

Приведены общие сведения о металлорежущих станках, специфике профессии станочника, основах обработки материалов резанием и применяемом режущем инструменте, конструкции, наладке и эксплуатации токарных, фрезерных, сверлильных и шлифовальных станков с ручным и числовым программным управлением. Подробно рассмотрены вопросы технологии выполнения типовых операций на указанном оборудовании; выбора режущего инструмента и режимов обработки, контрольного инструмента и приспособлений; наладки и переналадки, а также рациональных методов эксплуатации.

Для учащихся учреждений начального профессионального образования, осваивающих специальность станочника широкого профиля, а также оператора станков с числовым программным управлением.

УДК 621.9.06.002.2
ББК 34.63-5

© Черпаков Б. И., Альперович Т. А., 2003
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2003
ISBN 5-7695-1141-9 © Оформление. Издательский центр «Академия», 2003

Введение

В связи с переходом к новым экономическим отношениям в России произошли большие изменения в промышленности. Особо динамичными оказались изменения в металлообрабатывающей промышленности, а в ней — в машиностроении, где главная рабочая профессия — станочник.

На предприятиях, функционирующих в условиях рынка, к рабочему-станочнику предъявляются особые требования, необходимые при изготовлении конкурентоспособной продукции. Для создания продукции высокого качества малыми партиями, станочник должен уметь работать на разнообразном оборудовании (токарном, фрезерном, шлифовальном и других станках), самостоятельно наладивать оборудование, выбирать оптимальные режимы обработки, устранять отказы, контролировать качество своего труда в условиях, когда нет технолога или мастера, технической библиотеки, отсутствует квалифицированная помощь рабочего, имеющего более высокий разряд.

При простом станочного оборудования на многих предприятиях продолжает ощущаться дефицит кадров рабочих-станочников. По этой профессии создаются новые рабочие места, есть вакансии на больших и малых предприятиях различных форм собственности.

Рассмотренные в учебнике оборудование, технологии и инструменты являются наиболее применяемыми в настоящее время в российской промышленности и поэтому учащиеся, пользующиеся этим учебником, имеют возможность достаточно быстро адаптироваться в новых производственных условиях при работе на различных предприятиях, в ремонтных мастерских и индивидуально.

Конструкции металлорежущих станков изменяются во времени. Появляются новые механизмы, расширяются технологические возможности, повышаются производительность и качество обработки. Поэтому в учебнике приводятся сведения о перспективах развития металлорежущих станков и новых требованиях к профессии станочника.

Методически книга построена в соответствии с системным подходом к изучению различных типов металлорежущих станков. В начале приводятся технические характеристики и требования к работе оборудования и продукции (точность, производительность,

методы организации рациональной эксплуатации и т. д.), процессам резания и режущим инструментам. Далее рассматриваются устройство металлорежущих станков различных групп, операционные технологии, принятые для этого оборудования на производстве, даются сведения о методах наладки и рациональной эксплуатации наиболее распространенных типов станков в группах, в том числе сведения о типовых неисправностях, возникающих при работе на станочном оборудовании, и рекомендации по их устранению.

В отдельных главах учебника приведены справочные сведения, необходимые рабочему в условиях работы на небольших предприятиях и индивидуально.

В конце учебника приведен список литературы, необходимой рабочим-станочникам для самостоятельного повышения квалификации (до 5 — 6-го разрядов).

Подразд. 8.6 написан канд. техн. наук Я. М. Ашкиназий.

ОСНОВЫ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ

Глава 1

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СТАНКАХ

1.1. Классификация металлорежущих станков

Металлорежущим станком (или более общо — станком) называют технологическую машину, на которой путем снятия стружки с заготовки получают деталь с заданными размерами, формой, взаимным расположением и шероховатостью поверхностей. На станках обрабатывают заготовки не только из металла, но и из других материалов, поэтому термин «металлорежущие станки» устаревает и становится условным. *Заготовкой* называют предмет труда, из которого изменением формы, размеров и свойств поверхности изготавливают *деталь*. Последняя представляет собой продукт труда — изделие, предназначенное для реализации (в основном производстве) или собственных нужд предприятия (во вспомогательном производстве).

Станки могут быть классифицированы по разным признакам, основные из которых рассмотрены ниже.

По степени универсальности различают универсальные, специализированные и специальные станки.

Универсальные станки (или станки общего назначения) используют для обработки деталей широкой номенклатуры, ограниченной лишь предельными габаритами, набором инструмента и технологическими операциями.

Специализированные станки используют для обработки однотипных деталей (труб, муфт, коленчатых валов и крепежных деталей) в определенном диапазоне размеров.

Специальные станки применяют для обработки одной определенной детали, реже — нескольких однотипных деталей.

Специализированные и специальные станки используют в основном в крупносерийном и массовом производствах.

По степени точности обработки станки делят на пять классов:

Обозначение моделей металлорежущих станков,

Наименование	Группа	Тип станка			
		1	2	3	4
Токарные	1	Автоматы и полуавтоматы		Токарно-револьверные	—
		одношпиндельные	многошпиндельные		
Сверлильные и расточные	2	Настольно-и вертикально-сверлильные	Полуавтоматы		Координатно-расточные
			одношпиндельные	многошпиндельные	
Шлифовальные, полировальные, доводочные, заточные	3	Круглошлифовальные, бесцентровошлифовальные	Внутришлифовальные, координатно-шлифовальные	Обдирочно-шлифовальные	Специализированные шлифовальные
Электрофизические и электрохимические	4	—	Светолучевые	—	Электрохимические
Зубо- и резьбообрабатывающие	5	Зубодолбежные для обработки цилиндрических колес	Зуборезные для обработки конических колес	Зубофрезерные для обработки цилиндрических колес и шлицевых валов	Для нарезания червячных колес
Фрезерные	6	Вертикально-фрезерные, консольные	Фрезерные непрерывного действия	Продольные одностоечные	Копировальные и гравировальные
Строгальные, долбежные, протяжные	7	Продольные		Поперечно-строгальные	Долбежные
		одностоечные	двухстоечные		
Разрезные	8	Отрезные, оснащенные			Правильно-отрезные
		токарным резцом	шлифовальным крутом	гладким или насеченным диском	
Разные	9	Муфто- и трубообрабатывающие	Пилонасекательные	Правильно- и бесцентрово-обдирочные	—

Таблица 1.1

выпускаемых в России (на 1990 г.)

Тип станка				
5	6	7	8	9
Карусельные	Токарные и лоботокарные	Многорезцовые и копировальные	Специализированные	Разные токарные
Радиально- и координатно-сверлильные	Расточные	Отделочно-расточные	Горизонтально-сверлильные	Разные сверлильные
Продольно-шлифовальные	Заточные	Плоско-шлифовальные	Притирочные, полировальные, хонинговальные, доводочные	Разные абразивные
Электроискровые	—	Электроэрозионные, ультразвуковые прошивочные	Анодно-механические отрезные	—
Для обработки торцов зубьев колес	Резьбо-фрезерные	Зубоотделочные, проверочные и обкатные	Зубо- и резьбо-шлифовальные	Разные зубо- и резьбо-обрабатывающие
Вертикально-фрезерные бесконсольные	Продольные двухстоечные	Консольно-фрезерные операционные	Горизонтально-фрезерные консольные	Разные фрезерные
Протяжные горизонтальные	Протяжные вертикальные для протягивания		—	Разные строгальные
	внутреннего	наружного		
Ленточно-пильные	Отрезные с дисковой пилой	Отрезные ножовочные	—	—
Для испытания инструментов	Делительные машины	Балансировочные	—	—

- *нормальной точности* (Н); к этому классу относят большинство универсальных станков;

- *повышенной точности* (П); при изготовлении станков этого класса на базе станков нормальной точности предъявляют повышенные требования к точности обработки ответственных деталей, качеству сборки и регулировки станка;

- *высокой точности* (В), достигаемой за счет специальной конструкции отдельных узлов, высоких требований к точности изготовления деталей, качеству сборки и регулировки станка в целом;

- *особо высокой точности* (А), при изготовлении которых предъявляют еще более жесткие требования, чем при изготовлении станков класса В;

- *особо точные* (С) станки, или мастер-станки.

Для обеспечения точности работы станков классов В, А и С необходимо поддерживать в производственных помещениях постоянные, автоматически регулируемые значения температуры и влажности.

По степени автоматизации различают механизированные и автоматизированные станки (автоматы и полуавтоматы).

Механизированный станок имеет одну автоматизированную операцию, например зажим заготовки или подачу инструмента.

Автомат, осуществляя обработку, производит все рабочие и вспомогательные движения цикла технологической операции и повторяет их без участия рабочего, который лишь наблюдает за работой станка, контролирует качество обработки и, при необходимости, поднастраивает станок, т.е. регулирует его для восстановления достигнутых при наладке точности взаимного расположения инструмента и заготовки, качества обрабатываемой детали. (Под циклом понимают промежуток времени от начала до конца периодически повторяющейся технологической операции независимо от числа одновременно изготавливаемых деталей.)

Полуавтомат — станок, работающий с автоматическим циклом, для повторения которого требуется вмешательство рабочего. Например, рабочий должен снять деталь и установить новую заготовку, а затем включить станок для автоматической работы в следующем цикле.

По расположению шпинделя станки делятся на *горизонтальные, вертикальные, наклонные и комбинированные*.

В зависимости от массы различают *легкие* (до 1 т), *средние* (до 10 т) и *тяжелые* (свыше 10 т) станки, среди которых можно выделить *особо тяжелые*, или *уникальные* (более 100 т).

Совокупность всех типов и размеров выпускаемых станков называется *типажом*. Для обозначения модели станка, выпускаемого серийно, принята классификация, разработанная Экспериментальным научно-исследовательским институтом металлорежущих

станков (ЭНИМС), в соответствии с которой все станки делят на девять групп (табл. 1.1). Каждая группа, в свою очередь, подразделяется на девять типов, характеризующих назначение станка, его компоновку и другие особенности.

Модель станка обозначается тремя или четырьмя цифрами с добавлением в некоторых случаях букв. Таким образом, обозначение токарно-винторезного станка модели 16К20П следует расшифровать так: токарно-винторезный станок (первые две цифры) с высотой центров (половина наибольшего диаметра обработки) 200 мм, повышенной точности П и очередной модификации К. При обозначении станков с числовым программным управлением (ЧПУ) добавляют еще буквы и цифры, например 16К20ПФ3 (Ф3 — числовое управление тремя координатными движениями).

Для обозначения специальных и специализированных станков каждому станкостроительному заводу присвоен индекс из одной или двух букв, после которого ставится регистрационный номер станка. Например, Московское станкостроительное ОАО «Красный пролетарий» имеет индекс МК.

Контрольные вопросы

1. Что называется металлорежущим станком?
2. Как классифицируют металлорежущие станки по степени универсальности, точности, автоматизации?
3. Расскажите, как обозначают модель станка?

1.2. Точность станков и качество обработки

Качество обработки на станке непосредственно связано с его точностью, которая характеризует степень влияния различных погрешностей станка (геометрических, кинематических, упругих, температурных и динамических) на точность изготавливаемых деталей.

Геометрические погрешности зависят от точности изготовления деталей и сборки станка, а также его износа в процессе эксплуатации. Они влияют на точность взаимного расположения режущего инструмента и заготовки в процессе формообразования.

Кинематические погрешности определяются ошибками в передаточных числах различных передач кинематической цепи, возникающими вследствие погрешностей отдельных элементов станка (зубчатых колес, червяков, винтовых пар и др.).

Упругие погрешности связаны с деформациями станка, которые вызывают изменение взаимного расположения инструмента и заготовки под действием сил резания, и характеризуются жест-

костью станка, т.е. его способностью сопротивляться образованию деформации.

Температурные погрешности возникают, главным образом, вследствие неравномерного нагрева различных элементов станка в процессе его работы (что приводит к изменению начальной геометрической точности) и оказывают существенное влияние на качество обработки деталей, особенно высокоточных.

Динамические погрешности связаны с относительными колебаниями инструмента и заготовки. Они ухудшают качество обработки, могут снижать стойкость режущего инструмента и долговечность станка.

Кроме указанных погрешностей станка на качество обработки значительное влияние оказывают погрешности режущего инструмента, возникающие при его изготовлении и установке на станке, а также износ режущей части в процессе эксплуатации.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные погрешности станка.
2. Перечислите основные погрешности, снижающие качество режущего инструмента.

1.3. Производительность и надежность станков

Производительность станка характеризуется числом деталей, изготовленных на нем в единицу времени. Для универсального оборудования с ручным управлением производительность Q , шт./ч, определяют по формуле

$$Q = 3600 / t_k,$$

где t_k — калькуляционное время обработки, с; $t_k = t_{шт} + t_{п.з} / n$; $t_{шт}$ — штучное время, с; $t_{шт} = t_o + t_b + t_{т.о} + t_{о.о} + t_{отд}$; t_o — основное технологическое время, с; t_b — вспомогательное время, с; $t_{т.о}$ и $t_{о.о}$ — соответственно время технического и организационного обслуживания, отнесенное к изготовлению одной детали, с; $t_{отд}$ — время отдыха рабочего, отнесенное к изготовлению одной детали, с; $t_{п.з}$ — подготовительно-заключительное время, с; n — число заготовок в партии, шт.

Надежность станка — это способность выпускать годную продукцию с заданной производительностью в течение определенного срока службы при соответствующих условиях работы и технического обслуживания. Надежность станочного оборудования характеризуется безотказностью, ремонтпригодностью, долговечностью.

Безотказность станка — это свойство непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени. Нарушение ра-

ботоспособности (отказ) станка приводит к прекращению выпуска продукции, а если станок продолжает работать, то изготовленная продукция является бракованной.

Восстановление работоспособности оборудования начинается после отказа одного или нескольких элементов, например поломки инструмента. Длительность восстановления работоспособности оборудования включает в себя его простои. При этом необходимо учитывать занятость обслуживающего персонала. Чем меньше средняя длительность восстановления станка, тем выше его *ремонтпригодность*, т. е. приспособленность к предупреждению, обнаружению как причин возникновения отказов, так и их последствий путем проведения технического обслуживания и ремонта.

Долговечность станка — это свойство сохранять работоспособность до выхода параметров станка за границы допустимых норм (наступление предельного состояния) при условии проведения установленного технического обслуживания и ремонта. Долговечность зависит главным образом от изнашивания подвижных соединений, усталости и старения материала элементов станка.

Контрольные вопросы

1. Определите производительность универсального токарного станка с ручным управлением при обработке партии деталей $n = 10$ шт. и заданных значениях: $t_0 = 30$ с; $t_n = 10$ с; $t_{г.о} = 5$ с; $t_{у.о} = 5$ с; $t_{отд} = 5$ с; $t_{м.з} = 1800$ с.
2. Что такое надежность станка?
3. Чем характеризуется надежность станка?

1.4. Организация рабочего места станочника

Рабочее место станочника — это участок производственной площади цеха, на котором расположен станок с комплектом приспособлений, вспомогательного и режущего инструмента, а также техническая документация и другие предметы и материалы, находящиеся непосредственно в распоряжении рабочего. Рабочее место является основным звеном любой производственной структуры, где производят механическую обработку на станках, поэтому очень важно, чтобы оно было рационально организовано.

Под организацией рабочего места понимают упорядоченное расположение станка (станков при многостаночном обслуживании), организационной оснастки (т. е. инструментальных шкафов, подносов и лотков для инструментов, стеллажей для станочных приспособлений, планшетов и рамок для технической документации и др.), а также других устройств, обеспечивающих станочнику необходимые условия для высокопроизводительной и без-

опасной работы. Рациональная организация рабочего места включает в себя его планировку, оснащение и обслуживание.

Под *планировкой* понимают наиболее целесообразное размещение на производственной площади рабочего и станочного оборудования, материалов, подъемно-транспортных средств и оргоснастки. При планировании рабочего места в первую очередь необходимо учитывать рабочее положение станочника, а также значение и характер рабочих усилий (статических, динамических), объем и темп выполняемых движений, степень точности операций и т. п. Для осуществления подавляющего большинства станочных работ характерна рабочая поза стоя (вертикальное положение туловища или наклон его вперед на $10 \dots 15^\circ$), обеспечивающая наилучшие условия для обзора, возможность развития больших усилий и движений с большим размахом.

Оснащение рабочего места включает в себя технические средства, необходимые для производства определенных видов работ и их контроля (станки, подъемно-транспортные устройства, технологическую и организационную оснастку, измерительные приспособления), а также средства, обеспечивающие комфортные условия и безопасность труда на рабочем месте (соответствующее освещение, ограничение уровня шума и вибраций, средства связи, эстетические мероприятия и др.).

Технологическая оснастка — это средства, обеспечивающие выполнение технологического процесса с заданными параметрами: станочные приспособления, режущий, вспомогательный и измерительный инструменты.

Организационная оснастка — это средства для размещения и хранения технологической оснастки, а также для облегчения труда и обеспечения его безопасности. Обычно в нее входят: средства для хранения станочных приспособлений, режущего, вспомогательного и измерительного инструмента (шкафы, тумбочки, этажерки и т. п.); средства для хранения материалов, заготовок и обработанных деталей (тара, стойки, стеллажи и пр.); средства для размещения технической и технологической документации (планшеты, полки, ящики и др.); средства, обеспечивающие нормальные условия протекания технологического процесса (производственная мебель, местное освещение, средства связи и т. п.).

Все рабочие места станочников в обязательном порядке оснащают решетками под ноги либо ступеньками со сплошным настилом. Их следует изготавливать из электроизоляционных материалов (сухой древесины, пластмассы). Решетки применяют в тех случаях, когда при обработке образуется большое количество стружки; детали, обрабатываемые на шлифовальных станках, имеют малые припуски, поэтому около таких станков удобнее иметь ступеньку со сплошным настилом. Высоту расположения решеток и

ступенек от пола выбирают в зависимости от роста рабочего, а их габаритные размеры — исходя из того, чтобы не было перенапряжения мышечно-связочного аппарата рабочего (подсознательная боязнь оступиться заставляет рабочего постоянно держать мышцы ног в напряженном состоянии, что вызывает их хроническое утомление, сопровождаемое дрожанием или сведением мышц судорогой).

Обслуживание рабочего места — это комплекс мероприятий по обеспечению его средствами и предметами труда, а также услугами с целью создания необходимых условий для высокопроизводительной, ритмичной и безопасной работы. Особое внимание при обслуживании рабочего места уделяется ежедневной уборке станка и околостаночного пространства (очистка от стружки, смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ), масла и др.). Эту работу выполняет станочник.

Контрольные вопросы

1. Что называется рабочим местом станочника?
2. Расскажите о планировке рабочего места станочника.
3. Чем оснащается рабочее место станочника?
4. Какие мероприятия проводятся при обслуживании рабочего места станочника?

1.5. Условия и охрана труда. Производственные санитарно-гигиенические нормы

В процессе труда человек вступает во взаимодействие с предметами и орудиями труда, а также с другими людьми. Кроме того, на него воздействуют различные факторы производственной обстановки (температура, влажность и условия вентиляции воздуха, шум, вибрация, вредные вещества, различные излучения и т.д.). Все это в совокупности характеризует *условия труда* человека. Улучшению условий труда придается очень большое значение, так как от них в значительной степени зависят здоровье и работоспособность человека, его отношение к труду и результаты этого труда.

Для целенаправленной деятельности по улучшению условий труда факторы, воздействующие на них, объединены в три группы.

Первая группа факторов обусловлена господствующими в обществе производственными отношениями. Сюда относятся: нормативно-правовые факторы (законы о труде, правила, нормы, стандарты и т.п., практика государственного и общественного контроля за их соблюдением), социально-психологические факторы, характеризующие отношение работника к труду, психологический климат в коллективе и т.п.; общественно-политические

и экономические факторы (система льгот и компенсаций, моральное и материальное стимулирование).

Вторая группа факторов оказывает непосредственное воздействие на формирование материально-вещественных элементов труда, предметы и орудия труда, технологические процессы, организационные формы производства, применяемые режимы труда и отдыха.

Третья группа факторов характеризует воздействие на работников климатических, геологических и биологических особенностей местности, где протекает работа.

В процессе производства этот сложный комплекс факторов, воздействующих на формирование условий труда, объединен многообразными взаимными связями.

Охрана труда — это система технических, санитарно-гигиенических, организационных и правовых мероприятий, непосредственно направленных на обеспечение безопасных для жизни и здоровья человека условий труда. Требования по охране труда сформулированы в Трудовом кодексе Российской Федерации (ТК РФ), а конкретизированы они в общих, межотраслевых и отраслевых правилах по технике безопасности и в санитарных нормах.

Профилактика травматизма на производстве обеспечивается внедрением техники безопасности, профилактика профессиональных заболеваний — нормализацией условий труда. Безопасность труда должна учитываться уже на стадии проектирования и монтажа оборудования, в расчетах его на прочность и надежность, при выборе его эксплуатационных параметров, технологических процессов и материалов, при механизации тяжелых, трудоемких, опасных и вредных работ, организации рабочих мест. При проектировании предприятий предусматриваются системы улавливания, обезвреживания и утилизации отходов. К мероприятиям по технике безопасности относят также применение предохранительных устройств, приборов, систем (ограждения, блокировки, заземления и зануления, автоматического отключения и др.); установку сигнализации и маркировку оборудования, инструмента и приборов; нормирование условий труда (режима труда и отдыха); надзор за ведением работ и др. Комплекс мероприятий по охране труда включает в себя также подготовку персонала (профессиональный, медицинский и психологический отбор, обучение, тренировки, инструктирование) и его обеспечение средствами индивидуальной защиты, а также аварийно-спасательные меры.

Под *безопасностью труда* понимается комплекс организационно-технических мероприятий, направленных на создание безопасных условий труда. Требования к безопасности труда стандартизованы государством и объединены в двух направлениях:

- разработка специальных стандартов, отражающих требования к созданию безопасных и здоровых условий труда;

- включение в стандарты и технические условия специального раздела «Требования безопасности».

Порядок разработки и согласования требований безопасности в стандартах и технических условиях установлен ГОСТ 1.26—77 «ГСС. Порядок разработки и согласования требований безопасности в стандартах и технических условиях» и «Методическими указаниями о порядке согласования проектов стандартов и технических условий с профсоюзными органами» (РД 50-111—81). Внедрение этого порядка означает, что в Российской Федерации практически ни одно изделие не может быть выпущено, если его конструкция не удовлетворяет требованиям безопасности. Новое оборудование специально сертифицируется на соответствие требованиям безопасности труда.

Первое направление стандартизации реализовано в разработке системы стандартов безопасности труда (ССБТ), которая представляет собой комплекс взаимосвязанных стандартов, направленных на обеспечение безопасности труда, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда. Существуют государственные, отраслевые, республиканские стандарты и стандарты предприятий. Требования охраны труда систематизированы и взаимосвязаны. К разработке государственных стандартов, которая, как правило, проводится на основе глубоких научных исследований новейших достижений науки и техники, широко привлекаются ученые, специалисты различных отраслей народного хозяйства, работники служб охраны труда, комитеты профсоюзов.

Общие требования, которые разрабатываются при конструировании оборудования, позволяют обеспечить безопасность при его эксплуатации.

Эти требования были сформулированы в ГОСТ 12.2.003—91. В дополнение к этому ГОСТу были также разработаны и введены в действие стандарты по технике безопасности на отдельные группы оборудования, например на металлообрабатывающие станки — ГОСТ 12.2.009—99.

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

В основе создания техники безопасности в станках (как и в другом технологическом оборудовании) заложен принцип перехода от техники безопасности к безопасной технике.

Гигиена — это область медицины, в которой изучают влияние условий жизни и труда на здоровье человека, разрабатывают меры

профилактики профессиональных заболеваний. *Гигиена труда* — это раздел общей гигиены, в котором изучают влияние трудовой деятельности и производственной среды на организм человека, разрабатывают меры и санитарно-гигиенические нормативы, направленные на оздоровление условий труда и предупреждение профессиональных заболеваний.

Метеорологические условия, в которых осуществляется трудовая деятельность любого человека, определяются сочетанием температуры воздуха, его скорости движения и относительной влажности, барометрическим давлением и тепловым излучением нагретых поверхностей. Рабочий-станочник обычно трудится в помещении (цехе предприятия), поэтому совокупность перечисленных показателей (за исключением барометрического давления) принято называть микроклиматом производственного помещения. Существенное отклонение значений параметров микроклимата рабочей зоны от оптимальных может быть причиной ряда физиологических нарушений в организме работающих, привести к резкому снижению работоспособности и даже к профессиональному заболеванию.

Для нормализации микроклимата используют различные способы: рациональное размещение оборудования; механизацию и автоматизацию производственных процессов; внедрение более рациональных технологических процессов и оборудования; рациональную тепловую изоляцию оборудования и защиту работающих от источников теплового излучения; создание систем вентиляции и отопления; разработку режимов труда и отдыха; использование средств индивидуальной защиты рабочего-станочника и пр. При этом на мероприятия и устройства вентиляции, отопления и освещения производственных помещений вводятся санитарно-гигиенические нормы. Гигиеническое нормирование распространено на шум, вибрацию, инфразвук и другие явления (в зависимости от их воздействия на организм человека).

Например, основным нормативным документом в области вибрации является ГОСТ 12.1.012—78* «ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности». Вибробезопасными называются условия труда, при которых производственная вибрация не оказывает на работающего неблагоприятного воздействия даже в крайних своих проявлениях (т. е. не приводит к профессиональному заболеванию — вибрационной болезни). Классификация методов и средств вибрационной защиты приведена в ГОСТ 12.4.046—78.

Контрольные вопросы

1. Какие факторы производственной обстановки воздействуют на труд станочника?
2. Какие факторы влияют на формирование условий труда?

3. Что такое охрана труда рабочего-станочника?
4. Что такое гигиена труда рабочего-станочника?
5. Как влияет вибрация на условия работы станочника?

1.6. Обеспечение пожаро- и электробезопасности

Обеспечение пожарной безопасности является одной из важнейших задач охраны труда. Понятие *пожаробезопасность* означает такое состояние объекта (рабочего места, участка или цеха), при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивается защита материальных ценностей.

Для людей представляют опасность следующие основные факторы пожара: открытый огонь, искры, повышенная температура воздуха и окружающих предметов, токсичные продукты горения, дым, нахождение технологического оборудования (станков) под напряжением и др.

Для практической реализации профилактических мер на предприятии организуют постоянно действующую пожарно-техническую комиссию. Кроме того, устанавливают определенный порядок проведения противопожарного инструктажа и занятий по пожарно-техническому минимуму с рабочими и служащими.

Все рабочие-станочники проходят первичный и повторный противопожарный инструктаж. Первичный противопожарный инструктаж в обязательном порядке проходят все вновь поступающие на работу.

Часто проводят объединенный инструктаж: противопожарный и по охране труда.

Повторный инструктаж проводят на рабочем месте, причем станочник должен быть ознакомлен:

- с инструкцией о мерах пожарной безопасности на данном участке и в цехе;
- местами расположения первичных и стационарных средств пожаротушения и правилами применения их при пожаре, а также местами расположения телефонов и извещательной пожарной сигнализации, со всеми путями эвакуации, в том числе и с запасными выходами;
- порядком действий при пожаре или загорании.

Порядок на рабочем месте и опрятность рабочего — первые предварительные условия предупреждения пожара. Основными причинами пожаров на предприятиях могут быть:

- неосторожное обращение с огнем, неисправность электропроводки;
- самовозгорание некоторых веществ;
- несоблюдение требований противопожарной безопасности.

Для устранения возможных пожаров необходимо:

- курить только в специально отведенных местах;
- правильно содержать и эксплуатировать электрооборудование;
- при сгорании предохранителей на пусковых и распределительных электрошитах вызывать электромонтера;
- не допускать перегрева электродвигателя (электрическое напряжение сети местного освещения не должно превышать 36 В);
- не зажигать спички и не использовать открытый огонь в огнеопасных местах;
- промасленную ветошь складывать в специальные ящики;
- не загромождать цеховые проходы и подход к противопожарному инвентарю.

Следует иметь в виду, что пары горючих веществ (бензина, скипидара) и газы (ацетилен) способны образовывать с кислородом воздуха взрывчатые смеси. Для возникновения взрыва достаточны определенная концентрация пара или газовой смеси и импульс, способный нагреть вещество до температуры самовоспламенения (пламя, удар, сжатие и др.).

В каждом случае появления дыма, запаха гари, очага возгорания станочник обязан:

- отключить подачу электроэнергии к станку, остановить транспортирующие устройства, выключить вентиляцию, т.е. прекратить все работы, не связанные с мероприятиями по ликвидации пожара;
- сообщить в пожарную охрану по телефону или извещателю пожарной сигнализации; при вызове помощи по телефону кратко сообщить, что горит и где находится очаг возгорания;
- принять меры по вызову к очагу возгорания начальника цеха (участка) или другого должностного лица;
- приступить к тушению пожара имеющимися в цехе (на участке, рабочем месте) первичными средствами пожаротушения.

В качестве первичных средств ликвидации очагов возгорания или локализации огня до прибытия пожарной команды наибольшее распространение получили огнетушители. В соответствии с ГОСТ 12.4.009—83* «Пожарная техника для защиты объектов. Общие требования» принята следующая классификация огнетушителей: химические пенные, углекислотные, углекислотно-бромэтиловые, порошковые, воздушно-пенные, жидкостные.

Работающие на производстве часто используют в технологическом процессе электрические установки, которые представляют для человека большую потенциальную опасность. Она усугубляется тем, что органы чувств человека не могут на расстоянии обнаружить наличие электрического напряжения на оборудовании.

Статистика электротравм показывает, что их число невелико и составляет всего 0,5... 1 % от общего числа травм на производстве. Однако среди причин несчастных случаев со смертельным исходом

на долю электротравм уже приходится 20...40 %. Много несчастных случаев зафиксировано при обслуживании широко распространенных электроустановок, рассчитанных на напряжение 127...380 В.

Электрический ток, проходя через тело человека, оказывает на него сложное воздействие, являющееся совокупностью термического (нагрев тканей и биологических сред), электролитического (разложение крови и плазмы) и биологического (раздражение и возбуждение нервных волокон) воздействий. Наиболее сложным является биологическое воздействие, свойственное только живым организмам. Любое из этих воздействий может привести к электрической травме, т.е. к повреждению организма, вызванному воздействием электрического тока или электрической дуги. Различают местные электротравмы и электрические удары. Приблизительно 55 % травм имеют смешанный характер.

Электробезопасность на производстве обеспечивается прежде всего соответствующей конструкцией электроустановок; применением технических способов и средств электрозащиты технологического оборудования; организационными и техническими мероприятиями (ГОСТ 12.1.030—81).

Наиболее распространенными техническими средствами защиты, используемыми на металлорежущих станках, являются защитное заземление и зануление.

Защитным заземлением (ГОСТ 12.1.030—81) называется преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Занулением (ГОСТ 12.1.030—81) называется преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Организационные и технические мероприятия по обеспечению электробезопасности (ГОСТ 12.1.019—79*) в основном заключаются в соответствующем обучении, инструктаже и допуске к работе лиц, прошедших медицинское освидетельствование; выполнении ряда технических мер при проведении работ с отключением напряжения в действующих станках или вблизи них (снятие с предохранителей, отсоединение концов питающих линий; установка ограждений и знаков безопасности; проверка наличия заземлений и т.п.); соблюдении особых требований при работах на токоведущих частях, находящихся под напряжением, или вблизи них (выполнение работ по наряду не менее чем двумя лицами, организация надзора за проведением работ, применение электрозащитных средств и т.п.).

Спасение жизни человека, пораженного электрическим током, во многом зависит от быстроты и правильности действий лиц, оказывающих помощь. Доврачебную помощь нужно начать оказы-

вать немедленно, по возможности на месте происшествия, одновременно вызвав медицинскую помощь. Прежде всего нужно как можно быстрее освободить пострадавшего от действия электрического тока. При освобождении человека от напряжения до 1000 В можно воспользоваться канатом, палкой, доской или другим сухим предметом, не проводящим ток. Можно оттянуть пострадавшего за сухую одежду. При оттаскивании пострадавшего за ноги оказывающий доврачебную помощь не должен касаться его обуви или одежды без изоляции своих рук, так как обувь и одежда могут быть сырыми и проводить электрический ток. Для изоляции рук лучше всего воспользоваться диэлектрическими перчатками, а при их отсутствии необходимо обмотать руку любой сухой материей. Рекомендуется при этом действовать одной рукой. Меры доврачебной помощи после освобождения пострадавшего зависят от его состояния. (Подробнее см. [7].)

Контрольные вопросы

1. Что такое пожарная безопасность?
2. Как и когда проводится противопожарный инструктаж рабочего-станочника?
3. Какие меры по предупреждению пожара вы знаете?
4. Как обеспечивается электробезопасность на производстве?
5. Назовите наиболее распространенные технические средства защиты металлорежущих станков.

1.7. Экология при работе на станках

Экология — раздел биологии, изучающий взаимоотношения человека, животных, растений, микроорганизмов между собой и с окружающей средой.

К загрязнению окружающей среды принято относить результаты жизнедеятельности человека, которые оказывают отрицательное воздействие как на самого человека, так и на полезные для него организмы и ресурсы неживой природы. Изучением этих вопросов занимается *социальная экология*.

Развитие промышленности и освоение новых, более эффективных технологических процессов с целью повышения производительности труда привело к увеличению всевозможных производственных отходов, образующихся вместе с готовой продукцией в результате переработки разнообразных природных ресурсов и вызывающих загрязнение окружающей среды. Технологические процессы являются также источниками шума и вибрации.

В машиностроении и металлообработке источником загрязнения воздушного бассейна являются разнообразные *пыли* — взвешенные в воздухе частицы твердых веществ.

Производственными *сточными водами* называются воды, использованные промышленным предприятием и подлежащие очистке от различных вредных примесей. К этим примесям относятся эмульсии не растворимых в воде жидкостей (например, масел), взвешенных в виде мелких капелек, и суспензии — взвеси твердых частиц, размеры которых могут достигать нескольких миллиметров.

Производственные сточные воды подразделяются на условно чистые (оборотные) и грязные. Оборотные воды используют для охлаждения технологического оборудования, компрессоров и т.д. Эти воды охлаждают в заводских прудах или градирнях, очищают от механических загрязнений и масел и затем, добавив небольшое количество свежей воды, возвращают в производство. Грязные сточные воды являются специфичными для каждого вида производства или цеха. Например, стоки от шлифовального и токарного станков резко отличаются друг от друга.

Промышленные *твердые отходы* делятся на токсичные и нетоксичные. Основная масса твердых отходов машиностроения и металлообработки нетоксична (металлическая стружка, окалина, зола, отходы дерева, резина, различный мусор). Примерами токсичных твердых отходов являются шламы, образующиеся при работе гальванических цехов и травильных участков.

Промышленный шум большой интенсивности не только поражает органы слуха, но также оказывает общее отрицательное воздействие на организм человека (повышает утомляемость, рассеивает внимание). Шум может привести к снижению производительности, росту брака, травматизму и хроническим заболеваниям.

Совокупность технических и организационных мероприятий, позволяющих свести к минимуму или исключить загрязнение окружающей среды и его вредное влияние, называют *методами охраны окружающей среды от загрязнения отходами производства*. Различают пассивные и активные методы борьбы с загрязнением окружающей среды.

К пассивным относят защитные методы, использование которых не связано с непосредственным воздействием на источники загрязнения. Среди таких методов наибольшее распространение получили рациональное размещение источников загрязнения, локализация загрязнений и их очистка перед выбросом в окружающую среду.

К активным относят технологические и технические методы, связанные с совершенствованием существующих и разработкой новых технологических процессов, оборудования и оснастки в целях максимального снижения уровня загрязнения окружающей среды или его исключения.

Задачи охраны окружающей среды успешнее решают с помощью активных методов, поэтому им уделяют больше организационного и правового внимания.

1. Расскажите об экологии как о науке.
2. Какие основные виды загрязнения окружающей среды возникают в машиностроении и металлообработке?
3. Какое влияние на человека оказывает промышленный шум?
4. Расскажите о методах охраны окружающей среды от загрязнений отходами производства.

Глава 2

ОСНОВЫ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ РЕЗАНИЕМ И РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

2.1. Основные понятия теории резания

Сущность технологии изготовления деталей машин состоит в последовательном использовании различных технологических способов воздействия на обрабатываемую заготовку для придания ей необходимой формы и размеров с указанной точностью. Одним из таких способов является *механическая обработка заготовок резанием* на металлорежущих станках.

Обработка резанием (рис. 2.1) заключается в проникновении лезвия инструмента с режущей кромкой 3 в материал заготовки 2 с последующим отделением определенного слоя материала в виде стружки 4. Лезвие инструмента 1 представляет собой клинообразный элемент.

На рабочей части инструмента может располагаться одно или несколько лезвий (клиньев) определенной формы. *Режущий инструмент* с заданным числом (одно, два, три и т.д.) лезвий установленной формы называют лезвийным инструментом, а обработку таким инструментом — лезвийной обработкой (рис. 2.2).

Слой материала заготовки, деформированный и отделенный в результате обработки резанием, называется *стружкой*. Обработка резанием заключается в срезании с обрабатываемой заготовки некоторой массы металла, специально оставленной на обработку и называемой припуском. Припуск может удаляться одновременно с нескольких поверхностей заготовки или последовательно с каждой обрабатываемой поверхности. После срезания с заготовки всего припуска, оставленного на обработку, исходная заготовка прекращает свое существование и превращается в готовую деталь.

Срезанная с заготовки стружка является побочным продуктом (отходом) обработки материалов резанием. Пластическое дефор-

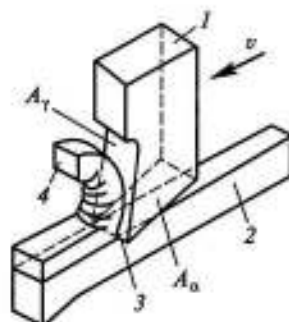


Рис. 2.1. Схема обработки резанием:

1 — лезвие инструмента; 2 — заготовка; 3 — режущая кромка; 4 — стружка; A_f — передняя поверхность лезвия инструмента; A_o — задняя поверхность лезвия инструмента; v — скорость резания

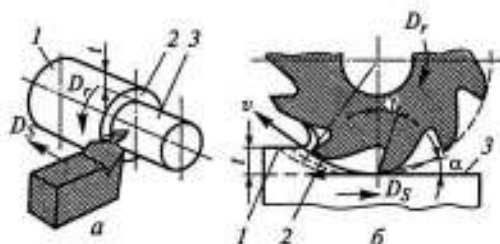


Рис. 2.2. Процессы обработки резанием:

a — точение; b — фрезерование; 1 — обрабатываемая поверхность; 2 — поверхность резания; 3 — обработанная поверхность; D_r — направление движения резания; D_s — направление движения подачи; v — скорость резания; t — глубина резания; α — задний угол; γ — передний угол

мирование и разрушение материала припуска с превращением его в стружку протекает при резании в специфических условиях, характерных только для обработки материалов резанием. Таким образом, типичным признаком обработки резанием является стружка.

Все способы и виды обработки, основанные на срезании припуска и превращении материала в стружку и подчиняющиеся общим закономерностям, можно объединить термином «резание материалов». Способы разделения материалов на части, при которых стружка не образуется (например, разрезка ножницами), к обработке резанием не относятся. Условия деформирования обрабатываемого материала и образования новых поверхностей при разрезке ножницами не подчиняются закономерностям теории резания материалов.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается обработка материалов резанием?
2. Что является типичным признаком обработки резанием?

2.2. Элементы резания

Заготовки, предназначенные для изготовления деталей машин, имеют исходные поверхности. В процессе обработки резанием с заготовки слой за слоем срезается припуск на обработку. За пер-

вый проход режущего инструмента вместе с поверхностным слоем с заготовки срезается и ее исходная поверхность. При этом на заготовке образуется новая поверхность. За второй проход того же или другого режущего инструмента с заготовки срезается второй слой материала и вместе с ним поверхность, образованная во время первого прохода инструмента. После второго прохода на заготовке опять образуется новая поверхность.

Поверхности заготовок, срезаемые за каждый проход инструмента, называют *обрабатываемыми поверхностями 1* (см. рис. 2.2), а поверхности заготовок, вновь образуемые во время очередного прохода инструмента, — *обработанными поверхностями 3*. Промежуточную поверхность, временно существующую в процессе резания между обрабатываемой и обработанной поверхностями, принято называть *поверхностью резания 2*.

Глубина резания. Чтобы срезать слой материала, оставленный на заготовке как припуск на обработку, глубина проникновения лезвий инструмента в материал должна быть равна припуску. В этом случае припуск срезается за один проход инструмента. Если припуск большой, то его срезают за два прохода и более. Глубину проникновения лезвий инструмента в материал заготовки во время каждого прохода называют *глубиной резания*. Эту величину обозначают буквой t и измеряют в миллиметрах.

В большинстве случаев при обработке материалов резанием глубина резания t определяется как расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями, измеряемое в направлении, перпендикулярном обработанной поверхности (см. рис. 2.2). Например, при точении глубина резания $t = (D - d)/2$, где при наружной обточке D и d — соответственно диаметры обрабатываемой и обработанной поверхностей, а при внутренней обработке, наоборот, D и d — соответственно диаметры обработанной и обрабатываемой поверхностей.

Главное движение резания и движение подачи. Процесс резания возможен только при непрерывном относительном перемещении заготовки и режущего инструмента. Эти движения выполняют и сообщают заготовке и инструменту исполнительные механизмы станков. При этом движения могут быть сообщены одновременно, последовательно, а также только одному из элементов — инструменту или заготовке.

Механизмы сообщают исполнительным органам станков только два простейших движения — вращательное и прямолинейное поступательное. Различные сочетания и количественные соотношения этих движений лежат в основе всех видов обработки материалов резанием.

Поступательное или вращательное движение, передаваемое заготовке или инструменту в процессе резания и имеющее наибольшую скорость по сравнению со всеми другими движениями

исполнительных органов, называют *главным движением резания* или *главным движением*.

Поступательные или вращательные движения остальных органов станка, также передаваемые заготовке или инструменту, определяют *движение подачи*, необходимое для обеспечения отделения срезаемого с заготовки слоя по всей обрабатываемой поверхности.

В большинстве случаев главное движение резания и движение подачи осуществляются во взаимно-перпендикулярных плоскостях, но в отдельных случаях они происходят и в одной плоскости. Оба движения могут быть непрерывными и прерывистыми. В ряде случаев движение подачи выполняется благодаря конструктивному исполнению инструмента. В этом случае функцию механизма подачи станка выполняют зубья инструмента.

Скорость резания и скорость подачи. Главное движение, скорость которого больше скорости подачи, определяет направление и скорость деформаций в материале срезаемого слоя, а следовательно, направление схода стружки и ее форму. Скорость главного движения называют *скоростью резания*. Эту величину обозначают буквой v и при лезвийной обработке измеряют в м/мин. Если главное движение является вращательным (точение, фрезерование, сверление), то скорость резания равна *линейной скорости точек заготовки или инструмента, находящихся во взаимодействии*. Ее можно определить по формуле

$$v = 10^{-3} \pi D n,$$

где D — диаметр обрабатываемой поверхности заготовки или рабочей поверхности инструмента, мм; n — частота вращения заготовки или инструмента, об/мин.

Для количественной оценки движения подачи используется отношение расстояний, пройденных точками режущего лезвия в направлении движения подачи, к соответствующему числу циклов (или их долей) главного движения, выражаемое численно *подачей*. Главное движение подачи может выражаться:

- мм/об, если перемещение при подаче соответствует одному обороту инструмента (заготовки), совершающему главное движение резания;
- мм/зуб, если перемещение при подаче соответствует повороту инструмента (например, фрезы) на один угловой шаг его режущих зубьев;
- мм/дв. ход, если перемещение при подаче соответствует одному двойному ходу заготовки или инструмента, или v мм/ход, если ход ординарный.

При выполнении некоторых операций (например, точения) удобно задавать скорость подачи v в мм/мин (перемещение инструмента или заготовки в направлении движения подачи, совершаемое в течение одной минуты). Подачу инструмента или заго-

товки принято обозначать буквой S с индексом, соответствующим используемым единицам измерения: S_0 — подача на один оборот; S_z — подача на зуб; S_{2x} — подача на двойной ход; S_x — подача на один ход.

Контрольные вопросы

1. Какие основные элементы резания вы знаете?
2. В каких единицах измеряется скорость резания и скорость подачи при резании?

2.3. Обрабатываемость материалов резанием и режущие свойства инструментов

Процесс обработки материалов резанием заключается во взаимодействии двух тел — обрабатываемой заготовки и режущего инструмента. При этом поверхностный слой материала, срезаемый с обрабатываемой заготовки, подвергается сильному пластическому деформированию, в результате чего срезаемый слой в частично или полностью разрушенном состоянии удаляется с заготовки в виде срезанной стружки. На заготовке и на срезаемой стружке в процессе резания непрерывно возникают новые поверхности.

К резанию материалов как к технологическому способу обработки заготовок деталей машин предъявляются следующие основные требования:

- высокое качество и точность обработанных поверхностей;
- высокая производительность труда;
- экономичность.

Выполнение этих требований зависит от комплекса одновременно действующих факторов, которые можно разделить на три основные группы.

К *первой группе* относятся факторы, связанные с физической природой и структурным состоянием материала обрабатываемой заготовки.

Вторая группа факторов определяется свойствами материала режущей части инструмента, его конструкцией и качеством изготовления.

В *третью группу* входят факторы, отражающие реальные условия протекания процесса резания.

При изучении процесса резания был установлен ряд взаимосвязанных параметров и характеристик, отражающих различные физические явления, происходящие в процессе взаимодействия режущего инструмента с обрабатываемой заготовкой, и на протекание которых влияют свойства материала, подвергаемого обработке резанием.

Эти параметры и характеристики объединены общим термином *обрабатываемость материала резанием*, под которым понимается свойство материалов подвергаться обработке резанием. Основные показатели обрабатываемости могут иметь как сравнительный, так и абсолютный характер.

К числу показателей, определяющих сущность обрабатываемости материала резанием, относятся:

- сила резания (момент вращения) обрабатываемого материала, определяемая по сравнению с силой резания эталонного материала (для металлов — это обычно сталь 45) и измеренная при равных режимах резания;

- эффективная мощность, затрачиваемая на резание, по сравнению с эффективной мощностью резания эталонного материала;

- усадка стружки (продольная и поперечная) как мера пластической деформации, необходимой для ее срезания и образования новых поверхностей на заготовке;

- наличие или отсутствие склонности к образованию нароста на поверхности инструмента при равных условиях резания, а также форма нароста;

- качество поверхностей, обработанных резанием при равных и оптимальных режимах, оцениваемое шероховатостью¹ и остаточным напряжением² в поверхностных слоях изготовленной детали;

- скорость изнашивания инструментального материала по сравнению со скоростью его изнашивания при резании эталонного материала;

- теплота, выделяющаяся при деформации материала срезаемого слоя и при взаимодействии трущихся поверхностей инструмента и заготовки, а также распределение этой теплоты между стружкой, обрабатываемым материалом и инструментом;

- вид, форма и размеры срезанной стружки, определяющие удобство ее отвода, хранения и транспортировки, возможность принудительной завивки и ломания стружки, а также безопасность труда рабочего-станочника;

- энергозатраты на срезание единицы массы стружки.

Количественные оценки перечисленных показателей обрабатываемости конструкционного материала данного химического состава и структурного состояния определяются в зависимости от его твердости, предела прочности и относительного удлинения, коэффициента трения в паре с инструментальным материалом,

¹ Шероховатость поверхности — это совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, образующих ее рельеф.

² Остаточные напряжения — это сохраняющиеся во времени внутренние напряжения, основной причиной возникновения которых является неоднородность деформации в разных точках тела вследствие неравномерности температур или пластических деформаций.

свойства изнашивать лезвия инструмента, теплопроводности и т.д. В реальных производственных условиях перечисленные свойства материалов из-за отклонений в химическом составе и неоднородности структуры не являются постоянными.

Кроме того, характеристики процесса резания, отражающие взаимосвязанные физические явления в зоне стружкообразования, изменяются в зависимости от режимов резания, прогрессирующего износа инструмента и т.п. На основании этого сопоставление количественных оценок обрабатываемости, например по стойкости инструмента¹, допустимо лишь при соблюдении равных условий резания, типичных для сравниваемых групп обрабатываемых и инструментальных материалов.

Под режущими свойствами инструментов понимается их способность обрабатывать различные материалы резанием. При оценке режущих свойств инструментов используются следующие показатели:

- количество однотипных обработанных ими заготовок;
- *длина* относительного рабочего пути инструмента и заготовки;
- *площадь* обработанной поверхности;
- *объем* материала, срезанного с обработанных заготовок;
- *период* стойкости инструмента и число его переточек;
- *суммарная длина* всех обработанных заготовок.

Режущие свойства инструмента являются функцией комплекса факторов, к числу которых относятся:

- *свойства инструментального материала*, включающие в себя химический состав (марка материала), структурное состояние, твердость, пределы прочности на растяжение, изгиб и сжатие, температуростойкость (красностойкость), износостойкость;
- *конструкция инструментов* — оптимальная форма режущей части, жесткость, точность изготовления;
- *режимы резания* — скорость резания, подача и глубина резания (см. подразд. 2.2), СОЖ, принятый критерий износа;
- *состояние металлорежущего станка* — жесткость станка (см. гл. I) и технологической оснастки, виброустойчивость².

Все перечисленные факторы влияют на результат работы режущего инструмента, и поэтому его режущие свойства могут иметь постоянную количественную оценку лишь при постоянстве всего комплекса факторов, что выполнимо только в лабораторных условиях. В реальных производственных условиях перечисленные факторы неодинаковы.

¹ Под стойкостью режущих инструментов понимается продолжительность (в минутах) непосредственного резания от переточки до переточки при установленном допустимом износе.

² Виброустойчивостью станка называется способность противостоять вибрациям, стремящимся вывести его из состояния динамического равновесия.

1. Какие требования предъявляются к технологическому процессу резания материалов?
2. Что понимается под термином «обрабатываемость материала резанием»?
3. Что такое режущие свойства инструментов, чем они оцениваются?

2.4. Материалы, обрабатываемые резанием

Материалы, применяемые в машиностроении для изготовления деталей машин и механизмов, приборов, аппаратов, воспринимающих силовую нагрузку, называют *конструкционными материалами*. Они подразделяются на три класса:

- металлы (сплавы на основе железа, никеля, меди, алюминия, магния, титана и других металлов);
- неметаллы (пластические массы, керамика, стекло, резина и т.д.);
- композиционные материалы.

В машиностроении самыми распространенными и традиционно обрабатываемыми резанием являются металлические конструкционные материалы, поэтому в книге будут рассмотрены только *процессы обработки металлов резанием* на металлорежущих станках. Обработке резанием подвергают следующие металлы: чугуны, стали, цветные металлы и их сплавы.

Чугуном называют сплав железа с углеродом, кремнием, марганцем и другими элементами, причем содержание углерода составляет 2,14...4,5 %. Обработке резанием наиболее часто подвергают серый, высокопрочный и ковкий чугуны.

Марки *серого чугуна* обозначают буквами СЧ (С — серый, Ч — чугун) и двумя цифрами, означающими предел прочности при растяжении. Например, СЧ 18 — серый чугун, предел прочности при растяжении 180 МПа.

В зависимости от механических свойств различают серые чугуны малой (СЧ 10...СЧ 18) и повышенной (СЧ 20...СЧ 35) прочности. Для изготовления деталей машин чаще применяют чугун марок СЧ 15; СЧ 20; СЧ 30 и реже — чугун марки СЧ 35. Твердость серого чугуна HB 163...269.

Высокопрочный чугун получают введением в жидкий серый чугун магния (0,3...1 %) или его сплава с никелем, медью, алюминием или кремнием. Марки этого чугуна обозначают буквами ВЧ (В — высокопрочный, Ч — чугун) и двумя группами цифр: первая означает предел прочности при растяжении, а вторая — относительное удлинение. Например, ВЧ 45-5 — высокопрочный чугун, предел прочности при растяжении $\sigma_s = 450$ МПа, относи-

тельное удлинение $\delta = 5\%$. Твердость высокопрочного чугуна НВ 156...269.

Ковкий чугун отличается высокой вязкостью. Марки этого чугуна обозначают буквами КЧ (К — ковкий, Ч — чугун) и двумя группами цифр, первая означает предел прочности при растяжении, а вторая — относительное удлинение. Например, КЧ 50-4 — ковкий чугун, предел прочности при растяжении $\sigma_s = 500$ МПа, относительное удлинение $\delta = 4\%$.

На обрабатываемость литых заготовок из серого чугуна резанием существенно влияет поверхностный слой металла — литейная корка, толщина которой 0,15...0,5 мм, а твердость НВ 285...321. По мере удаления от поверхности твердость чугуна снижается (НВ 187...229).

Скорость резания в зоне литейной корки на 20...30 % меньше скорости резания внутренних слоев металла. Высокотемпературный отжиг чугунных отливок позволяет увеличить скорость резания в 1,5...2 раза.

Сталью называют сплав железа с углеродом (до 2 %) и другими элементами. Большое влияние на обрабатываемость стали оказывает ее химический состав. С увеличением содержания углерода повышается механическая прочность стали и, как следствие, возрастает ее сопротивление резанию, но увеличивается шероховатость поверхности. При обработке стали с малым содержанием углерода (0,1...0,25 %) достигается лучшая шероховатость поверхности. По химическому составу стали подразделяют на углеродистые и легированные.

Марки *углеродистых сталей* обыкновенного качества обозначают буквами Ст и цифрами от 0 до 6 (например, Ст3). Чем больше цифра в обозначении марки стали, тем выше содержание углерода. Марки углеродистых качественных конструкционных сталей обозначают цифрами (08; 10; 15; 20; 25 и т.д.), которые показывают среднее содержание углерода в стали (в сотых долях процента). Например, содержание углерода в стали 15 около 0,15 %. Предел прочности при растяжении (временное сопротивление разрыву) для углеродистых сталей $\sigma_s = 300...700$ МПа, он возрастает с увеличением содержания углерода; твердость НВ ≤ 230 .

Марки конструкционных повышенной и высокой обрабатываемости резанием сталей — *автоматных* — обозначают буквой А (автоматная сталь) и цифрами (содержание углерода в сотых долях процента), например А12; А20; А30 и А35. Предел прочности этих сталей $\sigma_s = 600...800$ МПа (для холоднотянутой стали) и $\sigma_s = 400...700$ МПа (для горячекатаной стали); твердость НВ 160...207. Повышенное содержание серы в автоматных сталях обеспечивает необходимое стружкообразование при работе на станках, т.е. они лучше подвергаются обработке, чем углеродистые стали как обыкновенного качества, так и высококачественные.

Марки *легированных сталей* обозначают цифрами и буквами (например, 15Х; 40ХН; 30ХГС; 20ХН3А и т.д.). Цифры показывают среднее содержание в стали углерода в сотых долях процента, буквы за цифрами — наличие легирующего элемента (например, Р — бор; Ю — алюминий; С — кремний; Т — титан; Ф — ванадий; Х — хром; Г — марганец; Н — никель; М — молибден; В — вольфрам), цифры после букв — содержание легирующего элемента в процентах (целые единицы), буква А в конце марки означает, что сталь высококачественная. Предел прочности легированных сталей $\sigma_s = 700 \dots 1300$ МПа (в зависимости от марки). Повышение содержания некоторых легирующих элементов (таких, как хром, молибден, ванадий, вольфрам, никель) увеличивает прочность и снижает теплопроводность сталей, что приводит к ухудшению их обрабатываемости. Наличие кремния ухудшает обрабатываемость стали из-за образования силикатных абразивных включений. Стали с крупнозернистой структурой обрабатываются режущим инструментом лучше, чем стали с мелкозернистой структурой.

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

Наиболее часто на металлорежущих станках обрабатывают заготовки из следующих цветных металлов: бронзы, латуни и дюралюминия.

Бронза — это сплав меди с оловом, алюминием, марганцем, кремнием и другими элементами.

Марки бронзы обозначают буквами Бр, затем — начальными буквами основных элементов, вошедших в сплав, и цифрами, которые показывают среднее содержание этих элементов в процентах. Например, бронза БрОЦС3-12-5 содержит в среднем 3 % олова, 12 % цинка, 5 % свинца и 80 % меди. Для улучшения обрабатываемости и антифрикционных свойств в состав бронз вводят свинец.

Латунь — это сплав меди с цинком. Марки латуни обозначают буквой Л и цифрами, которые показывают среднее содержание меди (в процентах). Например, латунь Л62 содержит 62 % меди и 38 % цинка. Для лучшей обрабатываемости в латунь вводят 1...2 % свинца (автоматная латунь), а для повышения прочности — алюминий, никель и другие элементы. Например, латунь ЛЖМц59-1-1 содержит 59 % меди, 1 % железа, 1 % марганца и 39 % цинка.

Дюралюминий — это деформируемый сплав алюминия с медью (4...5 %), магнием (0,5 %), марганцем, кремнием и железом. Обозначение марок дюралюминия (Д1; Д6; Д16 и т.д.) не связано с его химическим составом.

1. Какие металлы подвергают обработке резанием?
2. Чем отличается чугун от стали?
3. Что такое латунь?

2.5. Инструментальные материалы

Для обеспечения работоспособности металлорежущего инструмента необходимо изготавливать его рабочую часть из материала, обладающего комплексом определенных физико-механических свойств (высокими показателями твердости, износостойкости, прочности, теплостойкости и др.). Материалы, отвечающие требованиям этого комплекса и способные осуществлять резание, называются *инструментальными материалами*. Рассмотрим физико-механические свойства инструментальных материалов.

Чтобы внедриться в поверхностные слои обрабатываемой заготовки, режущие лезвия рабочей части инструментов должны быть выполнены из материалов, имеющих высокую *твердость*. Твердость инструментальных материалов может быть природной (т.е. свойственной материалу при его образовании) или достигнута специальной обработкой. Например, инструментальные стали в состоянии поставки с металлургических заводов легко поддаются обработке резанием. После механической обработки, термообработки, шлифования и заточки инструментов из стали их прочность и твердость резко повышаются.

Твердость определяется с помощью различных методов. Твердость по Роквеллу обозначается цифрами, характеризующими число твердости, и буквами HR с указанием шкалы твердости А, В или С (например, HRC). Твердость термообработанных инструментальных сталей измеряется по шкале С Роквелла и выражается в условных единицах HRC. Наиболее устойчивый режим работы и наименьшая изнашиваемость лезвий инструментов, изготовленных из инструментальных сталей и прошедших термообработку, достигается при твердости HRC 63...64. При меньшей твердости возрастает изнашиваемость лезвий инструмента, а при большей твердости лезвия начинают выкрашиваться из-за чрезмерной хрупкости.

Металлы, имеющие твердость HRC 30...35, удовлетворительно обрабатываются инструментами из термообработанных инструментальных сталей (HRC 63...64), т.е. при отношении твердостей, примерно равном двум. Для обработки термообработанных металлов (HRC 45...55) необходимо использовать инструменты, изготовленные только из твердых сплавов. Их твердость измеряется по шкале А Роквелла и имеет значения HRA 87...93. Высокая твер-

дость синтетических инструментальных материалов позволяет использовать их для обработки закаленных сталей.

В процессе резания на рабочую часть инструментов действуют силы резания, достигающие 10 кН и более. Под действием этих сил в материале рабочей части возникают большие напряжения. Чтобы эти напряжения не приводили к разрушению инструмента, используемые для его изготовления инструментальные материалы должны иметь достаточно высокую *прочность*.

Среди всех инструментальных материалов наилучшим сочетанием прочностных характеристик обладают инструментальные стали. Благодаря этому рабочая часть инструментов, выполненных из инструментальных сталей, успешно выдерживает сложный характер нагружения и может работать на сжатие, кручение, изгиб и растяжение.

В результате интенсивного выделения теплоты в процессе резания металлов нагреваются лезвия инструмента, причем в наибольшей степени — их поверхности. При температуре нагрева ниже критической (для различных материалов она имеет разные значения) структурное состояние и твердость инструментального материала не изменяются. Если температура нагрева превышает критическую, то в материале происходят структурные изменения и связанное с этим снижение твердости. Критическая температура называется также температурой *красностойкости*. В основе термина «красностойкость» лежит физическое свойство металлов при нагреве до 600 °С излучать темно-красный свет. Красностойкость — это способность материала сохранять при повышенных температурах высокие твердость и износостойкость. По своей сути красностойкость означает *температуростойкость* инструментальных материалов. Температуростойкость различных инструментальных материалов изменяется в широких пределах: 220 ... 1800 °С.

Увеличение работоспособности режущего инструмента может быть достигнуто не только за счет повышения температуростойкости инструментального материала, но и благодаря улучшению условий отвода теплоты, выделяющейся в процессе резания на лезвии инструмента и вызывающей его нагрев до высоких температур. Чем большее количество теплоты отводится от лезвия в глубь инструмента, тем ниже температура на его контактных поверхностях. *Теплопроводность* инструментальных материалов зависит от их химического состава и температуры нагрева.

Например, присутствие в стали таких легирующих элементов, как вольфрам и ванадий, снижает теплопроводящие свойства инструментальных сталей, а легирование их титаном, кобальтом и молибденом, наоборот, заметно повышает.

Значение *коэффициента трения* скольжения материала заготовки по инструментальному материалу зависит от химического состава и физико-механических свойств материалов контактирующих пар,

а также от контактных напряжений на трущихся поверхностях и скорости скольжения.

Коэффициент трения связан функциональной зависимостью с силой трения и работой сил трения на пути взаимного скольжения инструмента и заготовки, поэтому значение этого коэффициента оказывает влияние на *износостойкость* инструментальных материалов.

Взаимодействие инструмента с обрабатываемым материалом протекает в условиях постоянного (подвижного) контакта. При этом оба тела, образующие пару трения, взаимно изнашиваются.

Материал каждого из взаимодействующих тел обладает:

- свойством истирать материал, с которым он взаимодействует;
- износостойкостью, т.е. способностью материала сопротивляться истирающему действию другого материала.

Изнашивание лезвий инструмента происходит на протяжении всего периода взаимодействия с обрабатываемым материалом. В результате этого лезвия инструмента теряют некоторую часть своих режущих свойств, изменяется форма рабочих поверхностей инструмента.

Износостойкость не является неизменным свойством инструментальных материалов, она зависит от условий резания.

Современные инструментальные материалы отвечают требованиям, рассмотренным выше. Они подразделяются на следующие группы:

- инструментальные стали;
- твердые сплавы (металлокерамика);
- минералокерамика и керметы;
- синтетические композиции из нитрида бора;
- синтетические алмазы.

Инструментальные стали разделяют на углеродистые, легированные и быстрорежущие.

Углеродистые инструментальные стали применяют для изготовления инструмента, работающего при малых скоростях резания.

Марки таких сталей обозначают буквой У (углеродистая), затем цифрами, которые показывают содержание в стали углерода (в десятых долях процента), буква А в конце марки означает, что сталь высококачественная (содержание серы и фосфора не более 0,03 % каждого элемента).

Основными свойствами углеродистых инструментальных сталей являются высокая твердость (HRC 62...65) и низкая температуростойкость.

Из стали марок У9 и У10А изготавливают пилы; из стали марок У11; У11А; У12 — ручные метчики и др.

Температуростойкость сталей марок У10А...У13А 220 °С, поэтому инструмент из этих сталей рекомендуется применять при скорости резания 8...10 м/мин.

Легированная инструментальная сталь в зависимости от основных легирующих элементов может быть хромистой (Х), хромокремнистой (ХС), вольфрамовой (В), хромовольфрамомарганцевой (ХВГ) и др.

Марки таких сталей обозначают цифрами и буквами (первыми буквами названия легирующих элементов). Первая цифра слева от букв показывает содержание углерода в десятых долях процента (если содержание углерода менее 1 %), цифры справа от букв показывают среднее содержание легирующего элемента в процентах.

Из стали марки Х изготавливают метчики и плашки, из стали 9ХС — сверла, развертки, метчики и плашки. Сталь В1 рекомендуется для изготовления мелких сверл, метчиков и разверток.

Температуростойкость легированных инструментальных сталей 350...400 °С, поэтому допустимые скорости резания для инструмента из этих сталей в 1,2...1,5 раза выше, чем для инструмента из углеродистых инструментальных сталей.

Быстрорежущие (высоколегированные) стали применяют чаще всего для изготовления сверл, зенкеров и метчиков. Марки быстрорежущих сталей обозначают буквами и цифрами, например Р6М3. Буква Р означает, что сталь быстрорежущая, цифры после нее показывают среднее содержание вольфрама в процентах, остальные буквы и цифры обозначают то же, что и в марках легированных сталей. Важнейшими компонентами быстрорежущих сталей являются вольфрам, молибден, хром и ванадий.

Быстрорежущие стали в зависимости от режущих свойств делят на стали нормальной и повышенной производительности. К сталям нормальной производительности относятся вольфрамовые стали марок Р18; Р9; Р9Ф5 и вольфрамомолибденовые стали марок Р6М3; Р6М5, сохраняющие твердость не менее HRC 58 до температуры 620 °С. К сталям повышенной производительности относятся стали марок Р18Ф2; Р14Ф4; Р6М5К5; Р9М4К8; Р9К5; Р9К10; Р10К5Ф5; Р18К5Ф2, сохраняющие твердость HRC 64 до температуры 630...640 °С.

Стали нормальной производительности — твердость HRC 65, температуростойкость 620 °С, предел прочности при изгибе 3...4 ГПа (300...400 кгс/мм²) — предназначены для обработки углеродистых и низколегированных сталей с пределом прочности на изгиб до 1 ГПа (100 кгс/мм²), серого чугуна и цветных металлов. Быстрорежущие стали повышенной производительности, легированные кобальтом или ванадием (твердость HRC 70...78, температуростойкость 630...650 °С, предел прочности при изгибе 2,5...2,8 ГПа, или 250...280 кгс/мм²), предназначены для обработки труднообрабатываемых сталей и сплавов, а с пределом прочности при изгибе выше 1 ГПа (100 кгс/мм²) — для обработки титановых сплавов.

Все инструменты, изготовленные из инструментальных сталей, подвергают термической обработке. Инструменты из быстрорежу-

щей стали могут работать при более высоких скоростях резания, чем инструменты из углеродистой и легированной инструментальных сталей.

Твердые сплавы делят на металлокерамические и минералокерамические. Форма пластин, изготовленных из этих сплавов, зависит от их механических свойств. Инструменты, оснащенные пластинами из твердых сплавов, позволяют работать на более высоких скоростях резания по сравнению с инструментами из быстрорежущей стали.

Металлокерамические твердые сплавы подразделяют на вольфрамовые, вольфрамотитановые и титановольфрамотанталовые. *Вольфрамовые сплавы* группы ВК состоят из карбидов вольфрама и титана. Марки этих сплавов обозначают буквами и цифрой, например ВК2; ВК3М; ВК4; ВК6; ВК6М; ВК8; ВК8В. Буква В означает карбид вольфрама, буква К — кобальт, а цифра показывает содержание кобальта в процентах (остальное — карбид вольфрама). Буква М, приведенная в конце некоторых марок, означает, что сплав мелкозернистый. Инструмент, изготовленный из такого сплава, обладает повышенной износостойкостью, но его сопротивляемость ударам снижена. Инструменты из вольфрамовых твердых сплавов применяют для обработки чугуна, цветных металлов и их сплавов и неметаллических материалов (резины, пластмассы, фибры, стекла и др.).

Вольфрамотитановые сплавы группы ТК состоят из карбидов вольфрама, титана и кобальта. Марки этих сплавов обозначают буквами и цифрами, например Т5К10; Т5К12В; Т14К8; Т15К6; Т30К4; Т15К12В. Буква Т означает карбид титана, цифра за ней — процентное содержание карбида титана, буква К — карбид кобальта, цифра за ней — процентное содержание карбида кобальта (остальное в данном сплаве — карбид вольфрама). Инструменты из этих сплавов применяют для обработки всех видов сталей.

Вольфрамотитанотанталовые сплавы группы ТТК состоят из карбидов титана, вольфрама, тантала и кобальта. Для изготовления металлорежущего инструмента используют сплавы марок ТТ7К12 и ТТ10К8В, содержащие соответственно 7 и 10 % карбидов титана и тантала, 12 и 8 % карбидов кобальта (остальное — карбид вольфрама). Инструмент из этих сплавов применяют в особо тяжелых условиях обработки, когда использование других инструментальных материалов неэффективно.

Твердые сплавы обладают высокой температуростойкостью. Вольфрамовые твердые сплавы сохраняют твердость HRC 83...90, а вольфрамотитановые — HRC 87...92 при температуре 800...950 °С, что позволяет инструменту из сплавов работать при высоких скоростях резания (до 500 м/мин при обработке сталей и до 2700 м/мин при обработке алюминия).

Для обработки деталей из коррозионно-стойких, жаропрочных и других труднообрабатываемых сталей и сплавов предназначены инструменты из мелкозернистых сплавов группы ОМ: из сплава ВК6-ОМ — для чистовой обработки, а из сплавов ВК10-ОМ и ВК15-ОМ — для получистовой и черновой обработки. Еще более эффективно для обработки труднообрабатываемых материалов использование инструментов из твердых сплавов марок ВК10-ХОМ и ВК15-ХОМ, в которых карбид тантала заменен карбидом хрома. Легирование сплавов карбидом хрома увеличивает их твердость и прочность при высоких температурах.

Для повышения прочности пластины из твердого сплава плакируют, т.е. покрывают защитными пленками. Широко применяют износостойкие покрытия из карбидов, нитридов и карбонидов титана, нанесенные тонким слоем (толщиной 5...10 мкм) на поверхность твердосплавных пластин. На поверхности этих пластин образуется мелкозернистый слой карбида титана, обладающий высокой твердостью, износостойкостью и химической устойчивостью при высоких температурах. Износостойкость твердосплавных пластин с покрытием в среднем в три раза выше износостойкости пластин без покрытия, что позволяет увеличить скорость резания на 25...30 %.

При определенных условиях в качестве инструментального материала применяют *минералокерамические материалы*, получаемые из окиси алюминия с добавками вольфрама, титана, тантала и кобальта.

Для режущего инструмента используют минералокерамику марки ЦМ-332, которая отличается высокой температуростойкостью (твердость HRC 89...95 при температуре 1200 °С) и износостойкостью, что позволяет вести обработку стали, чугуна и цветных сплавов при высоких скоростях резания (например, чистовое обтачивание чугуна при скорости резания 3700 мм/мин, что в два раза выше скорости резания при обработке инструментом из твердых сплавов). Недостатком минералокерамики марки ЦМ-332 является повышенная хрупкость.

Для изготовления режущих инструментов применяют также режущую керамику (кермет) марок ВЗ; ВОК-60; ВОК-63, представляющую собой оксидно-карбидное соединение (окись алюминия с добавкой 30...40 % карбидов вольфрама и молибдена). Введение в состав минералокерамики карбидов металлов (а иногда и чистых металлов — молибдена, хрома) улучшает ее физико-механические свойства (в частности, снижает хрупкость) и повышает производительность обработки в результате повышения скорости резания. Получистовая и чистовая обработка инструментом из кермета деталей из серых, ковких чугунов, труднообрабатываемых сталей, некоторых цветных металлов и сплавов производится со скоростью резания 435...1000 м/мин без подачи СОЖ в зону реза-

ния. Режущая керамика отличается высокой температуростойкостью (твердость HRC 90...95 при температуре 950...1100 °С).

Для обработки закаленных сталей (HRC 40...67), высокопрочных чугунов (HB 200...600), твердых сплавов типа BK25 и BK15 и стеклопластиков применяют инструмент, режущая часть которого изготовлена из сверхтвердых материалов (СТМ) на основе нитрида бора и алмазов. При обработке деталей из закаленных сталей и высокопрочных чугунов применяют инструмент, изготовленный из крупных поликристаллов (диаметром 3...6 мм и длиной 4...5 мм) на основе кубического нитрида бора (эльбора Р). Твердость эльбора Р приближается к твердости алмаза, а его температуростойкость в два раза выше температуростойкости алмаза. Эльбор Р химически инертен к материалам на основе железа. Предел прочности поликристаллов при сжатии 4...5 ГПа (400...500 кгс/мм²), при изгибе — 0,7 ГПа (70 кгс/мм²), температуростойкость 1350...1450 °С.

Из других СТМ, применяемых для обработки резанием, следует отметить синтетические алмазы балас (марка АСБ) и карбонадо (марка АСПК). Карбонадо химически более активен к углеродсодержащим материалам, поэтому его используют при точении деталей из цветных металлов, высококремнистых сплавов, твердых сплавов BK10...BK30, неметаллических материалов. Стойкость резцов из карбонадов в 20...50 раз выше стойкости резцов из твердых сплавов.

Контрольные вопросы

1. Какие материалы называют инструментальными?
2. На какие классы делят инструментальные материалы?
3. Какими свойствами обладают твердые сплавы?
4. Что такое твердые сплавы групп BK и ТК?

2.6. Геометрические параметры и заточка режущей части инструментов

Токарные резцы (рис. 2.3) являются наиболее распространенным режущим инструментом. Они, как и металлорежущие инструменты всех других видов, имеют *присоединительную часть* (участок l_2) в виде державки или корпуса, а также режущую часть (участок l_1), с помощью которой осуществляется процесс срезания стружки. Режущая часть состоит из одного или нескольких конструктивно обособленных *режущих элементов* (зубьев), которые работают одновременно или последовательно, непрерывно или с перерывами, вступая в работу один за другим.

Каждый режущий элемент имеет *переднюю поверхность* лезвия A_γ (по которой сходит стружка), контактирующую в процессе ре-

зания со срезаемым слоем, и одну или несколько задних поверхностей лезвия A_a . Одна из поверхностей резания называется *главной*, а остальные — *вспомогательными* задними поверхностями лезвия. Задние поверхности лезвия обращены к обрабатываемой заготовке.

Главная *режущая кромка* K , выполняющая основную работу резания, образуется в месте пересечения передней и задней поверхностей лезвия инструмента. Вершиной лезвия является участок режущей кромки в месте пересечения двух задних поверхностей (главной и вспомогательной). Радиус кривизны вершины лезвия r_n называется радиусом вершины.

Режущие кромки и примыкающие к ним передняя и задняя поверхности лезвия в совокупности образуют главное и вспомогательное лезвия. Преодолевая сопротивление обрабатываемого материала, лезвия врезаются в заготовку и снимают с нее стружку. Лезвия всех инструментов в поперечном сечении имеют форму клина, который с одной стороны ограничен передней, а с другой — задней поверхностью (см. рис. 2.1).

Для определения углов лезвия реза или режущего элемента других инструментов установлены понятия: плоскость резания и основная плоскость (ГОСТ 25762—83). *Плоскостью резания* называют плоскость, касательную к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярную основной плоскости (рис. 2.4).

Основной называют *плоскость*, проведенную через точку режущей кромки перпендикулярно направлению скорости главного или результирующего движения резания в этой точке.

Различают главные и вспомогательные углы лезвия (рис. 2.5). Главные углы измеряют в главной секущей плоскости, т. е. плоскости, перпендикулярной к проекции главной режущей кромки на основную плоскость.

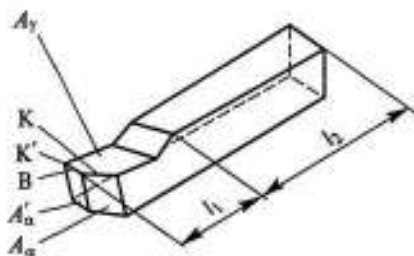


Рис. 2.3. Элементы реза:

K — главная режущая кромка; K' — вспомогательная режущая кромка; A_y — передняя поверхность лезвия; A_a — главная задняя поверхность лезвия; A'_a — вспомогательная задняя поверхность резания; B — вершина лезвия; l_1 — режущая часть; l_2 — присоединительная часть

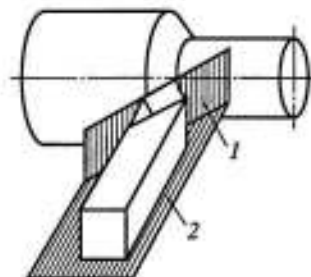


Рис. 2.4. Условные плоскости для изучения геометрии реза:

1 — плоскость резания; 2 — основная плоскость

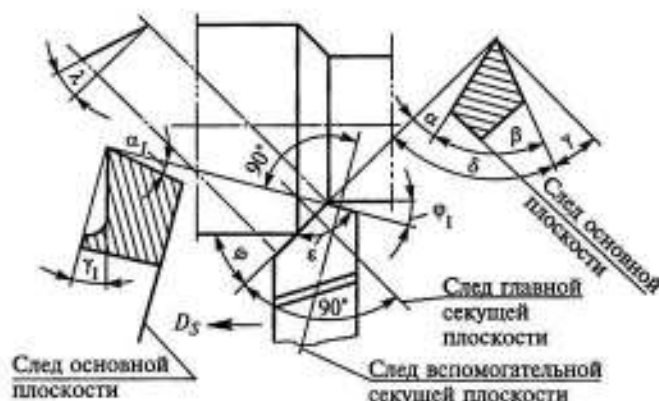


Рис. 2.5. Геометрия реза:

α — задний угол резания; β — угол заострения лезвия; γ — главный передний угол лезвия; ϕ — главный угол в плане; δ — угол резания; ϕ_1 — вспомогательный угол в плане; ϵ — угол при вершине в плане; λ — угол наклона главной режущей кромки; α_1 и γ_1 — задний и передний вспомогательные углы; D_s — направление движения подачи

Главным задним углом резания α называется угол, находящийся в секущей плоскости между задней поверхностью лезвия и плоскостью резания.

Углом заострения лезвия β называется угол в секущей плоскости между передней и задней поверхностями лезвия.

Главным передним углом лезвия γ называется угол, расположенный в секущей плоскости между передней поверхностью лезвия и основной плоскостью. Сумма углов $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$.

Главный угол в плане ϕ — это угол в основной плоскости, находящийся между плоскостью резания и рабочей плоскостью, в которой расположены направления скоростей главного движения резания и движения подачи.

Углом наклона главной режущей кромки λ называется угол в плоскости резания между режущей кромкой и основной плоскостью.

Придание режущей части инструмента заданных геометрических параметров и восстановление режущих свойств инструмента, утраченных в результате его износа и затупления, осуществляется заточкой и доводкой.

Качественная и своевременная заточка и доводка инструмента позволяет не только восстановить его геометрические параметры, но и способствует улучшению качества обрабатываемых деталей, повышению производительности труда рабочих-станочников основного производства, позволяет сократить расход инструмента, способствует ритмичной и бесперебойной работе металлорежущих станков.

Например, если осуществить доводку основных элементов режущей части резца из быстрорежущей стали, то при том же периоде его стойкости можно увеличить скорость резания на 10...15%. Если скорость резания оставить в прежних пределах, то стойкость доведенного быстрорежущего резца возрастет почти в два раза, что уменьшит расходы на инструмент и снизит вспомогательное время, связанное со сменой инструмента и переналадкой станка.

Следовательно, процесс заточки и доводки режущего инструмента имеет следующее основное назначение:

- изготовление режущей части инструмента с оптимальными заданными геометрическими параметрами, способствующими повышению стойкости инструмента, точности и производительности обработки;
- обеспечение заданной шероховатости заточенных или доведенных поверхностей инструмента, гарантирующей качество обработанной поверхности и уменьшение износа инструмента;
- сохранение режущих свойств, присущих инструментальному материалу, благодаря минимально допустимым изменениям в поверхностных слоях инструмента, связанным со структурными превращениями, появлением внутренних напряжений и трещин; повышение стойкости инструмента;
- удовлетворение условий экономичной эксплуатации инструмента.

Заточка инструмента осуществляется на машиностроительных предприятиях, как правило, централизованно. Вместе с тем, имея определенную квалификацию, рабочий-станочник периодически выполняет эту операцию сам. Например, вручную можно затачивать резцы, сверла. Для заточки более сложного инструмента необходимо специальное оборудование.

Контрольные вопросы

1. Какие геометрические параметры режущей части инструмента вы знаете?
2. Дайте определения заднего и переднего углов лезвия.

2.7. Процесс стружкообразования. Классификация стружки

Процесс резания (стружкообразования) является сложным физическим процессом, сопровождающимся большим тепловыделением, деформацией металла, износом режущего инструмента и наростообразованием на поверхности инструмента. Знание закономерностей процесса резания и сопровождающих его явле-

ний позволяет рационально управлять этим процессом и изготавливать детали более качественно, производительно и экономично.

При резании различных материалов образуются следующие стружки (рис. 2.6): сливные (непрерывные), скалывания (элементные) и надлома.

Сливная стружка (рис. 2.6, а) образуется в процессе резания пластичных металлов (например, мягкой стали, латуни) при высокой скорости резания, малых подачах и температуре 400...500 °С. Образованию сливной стружки способствует уменьшение угла резания δ (при оптимальном значении переднего угла γ) и высокое качество СОЖ. Угол резания $\delta = 90^\circ - \gamma = \alpha + \beta$, где α — задний угол резания; β — угол заострения.

Стружка скалывания (рис. 2.6, б) состоит из отдельных связанных один с другим элементов и имеет пилообразную поверхность. Такая стружка образуется в процессе резания твердой стали и некоторых видов латуни при малой скорости резания и больших подачах. При изменении условий резания стружка скалывания может перейти в сливную, и наоборот.

Стружка надлома (рис. 2.6, в) образуется при резании малопластичных материалов (чугуна, бронзы) и состоит из отдельных кусочков.

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

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

При обработке металлов и, особенно, пластичных материалов (например, резцом) в непосредственной близости к режущей кромке резца на его переднюю поверхность налипает обрабатываемый материал, образуя металлический нарост. Этот нарост имеет клиновидную форму, а его твердость в два-три раза превышает твердость обрабатываемого материала. Являясь «продолжением» резца, нарост (рис. 2.7) изменяет геометрические параметры резца ($\delta_1 < \delta$, где δ — исходный угол резания; δ_1 — угол

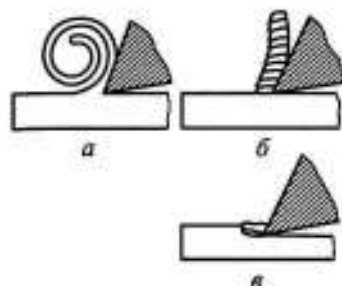


Рис. 2.6. Типы стружек:

a — сливная; *б* — скалывания; *в* — надлома



Рис. 2.7. Нарост на резце:

а — величина нароста; *б* и *б₁* — углы резания соответственно до и после образования нароста

резания с учетом нароста), участвует в резании металла и оказывает влияние на результаты обработки, износ резца и силы, действующие на резец.

При обработке нарост периодически скалывается и образуется вновь; отрыв частиц нароста происходит неравномерно по длине режущего лезвия, что приводит к мгновенному изменению глубины резания. Эти периодически повторяющиеся явления увеличивают шероховатость обработанной поверхности. При скорости резания $v < 5$ м/мин и обработке хрупких металлов, например чугуна, нарост, как правило, не образуется. С увеличением пластичности обрабатываемого металла размеры нароста возрастают. Наибольший нарост на инструменте из быстрорежущей стали образуется при скорости резания $v = 10 \dots 20$ м/мин, а на инструментах из твердых сплавов — при $v > 90$ м/мин. На этом основании не рекомендуется производить чистовую обработку на этих скоростях.

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

Для уменьшения нароста рекомендуется уменьшать шероховатость передней поверхности режущего инструмента, по возможности, увеличивать передний угол лезвия γ (например, при $\gamma = 45^\circ$ нарост почти не образуется) и применять СОЖ. При черновой обработке образование нароста, напротив, благоприятно сказывается на процессе резания.

Контрольные вопросы

1. Какие типы стружек, образующихся при резании металлов, вы знаете?
2. Что такое нарост при резании?
3. Как влияет нарост на процесс резания?

2.8. Тепловые явления при резании. Износ режущего инструмента

В процессе резания металлов около 80 % работы затрачивается на пластическое и упругое деформирование срезаемого слоя и слоя, прилегающего к обработанной поверхности и поверхности резания, и около 20 % работы — на преодоление трения по передней и задней поверхностям инструмента. Примерно 85...90 % всей работы резания превращается в тепловую энергию, количество которой (в зоне резания) существенно влияет на износ и стойкость инструмента, на шероховатость обработанной поверхности.

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

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

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

При увеличении подачи температура в зоне резания также повышается, но менее интенсивно, чем при увеличении скорости резания. Глубина резания оказывает наименьшее (по сравнению со скоростью и подачей) влияние на температуру в зоне резания.

При увеличении угла резания δ и главного угла в плане ϕ температура в зоне резания возрастает, а при увеличении радиуса r скругления режущей кромки — уменьшается. Применение СОЖ существенно уменьшает температуру в зоне резания.

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

Абразивный износ инструмента заключается в следующем: стружка внедряется в рабочую поверхность инструмента и путем микроцарапаний удаляет с нее металл. Интенсивность абразивного износа повышается при снижении скорости резания.

Адгезионный износ инструмента происходит в результате схватывания или прилипания трущихся поверхностей и последующе-

го отрыва мельчайших частиц материала инструмента. Результатом этого износа, происходящего при температуре ниже 900 °С, являются кратеры на рабочих поверхностях инструмента, образующие при слиянии лунки. Адгезионный износ уменьшается при повышении твердости инструмента.

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

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

Как правило, инструмент изнашивается по задней и передней поверхностям. За критерий износа обычно принимают допустимый износ h_z по задней поверхности инструмента (рис. 2.8, а). Например, для твердосплавных резцов при черновой обработке заготовок из стали $h_z = 1,0 \dots 1,4$; из чугуна — $h_z = 0,8 \dots 1,0$ мм, а при чистовой обработке заготовок из стали $h_z = 0,4 \dots 0,6$ мм; из чугуна — $h_z = 0,6 \dots 0,8$ мм. Преобладающий износ по задней поверхности обычно наблюдается при обработке с низкими скоростями резания заготовок из стали с малой (не более 0,15 мм) толщиной среза, а также при обработке заготовок из чугуна.

Преобладающий износ по передней поверхности резца наблюдается при большом давлении и при высокой температуре в зоне резания. Такие условия возникают при обработке с высокими ско-

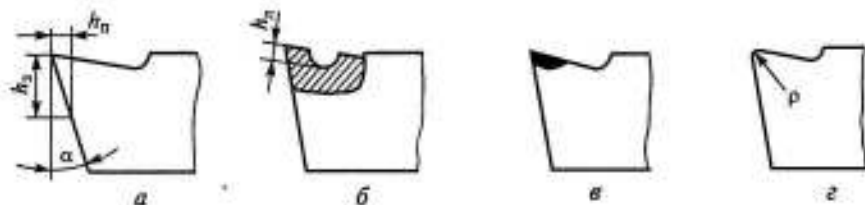


Рис. 2.8. Геометрические формы износа резца:

а — износ по задней и передней поверхностям; h_z — износ по задней поверхности; h_n — износ по передней поверхности; α — главный задний угол; б — лунка износа по передней поверхности; h_n — глубина лунки износа; в — полный, или катастрофический, износ по передней поверхности; г — скругление режущей кромки; ρ — радиус скругления режущей кромки

ростями резания и без охлаждения заготовок из стали с большой (более 5 мм) толщиной среза. При износе резца по передней поверхности h_n на последней образуется лунка (рис. 2.8, б), ширина и глубина которой непрерывно увеличиваются. При этом ширина перемычки между лункой и режущей кромкой непрерывно уменьшается, и когда перемычка исчезает, наступает полный, или катастрофический, износ (рис. 2.8, в).

На практике инструмент изнашивается по задней и передней поверхностям одновременно, при этом радиус ρ скругления режущей кромки увеличивается (рис. 2.8, г). Преобладание одного из этих видов износа над другими зависит от режима обработки.

Геометрические формы износа сверла показаны на рис. 2.9. Для сверл из быстрорежущей стали при обработке заготовок из чугуна $h_3 = 0,5 \dots 1,2$ мм; из стали $h_3 < 1,1$ мм, а для сверл, оснащенных пластинами из твердого сплава, для заготовок из чугуна и стали $h_3 = 0,4 \dots 1,3$ мм. Большие значения износа допустимы для сверл большего диаметра.

Наиболее распространен износ сверла по задней поверхности у периферийной части режущей кромки. Он возникает вследствие увеличения температуры в зоне резания. Износ перемычки сверла наиболее часто возникает при обработке твердых материалов или при высокой скорости резания. Наиболее значителен износ сверла по передней поверхности при глубоком сверлении. Износ участка ленточки примыкающего к режущей части сверла зависит от деформации и увода сверла, а также от других факторов.

При чистовой обработке деталей за технологический критерий износа инструмента принимают допустимый износ, при превышении которого точность получаемых размеров и шероховатость обработанной поверхности не удовлетворяют заданным (по техническим требованиям). Так, технологическим критерием износа

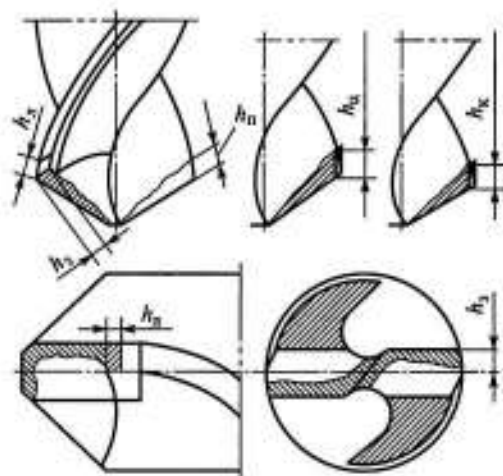


Рис. 2.9. Геометрические формы износа сверла:

h_1 — износ по задней поверхности; h_2 — износ по ленточке; h_3 — износ по передней поверхности; h_4 — износ цилиндрического участка; h_5 — износ конического участка

мерных инструментов для обработки отверстий (например, разверток) является износ по задней поверхности, при котором размер или качество поверхности обрабатываемого отверстия не соответствуют заданному допуску.

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

Контрольные вопросы

1. Как распределяется тепло, образующееся при резании?
2. Какие виды износа инструмента вы знаете?
3. Какой параметр резания оказывает наибольшее влияние на стойкость инструмента?

2.9. Влияние смазочно-охлаждающей жидкости на процесс резания

Применение СОЖ благоприятно воздействует на процесс резания металлов: значительно уменьшается износ режущего инструмента, повышается качество обработанной поверхности и снижаются затраты энергии на резание. При этом уменьшается наростообразование на режущей кромке инструмента и улучшаются условия для удаления стружки и абразивных частиц из зоны резания. Наименьший эффект дает применение СОЖ при обработке чугуна и других хрупких материалов.

При работе твердосплавным инструментом на высоких скоростях резания рекомендуется обильная и непрерывная подача СОЖ, так как при прерывистом охлаждении в пластинах твердого сплава могут образоваться трещины, приводящие к выходу инструмента из строя. Наиболее эффективно применение СОЖ при обработке вязких и пластичных металлов, при этом с увеличением толщины среза и скорости резания положительное воздействие СОЖ на процесс стружкообразования уменьшается. Выбор СОЖ зависит от обрабатываемого материала и вида обработки.

СОЖ должна обладать высокими охлаждающими, смазывающими, антикоррозионными свойствами и быть безвредной для обслуживающего персонала.

Все СОЖ можно разделить на две основные группы: охлаждающие и смазочные. К *первой группе* относятся водные растворы и эмульсии, обладающие большой теплоемкостью и теплопроводностью. Широкое распространение получили водные эмульсии, содержащие поверхностно-активные вещества. Они применяются при обдирочных работах, когда к шероховатости обработанной поверхности не предъявляют высоких требований.

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

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

Контрольные вопросы

1. Какое воздействие на процесс резания металлов оказывает СОЖ?
2. Как следует подавать СОЖ при обработке твердосплавным инструментом?
3. Какие основные группы СОЖ вы знаете?

2.10. Силы, действующие на режущий инструмент

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

Образование стружки в процессе резания происходит под действием силы резания, преодолевающей сопротивление металла. Силу P резания, H , при обработке точением можно разложить на три составляющие (рис. 2.10): тангенциальную P_z , направленную вертикально вниз и определяющую мощность, потребляемую приводом главного движения станка; радиальную P_y , направленную вдоль поперечного движения подачи (эта сила отжимает резец и учитывается при расчете прочности инструмента и механизма поперечного движения подачи станка); осевую P_x , направленную вдоль продольного движения подачи (эта сила стремится отжать резец в сторону суппорта и учитывается при определении допустимой нагрузки на резец и механизмы станка при продольном движении подачи).

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

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

В процессе резания на значение P_z , P_y и P_x влияют следующие факторы: обрабатываемый металл, глубина резания, подача, передний угол, главный угол в плане, радиус скругления режущей кромки, СОЖ, скорость резания и износ резца.

Физико-механические свойства обрабатываемого металла существенно влияют на значение силы резания. Чем больше предел прочности при растяжении σ_b и твердость обрабатываемого металла, тем больше P_z , P_y и P_x .

Увеличение глубины резания и подачи также приводит к увеличению составляющих силы резания, причем глубина резания больше влияет на силу резания, чем подача.

Чем меньше передний угол лезвия γ , тем больше сила резания. При увеличении главного угла ϕ в плане сила P_y резко уменьшается, а сила P_x увеличивается. Для твердосплавных резцов при увеличении ϕ от 60° до 90° сила P_z практически не изменяется. При увеличении радиуса r скругления режущей кромки силы P_z и P_y возрастают, а сила P_x уменьшается.

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

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

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

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

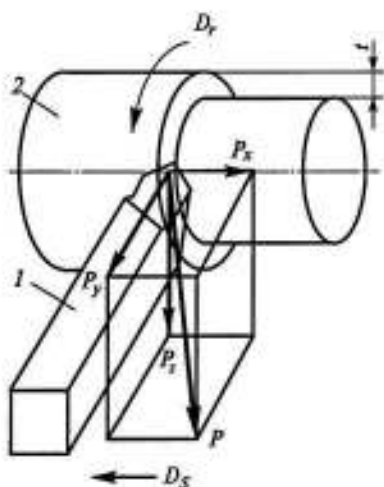


Рис. 2.10. Силы, действующие на резец:

1 — резец; 2 — заготовка; P — сила резания; P_x , P_y и P_z — составляющие силы резания; D_r — направление главного движения резания; D_s — направление движения подачи; t — глубина резания

Контрольные вопросы

1. Можно ли для практических расчетов использовать не силу резания P , а ее тангенциальную составляющую P_z ?

2. Какое влияние на силу резания оказывают: СОЖ, увеличение скорости резания, износ резца, инструментальный материал?

2.11. Шероховатость поверхности и точность обработки

На поверхностях деталей после их механической обработки всегда остаются неровности. Совокупность неровностей, образующихся при обработке, называют *шероховатостью поверхности*. Величина шероховатости оказывает непосредственное влияние на качество неподвижных и подвижных соединений. Детали с большой шероховатостью поверхности в неподвижных соединениях не обеспечивают требуемой точности и надежности сборки, а в подвижных соединениях — быстро изнашиваются и не обеспечивают первоначальных зазоров.

На поверхности, обработанной токарным резцом, образуются неровности в виде винтовых выступов и винтовых канавок (рис. 2.11). Неровности, расположенные в направлении движения подачи D_S , образуют поперечную шероховатость, а неровности, расположенные в направлении главного движения резания D_r , — продольную шероховатость. Высота H и характер неровностей зависят от обрабатываемого материала, режима резания, геометрии режущих кромок инструмента и других факторов (рис. 2.12).

Значение H увеличивается с увеличением подачи и уменьшается с увеличением радиуса скругления режущей кромки резца.

При увеличении скорости резания высота H неровностей умень-

шается. Увеличение вспомогательного угла в плане ϕ_1 , уменьшение заднего угла, затупление режущей кромки приводят к увеличению шероховатости поверхности. В производственных условиях шероховатость обработанной поверхности детали оценивают методом сравнения с образцом. В качестве образца используют обработанную деталь, шероховатость которой аттестована.

Отклонения размеров и других параметров готовой детали от указанных в чертеже определяют погрешность обработки, значение которой должно находиться в пределах допуска.

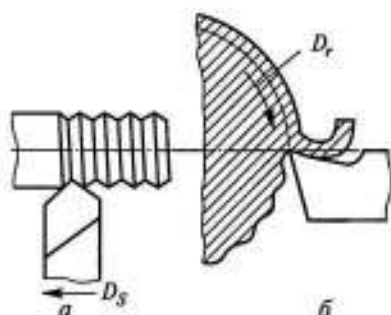


Рис. 2.11. Образование поперечной (а) и продольной (б) шероховатости поверхности при токарной обработке:

D_r — направление движения резания;
 D_S — направление движения подачи

Погрешности подразделяют на систематические и случайные. К систематическим относятся погрешности, которые при обработке партии деталей повторяются на каждой детали. Эти погрешности больше случайных и определяют точность обрабатываемой детали.

Основными причинами систематических погрешностей обработки являются:

- неточность станка (например, непрямолинейность направляющих станины и суппортов, непараллельность или перпендикулярность направляющих оси шпинделя, неточность изготовления шпинделя и его опор и т.д.);
- деформация сборочных единиц (узлов) и деталей станка под действием сил резания и нагрева в процессе работы;
- неточность изготовления режущих инструментов, приспособлений и их износ;
- деформация инструментов и приспособлений под действием сил резания и нагрева в процессе обработки;
- погрешности установки и базирования заготовки на станке;
- деформация обрабатываемой заготовки под действием сил резания и зажима, а также вследствие нагрева в процессе обработки;
- погрешности, возникающие при установке инструментов и их настройке на размер;
- погрешности в процессе измерения, вызываемые неточностью измерительных инструментов и приборов, их износом и деформациями, а также ошибкой рабочего при оценке показаний измерительных устройств.

Причины, вызывающие систематические погрешности, можно установить и устранить.

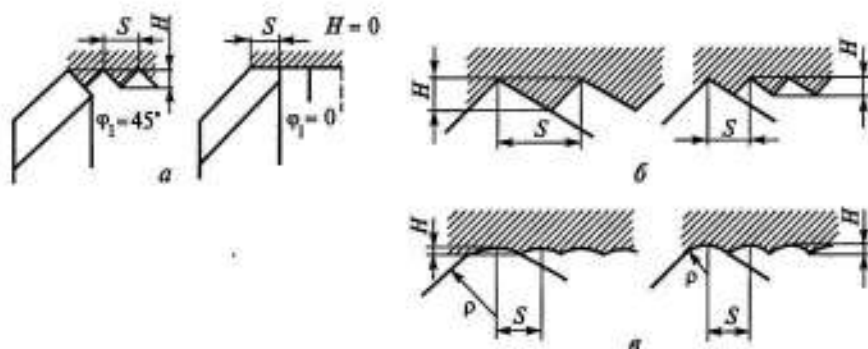


Рис. 2.12. Высота неровностей H при точении:

a — влияние вспомогательного угла в плане φ_1 ; $б$ — влияние подачи S ; $в$ — влияние радиуса ρ скругления режущей кромки резца

К случайным относятся погрешности, возникающие вследствие случайных упругих деформаций заготовки, станка, приспособления и режущего инструмента (например, из-за неоднородности обрабатываемого материала).

Контрольные вопросы

1. Что такое шероховатость поверхности?
2. От чего зависит высота микронеровностей и их характер при точении?
3. Как подразделяют погрешности обработки?

2.12. Режимы резания

Качество и эффективность изготовления деталей машин зависят от рационального проведения процессов обработки заготовок резанием, которое достигается в следующих случаях:

- режущая часть инструмента имеет оптимальные геометрические параметры и качественную заточку лезвий;
- обработка заготовок ведется с технически и экономически обоснованными подачами S и скоростями резания v ;
- возможности механизмов станка — коробки подач и коробки скоростей — позволяют реализовать обоснованные значения подачи S и скорости резания v .

Режимы резания характеризуются числовыми значениями глубины резания, подачи (или скорости движения подачи) и скорости резания (см. подразд. 2.2), а также геометрическими параметрами и стойкостью инструментов (см. подразд. 2.6), силами резания, мощностью и другими параметрами процесса резания, от которых зависят его технико-экономические показатели.

Выбор режимов резания можно считать рациональным, если значения перечисленных параметров позволяют получить высокие технико-экономические показатели. Параметры режима резания взаимосвязаны, поэтому нельзя произвольно изменять значение одного из них, не изменяя соответственно всех прочих.

При выборе и назначении режимов резания необходимо производить соответствующее согласование значений всех параметров с возможностями их реализации на станках. Необходимость учета большого числа взаимовлияющих факторов при назначении режимов резания обусловила использование метода постепенного приближения. На практике некоторым параметрам задают предварительные значения, а затем их корректируют с учетом других параметров до тех пор, пока не получают окончательные значения, которые могут быть использованы для реализации данного технологического процесса обработки (см. гл. 3). Кроме того, следует

отметить, что решение поставленной задачи почти всегда многовариантно, т. е. несколько вариантов сочетаний параметров режимов резания удовлетворяют поставленным требованиям.

Обычно выбор основных параметров режимов резания начинается с определения глубины резания (см. подразд. 2.2). Она связана с припуском, оставляемым для выполнения данной технологической операции. На операциях окончательной обработки припуск составляет не более 0,5 мм. На промежуточных операциях припуск на обработку изменяется в пределах 0,5...5 мм. На операциях предварительной обработки заготовок в зависимости от их размеров и способа изготовления припуск может быть более 5 мм.

Например, припуск менее 7 мм может быть срезан за один проход резца (глубина резания равна припуску на обработку). В случае превышения некоторых критических значений глубины резания могут возникнуть вибрации станка, приспособления, инструмента, заготовки, поэтому припуск более 7 мм срезают за два или несколько проходов, а глубина резания при каждом проходе может быть постоянной или ее последовательно уменьшают.

Значение подачи S (как и глубины резания) определяют в зависимости от вида технологической операции. Операции окончательной обработки ведут при подаче на оборот $S_0 < 0,1$ мм/об. При операциях промежуточного формообразования подачу назначают в пределах $S_0 = 0,1...0,4$ мм/об. Операции предварительной обработки для сокращения времени стремятся вести при подаче $S_0 = 0,4...0,7$ мм/об. При обработке заготовок на тяжелых станках можно применять глубину резания до 30 мм и подачу до 1,5 мм/об.

Предварительное значение скорости резания v при известных глубине резания t и выбранном интервале подач S вычисляют по формуле, которая приводится в справочниках по режимам резания.

Твердость заготовки НВ устанавливают по технической документации, сопровождающей партию заготовок, поступающих на обработку.

Стойкость инструмента характеризуется периодом стойкости T_p , т. е. временем работы инструмента между переточками. Его назначают согласно рекомендациям справочных материалов в зависимости от характера выполняемой операции и инструментального материала. На практике используют некоторый интервал значений периода стойкости. Например, для твердосплавных резцов при выполнении операций промежуточного формообразования можно принять период стойкости $T = 30...45$ мин.

По формуле вычисляют два значения скорости резания: большее — для меньших значений подачи S и периода стойкости T и меньшее — для больших их значений. По найденным значениям скорости резания v , м/мин, для заданного диаметра D , мм, обрабатываемой заготовки по формуле $n = 1000v/(\pi D)$, об/мин, рас-

считывают два значения частоты вращения шпинделя — наибольшее и наименьшее, т.е. определяют интервал значений частоты вращения шпинделя, в пределах которого можно выбрать определенное значение, обеспечиваемое кинематикой станка.

Если на предварительном этапе устанавливают некоторый интервал значений параметров резания, в пределах которого достигаются заданные точность и качество обрабатываемой детали, то следующим этапом является выбор фактических (рабочих) значений основных параметров режимов резания.

Глубина резания (рабочая), как правило, равна полуразности диаметров обрабатываемой и обработанной детали (при точении).

Рабочую подачу выбирают из числа имеющихся в коробке подач станка, причем это значение должно находиться в пределах интервала предварительно выбранных значений подач.

Рабочую частоту вращения шпинделя выбирают из числа значений, обеспечиваемых коробкой скоростей станка, с учетом того, что она должна находиться в интервале частот для меньшей и большей скоростей.

С помощью установленных рабочих значений основных параметров режимов резания — глубины резания t , подачи S и частоты вращения шпинделя n — проводят расчет остальных рабочих режимов и соответствующих технико-экономических показателей.

Рабочую скорость резания v , м/мин, при известной частоте вращения шпинделя n , об/мин, и заданном диаметре заготовки D , мм, можно рассчитать по формуле $v = 10^{-3} \pi D n$.

Формулы для расчета рабочих значений периода стойкости инструмента, силы резания, момента вращения M_z , кН·м, на шпинделе станка и эффективной мощности, затрачиваемой на обработку заготовки резанием, приводятся в справочнике «Режимы резания металлов» [24]. Далее на примере конкретных операций (точения, фрезерования, сверления и т.д.) будет рассмотрен выбор режимов резания с учетом справочных данных и паспорта станка.

Контрольные вопросы

1. Что понимается под термином «режимы резания»?
2. Как производят выбор режимов резания?

2.13. Основные понятия о процессе точения и режущем инструменте для токарной обработки

При изучении теории резания материалов — основных понятий и элементов резания, обрабатываемости материалов резанием, геометрии, режущих свойств инструментов (см. подразд.

2.1... 2.12 настоящей главы) — в качестве иллюстрации были рассмотрены процесс точения и простейший из всех лезвийных режущих инструментов — резец.

При работе на токарных станках используют различные режущие инструменты: резцы, сверла, зенкеры, развертки, метчики, плашки, фасонный инструмент и др. В настоящем подразделе наиболее полно будут рассмотрены резцы для различных видов работ, а также фасонный инструмент и резьбонарезные плашки. Инструмент для обработки отверстий — сверла, зенкеры, развертки и метчики — будет рассмотрен в подразд. 4.4.

Токарные резцы — это наиболее распространенный инструмент, предназначенный для черновой, получистовой, чистовой и тонкой (алмазной) обработки плоскостей наружных и внутренних цилиндрических, конических и фасонных поверхностей, в том числе резьбовых.

В основе классификации токарных резцов использованы следующие признаки:

- вид обработки. Проходные резцы для обработки наружной цилиндрической поверхности могут быть прямыми (рис. 2.13, а; см. также рис. 2.3; 2.4; 2.5 и 4.19) и отогнутыми (рис. 2.13, б; см. также рис. 4.20, а и б). Отогнутые резцы получили широкое распространение из-за их универсальности, позволяющей вести обработку с поперечной подачей не только цилиндрических, но и торцовых поверхностей. Проходные упорные резцы (рис. 2.13, в; см. также рис. 4.20, в) имеют угол в плане $\phi = 90^\circ$, их применяют при обтачивании ступенчатых валиков и при обработке нежестких деталей. Подрезные резцы (рис. 2.13, г; см. также рис. 4.23) предназначены для обработки торцовых поверхностей, перпендикулярных оси вращения детали; эти резцы работают с поперечной подачей. Расточные резцы (рис. 2.13, д) предназначены для обработки отверстий на токарных станках; отрезные (рис. 2.13, е; см. также рис. 4.25) — для отрезки заготовок или обработанных из прутка деталей (например, на прутковых токарных автоматах); резьбонарезные (рис. 2.13, ж) — для нарезания резьбы. Резцы для контурного точения (рис. 2.13, з) используют при обработке тел вращения с фасонной образующей на станках с копирувальными устройствами и ЧПУ. Эти резцы имеют увеличенные вспомогательные углы в плане ϕ_1 . Фасонные резцы (рис. 2.13, и) предназначены для обработки деталей сложного профиля на токарных и револьверных станках, автоматах и полуавтоматах;

- характер обработки: черновые, чистовые и резцы для тонкого точения;

- установка относительно детали: радиальные и тангенциальные резцы;

- направление движения подачи: правые и левые резцы;

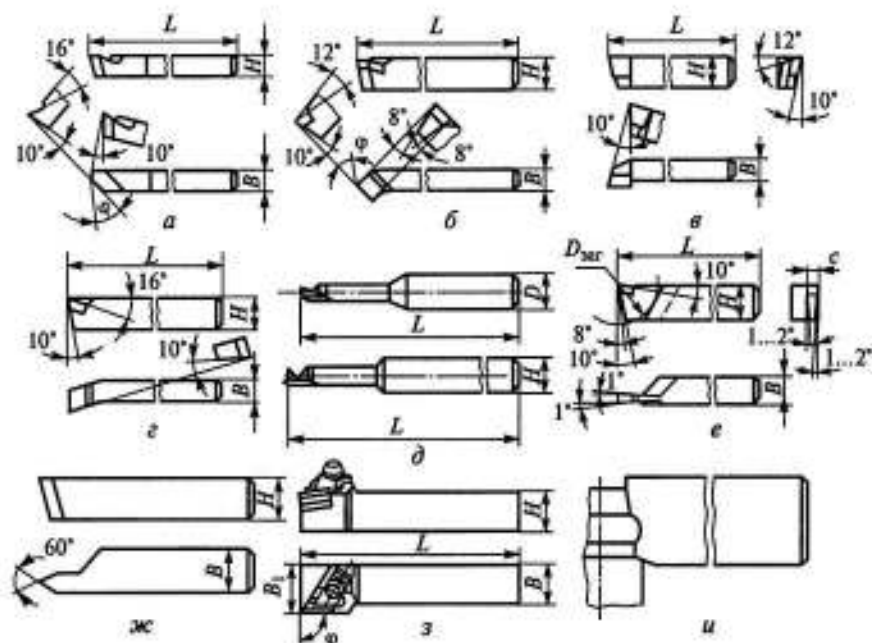


Рис. 2.13. Типы резцов:

a — прямые; *б* — отогнутые; *в* — упорные; *г* — подрезные для обработки торцовых поверхностей; *д* — расточные; *е* — отрезные; *ж* — резбонарезные; *з* — для контурного точения; *и* — фасонные; *L* — длина резца; *H* — высота резца; *B* — ширина резца; *B₁* — ширина головки резца; ϕ — угол в плане; *D_{зг}* — диаметр заготовки; *c* — ширина режущей части резца; *D* — диаметр посадочной поверхности резца

- конструкция головки: прямые, отогнутые, изогнутые и оттянутые резцы;
- поперечное сечение: прямоугольные, квадратные и круглые резцы (для унификации присоединительных размеров резцедержателей станков сечения резцов стандартизированы);
- конструкция: цельные, составные и сборные резцы;
- материал рабочей части: инструментальные стали, твердые сплавы, керамические материалы, СТМ (алмаз и эльбор).

Нарезание резб на токарных станках в условиях единичного или мелкосерийного производства и нарезание крупных резб производят резбовыми резцами: стержневыми (рис. 2.14, *a*, *б* и *в*), призматическими однониточными и многониточными (рис. 2.15, *a* и *б*), круглыми (дисковыми) однониточными и многониточными (рис. 2.15, *в* и *г*).

Стержневые быстрорежущие резцы применяют для нарезания цилиндрических и конических наружных резб на токарно-винторезных станках. При скоростном нарезании этих же резб исполь-

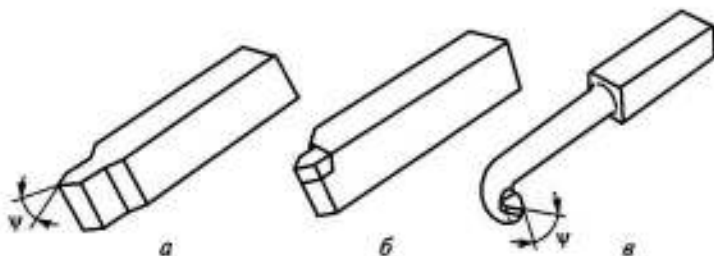


Рис. 2.14. Резьбовые стержневые резцы:

а — быстрорежущий; *б* — оснащенный твердым сплавом; *в* — отогнутый; ψ — угол профиля резьбы

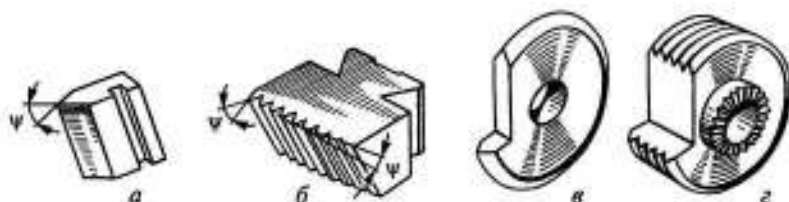


Рис. 2.15. Типы резьбовых фасонных резцов:

а — призматический односторонний; *б* — призматический многосторонний; *в* — круглый (дисковый) односторонний; *г* — круглый многосторонний; ψ — угол профиля резьбы

зуют резцы, оснащенные твердосплавной пластинкой. Стержневые отогнутые резцы служат для нарезания внутренних резьб (см. рис. 2.14, *в*).

При нарезании резьбы на автоматах и полуавтоматах применяют призматические и круглые резцы. Призматические резцы служат для изготовления наружной резьбы, круглые — для наружной и внутренней. Нарезание резьбы односторонними резцами производят за несколько повторных проходов. При помощи многосторонних резцов резьба изготавливается за один проход.

Круглые плашки (рис. 2.16) применяют как для работы вручную, так и на токарно-револьверных станках и автоматах для нарезания крепежных резьб (преимущественно на болтах, винтах и шпильках). Способ нарезания резь-

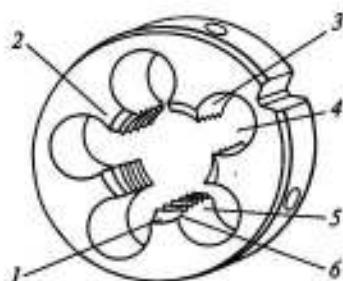


Рис. 2.16. Конструктивные элементы круглой плашки:

1 — задняя поверхность; *2* — зуб; *3* — спинка зуба; *4* — стружечное отверстие; *5* — передняя поверхность; *6* — режущая кромка

бы круглыми плашками малопроизводителен, не обеспечивает получение точной резьбы, но еще распространен на некоторых заводах. В массовом и крупносерийном производствах нарезание резьбы плашками заменяют более производительными способами.

Контрольные вопросы

1. Какие режущие инструменты применяют при обработке деталей на токарных станках?
2. Какие признаки лежат в основе классификации токарных резцов?
3. Какие режущие инструменты наиболее часто используют при обработке наружной резьбы на токарных станках?

2.14. Режимы резания при точении и нарезании резьбы резцом

Т о ч е н и е. Резание резцами производится с выбранной скоростью движения подачи при определенной глубине резания и с допустимой (оптимальной) скоростью резания. Режимы резания — это совокупность указанных величин. При выборе режимов точения целесообразно использовать материалы справочника «Режимы резания металлов» [24], а именно: «Общие указания по расчету режимов резания» (с. 7...8), условные обозначения величин, относящихся ко всем разделам справочника (с. 9...10), а также материалы, приведенные в разд. 1 «Режимы резания на токарных станках», ссылки на которые будут даны при выборе режимов резания. В карте Т-1 разд. 1 на листах 1...3 подразд. «Токарные станки» изложена «Методика расчета режимов резания при обработке на одношпиндельных токарных станках» (с. 11...13).

Глубина резания t зависит от припуска на обработку и вида обработки (черновое или чистовое точение). Обработку ведут с возможно меньшим числом проходов.

Рассмотрим последовательность определения режимов резания при точении на одношпиндельных станках по карте Т-1 [24].

1. Определение длины рабочего хода $L_{р.х}$ суппорта на рабочей подаче, мм (или каждого суппорта, если их несколько), исходя из значений L , рассчитанных для отдельных инструментов суппорта и последовательности их работы. Расчет проводим для одного резца, т. е. $L_{р.х} = L$:

$$L = L_p + L_n + L_d,$$

где L_p — длина резания, мм; L_n — длина подвода, врезания, перебега инструмента, мм (см. Приложение 5 [24]); L_d — дополнительная длина хода, обусловленная особенностями наладки и конфигурации детали, мм.

2. Назначение подачи суппорта на оборот шпинделя S_0 , мм/об, исходя из обрабатываемого материала, вида инструмента, глубины резания t , требований к качеству обработки, в том числе к шероховатости поверхности (при чистовой обработке).

Например, подача на оборот S_0 при черновом точении проходными резцами приведена в табл. 2.1 (фрагмент карты Т-2).

Затем производят уточнение подач по паспорту станка, если он содержит подачи на оборот.

3. Определение стойкости T_p инструмента, мин (или группы лимитирующих инструментов при многоинструментальной обработке) производится по карте Т-3 (некоторые данные из нее приведены в табл. 2.2). Стойкость T_p инструмента, мин (лимитирую-

Таблица 2.1

Подача на оборот S_0 при черновом точении проходными, подрезными и расточными резцами

Типы резцов	Значение S_0 , мм/об, при обработке	
	стали и чугуна	алюминиевых сплавов
Резцы, оснащенные пластинами из твердых сплавов (кроме круглых), при работе с глубиной резания: 2...4 мм 3...8 мм	0,3...0,6	0,3...0,6
	0,4...0,8	0,4...0,8
Твердосплавные круглой формы	0,5...1	0,5...1
Резцы с СМП из твердых сплавов с износостойким покрытием	0,25...0,5	—
Резцы с СМП из режущей керамики	0,2...0,4	—

Примечания. 1. Приведенные значения подач, отражающие производственный опыт, зависят от жесткости технологической системы: большие подачи назначают при большей жесткости.

2. СМП — сменные многогранные пластины.

3. При назначении подач необходимо учитывать следующие ограничения:

· при прерывистом резании твердосплавными СМП $S_0 \leq 0,4$ мм/об;

· величины подачи должны быть не более 0,5 радиуса при вершине твердосплавных резцов.

4. При работе резца с СМП из режущей керамики при врезании и выходе резца целесообразно уменьшать подачи для повышения надежности работы инструмента.

Нормативная стойкость T_n инструментов

Тип станка	Общее число инструментов в наладке, шт.	Степень различия загрузки инструментов в наладке	Значение T_n , мин
Одношпиндельный	1	—	30
	2...8	Значительная	30
	2...8	Средняя	60

шего), для которого ведется расчет скорости резания, определяется по формуле

$$T_p = T_n \pi \lambda,$$

где T_n — нормативная стойкость инструментов в минутах основного времени обработки; λ — коэффициент времени резания.

Коэффициент времени резания λ рассчитывается как отношение числа оборотов шпинделя за время резания для рассматриваемого инструмента к общему числу оборотов шпинделя за время рабочего цикла.

При работе одним суппортом $\lambda = L_p/L_{px}$. Если очевидно, что коэффициент времени резания $\lambda > 0,7$, то его можно принимать равным единице и не учитывать.

4. Расчет скорости резания v , м/мин, и частоты вращения шпинделя n , об/мин.

В данном примере расчет производят для станков с постоянной частотой вращения шпинделя в течение рабочего цикла, исходя из известных параметров: угла в плане ϕ , глубины резания t , подачи на оборот S_0 и принятой стойкости инструмента T_p .

Определение исходных значений v инструментов со стойкостью T_p осуществляют по карте Т-4 (некоторые данные из нее приведены в табл. 2.3).

Скорость резания v^1 для сталей и чугунов определяется по формуле

$$v = v_{\text{табл}} K_1 K_2 K_3,$$

где $v_{\text{табл}}$ — скорость по таблице, м/мин; K_1 , K_2 , K_3 — коэффициенты, зависящие соответственно от марки и твердости обрабаты-

¹ Данные по обрабатываемости конструкционных материалов, инструментальным материалам и смазочно-охлаждающим жидкостям представлены в Приложениях 1, 2, 3 [24].

Точение сталей
Скорость резания $v_{\text{таб}}$ при точении проходными, подрезными
и расточными резцами

Значение S_0 , мм/об	Значение $v_{\text{таб}}$, при точении резцами								
	твердосплавными								из режу- щей кера- мики с $t = 1 \dots$ $\dots 4$ мм и $\varphi = 45 \dots 90^\circ$
	с СМП и напайными							круг- лыми с $t < 2$ мм и $D = 10 \dots$ $\dots 20$ мм	
	$t \leq 1$ мм	$t = 2 \dots 4$ мм			$t = 5 \dots 6$ мм				
	$\varphi = 45 \dots 90^\circ$	$\varphi = 45^\circ$	$\varphi = 60^\circ$	$\varphi = 90^\circ$	$\varphi = 45^\circ$	$\varphi = 60^\circ$	$\varphi = 90^\circ$		
До 0,2	220	205	205	195	205	195	175	235	380...440
0,3	205	190	175	165	180	175	145	215	280...320
0,4	190	175	165	160	165	160	135	200	230...260
0,5	180	160	150	150	150	140	125	190	—
0,6	175	150	145	140	140	135	120	180	—
0,8	165	140	135	130	125	120	105	165	—

ваемого материала, группы твердого сплава и стойкости инструмента T_p .

Значения коэффициентов K_1 , K_2 , K_3 приведены в той же карте Т-4. Расчет значения n , соответствующего исходному значению v , производится по формуле

$$n = 1000 v / (\pi D),$$

где D — диаметр заготовки, мм.

Указанное в паспорте станка значение не должно превышать меньшее из рассчитанных значений n более чем на 10...15 %. Если в паспорте станка регламентированы значения подачи S_m , мм/мин, то надо определить расчетное значение $S_m = S_0 n$ и уточнить его по паспорту станка.

5. Расчет основного времени обработки T_o , мин, при постоянных подаче S_0 и частоте вращения n шпинделя производится по формуле

$$T_o = L_{p.x} / (S_0 n),$$

где $L_{p.x}$ — длина рабочего хода суппорта, мм.

6. Корректирование режимов резания. В случае когда основное время T_o , рассчитанное на этапе 5, меньше основного времени, соответствующего заданной производительности, следует рассмот-

Сила резания $P_{z\text{ табл.}}$

Обрабатываемый материал		Значение $P_{z\text{ табл.}}$, кН, при $t=1$ мм и подаче $S_{0.2}$, мм/об											
Вид	Твердость НВ	0,06	0,08	0,1	0,12	0,16	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
Конструкционные стали	До 200	0,22	0,26	0,30	0,36	0,44	0,53	0,7	0,88	1,05	1,25	1,50	1,75
	230	0,23	0,27	0,32	0,38	0,46	0,56	0,74	0,92	1,1	1,3	1,55	1,85
	270	0,24	0,28	0,33	0,40	0,48	0,59	0,78	0,87	1,15	1,35	1,65	1,95
	300	0,26	0,30	0,36	0,43	0,51	0,63	0,83	1,05	1,25	1,45	1,75	2,05

реть целесообразность понижения режимов резания для повышения надежности работы, улучшения технико-экономических показателей при обеспечении заданной производительности и качества (Приложение 7 [24]); при этом исходными данными являются два значения основного времени $T_{0.2}$, рассчитанного на этапе 5 и соответствующего заданной производительности.

7. Выполнение проверочных расчетов по мощности резания состоит из двух этапов.

7.1. Сила резания определяется по формуле

$$P_z = P_{z\text{ табл.}} t,$$

где $P_{z\text{ табл.}}$ — главная составляющая силы резания, кН (табл. 2.4); t — глубина резания, мм.

7.2. Мощность резания, кВт, определяется по формуле

$$N_p = P_z v / 60,$$

где v — скорость резания, м/мин.

Проверка мощности двигателя производится по пиковой нагрузке и нагреву. (Методика проверки изложена в Приложении 6 [24].)

Нарезание резьбы на токарных станках. Рассмотрим способы обработки резьб резцами и круглыми плашками (см. [24], разд. «Режимы обработки резьб»).

Резцами нарезают наружные резьбы диаметром $d_n = 1 \dots 1000$ мм, шагом $P = 0,25 \dots 100$ мм, 6...8 степени точности. Наибольшая производительность обработки в серийном производстве, в том числе на станках с ЧПУ (карта РР-1), — 5 шт./мин для резьб с минимальными диаметром, шагом и длиной не более $2d_n$.

Далее приводятся фрагменты карты РР-1 (табл. 2.5, 2.6 и 2.7), по которым могут быть назначены режимы резания для обработки наружной резьбы резцом на деталях из конструкционных сталей.

Таблица 2.5

Определение общей глубины резания t_1 и числа проходов i при точении наружных и внутренних метрических резьб на деталях из конструкционных сталей

Шаг резьбы P , мм	Рабочая высота профиля резьбы h , мм	Значение t_1 , мм				Значение i
		при подаче под углом 27°		при радиальной подаче		
		наружная резьба	внутрен- няя резьба	наружная резьба	внутрен- няя резьба	
0,5	0,27	0,38	0,35	0,34	0,31	4
0,75	0,406	0,57	0,52	0,51	0,46	4
1,0	0,541	0,76	0,68	0,68	0,61	5
1,25	0,677	0,96	0,86	0,86	0,77	6
1,5	0,812	1,16	1,03	1,03	0,92	6
1,75	0,947	1,35	1,20	1,20	1,07	8
2,0	1,082	1,54	1,38	1,37	1,23	8

Таблица 2.6

Радиальная подача на проход S при нарезании наружной метрической резьбы на деталях из конструкционных сталей

Номер прохода	Значение S , мм/проход, для шагов резьбы P , мм													
	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0
1	0,15	0,20	0,20	0,25	0,25	0,25	0,30	0,30	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60
2	0,08	0,15	0,17	0,19	0,23	0,20	0,25	0,26	0,27	0,31	0,35	0,40	0,44	0,50
3	0,06	0,11	0,14	0,14	0,20	0,18	0,20	0,22	0,24	0,27	0,31	0,35	0,39	0,45
4	0,05	0,05	0,11	0,12	0,17	0,16	0,17	0,19	0,21	0,24	0,28	0,30	0,34	0,40
5	—	—	0,06	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17	0,18	0,22	0,25	0,26	0,30	0,35
6	—	—	—	0,06	0,06	0,12	0,13	0,15	0,16	0,20	0,23	0,22	0,26	0,30
7	—	—	—	—	—	0,09	0,11	0,13	0,15	0,18	0,21	0,19	0,22	0,26
8	—	—	—	—	—	0,06	0,06	0,12	0,14	0,16	0,19	0,17	0,18	0,24

Скорость резания v при резбotoчении¹

Обрабатываемый материал		Значение v , м/мин, при резбotoчении резцами				
		быстро-режущими Р6М5	твердосплавными			
Вид	Твердость НВ		P10	P30	K10	K20
Конструкционные стали	До 230	15...20	120...170	80...100	—	—
	230... 270	10...15	100...140	70...80	—	—

¹ Данные по обрабатываемости конструкционных материалов, инструментальным материалам и смазочно-охлаждающим жидкостям представлены в Приложениях 1, 2, 3 [24].

Расчет режимов резбotoобработки резцами завершается определением основного времени.

При точении резбoto основное время

$$T_o = L_{р.х} i q / (P n),$$

где $L_{р.х}$ — длина рабочего хода резца, мм; P — шаг обрабатываемой резбoto, мм; n — частота вращения заготовки, об/мин, определяемая по формуле

$$n = 1000 v / (\pi D),$$

исходя из табличной скорости v с учетом возможностей станка, определяемым по паспортным данным; i — число проходов; q — число заходов резбoto.

Круглыми плашками нарезают резбoto диаметром $d_n = 0,2 \dots 72$ мм, шагом $P = 0,08 \dots 3$ мм, 5...8-й степеней точности. Наибольшая производительность — 5 шт./мин.

Скорость резания v , стойкость инструмента T_p , крутящий момент $M_{кр}$, основное время T_o при резбotoобработке круглыми плашками могут быть определены по карте РГ-1 справочника [24].

Контрольные вопросы

1. Какие величины составляют режимы резания при обработке деталей точением?
2. Какие способы обработки резбoto применяют на токарных станках?
3. Как выбрать режимы резания для чернового точения деталей из конструкционных сталей по приведенным таблицам?
4. Приведите пример выбора режимов резания при резбotoточении.

2.15. Основные понятия о процессе фрезерования

Фрезерование — это лезвийная обработка с главным вращательным движением резания, сообщаемым инструменту и имеющим постоянный радиус траектории, а также хотя бы одно движение подачи, направленное перпендикулярно оси главного движения.

Фрезерование является производительным и универсальным технологическим способом механической обработки заготовок резанием. В машиностроении фрезерованием обрабатывают плоскости, уступы, канавки прямоугольного и профильного сечения, пазы, фасонные поверхности и т.д. Фрезерование также используют для разрезаниякатаных прутков, резьбо- и зубофрезерования (эти процессы в данной книге не рассматриваются).

Для обработки плоских и фасонных поверхностей на фрезерных станках применяют фрезы — многозубый (многолезвийный) инструмент. Каждый зуб фрезы представляет собой простейший резец.

Назначение фрез. Основные типы фрез приведены на рис. 2.17. Для обработки открытых плоскостей на горизонтально-фрезерных станках применяют фрезы цилиндрические цельные (рис. 2.17, а) и сборные с вставными ножами (рис. 2.17, б).

Для высокопроизводительной обработки сплошных и прерывистых плоскостей на вертикально-фрезерных и специальных станках используют торцовые фрезерные головки (рис. 2.17, в), оснащенные твердосплавными ножами.

Обработку сопряженных плоскостей, расположенных на разных уровнях, параллельных или наклонных (границ куба, шестигранники, скосы, уступы и т.п.), производят торцовыми насадными фрезами цельными (рис. 2.17, г) и с вставными ножами (рис. 2.17, д).

Фрезерование пазов и уступов осуществляют концевыми (рис. 2.17, е, ж), шпоночными (рис. 2.17, з) и дисковыми (рис. 2.17, и) фрезами. Для обработки полуоткрытых плоскостей, канавок и для копировальных работ широко применяются концевые фрезы (см. рис. 2.17, е). Для обработки закрытых шпоночных канавок применяют шпоночные фрезы (см. рис. 2.17, з).

Прорезку шлицев и узких щелей производят отрезными (рис. 2.17, к) и шлицевыми фрезами.

Угловые фрезы (рис. 2.17, л) применяют для фрезерования прямых и винтовых канавок между зубьями при изготовлении фрез, разверток, зенкеров и других инструментов. Фрезерование фасонных поверхностей производят фасонными фрезами (рис. 2.17, м).

При классификации фрез, кроме назначения, учитывают их конструкцию; способ их закрепления на станке; конструкцию зубьев; расположение зубьев относительно оси; направление зубьев.

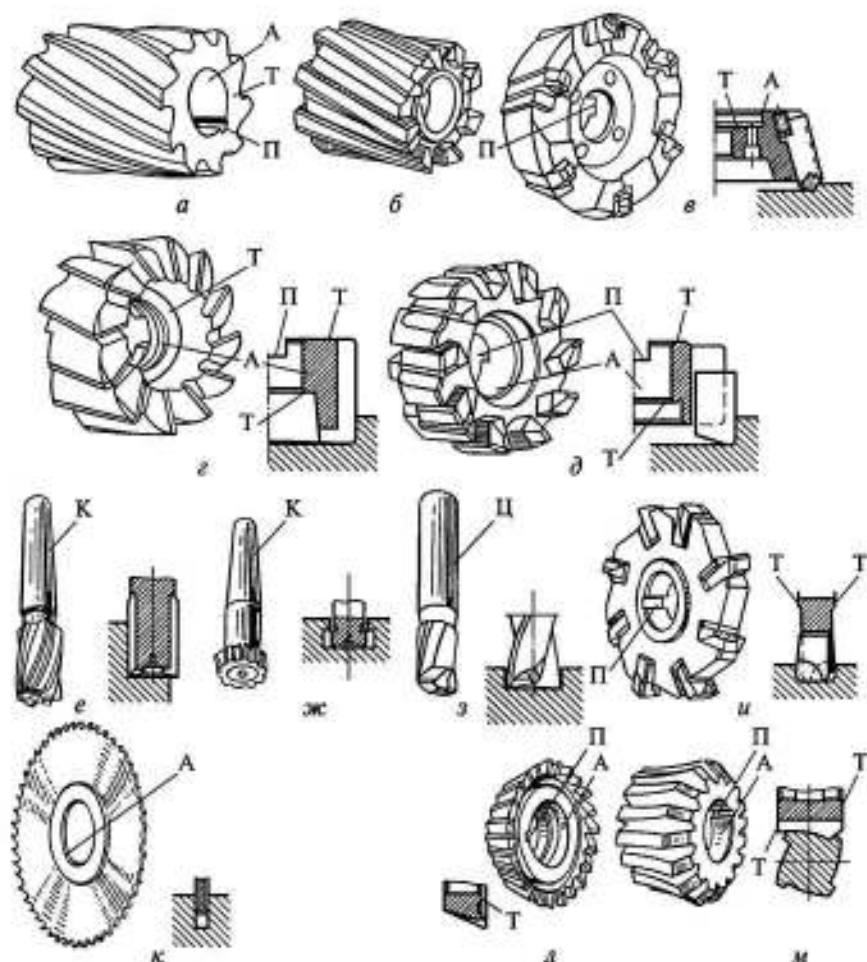


Рис. 2.17. Основные типы фрез:

а, б — цилиндрические; в, г, д — торцовые; е, ж — концевые; з — шпоночные; и — дисковые двух- и трехсторонние; к — прорезные и отрезные; л — угловые; м — фасонные; А — насадные фрезы, имеющие цилиндрические или конические отверстия; Т — торцовые базы крепления фрез; П — фрезы с продольными и поперечными шпоночными пазами; К и Ц — концевые фрезы с коническими и цилиндрическими хвостовиками

Существуют следующие конструкции фрез: цельные; составные, (например, с припаянными или приклеенными режущими элементами); сборные (например, оснащенные многогранными пластинами из твердого сплава); наборные (наборы фрез), состоящие из нескольких отдельных стандартных или специальных фрез

и предназначенные для одновременной обработки нескольких поверхностей.

Закрепление фрез на станках. Соединительными частями — базами крепления — у фрез могут служить цилиндрические отверстия с продольными или поперечными шпоночными пазами, конусные и цилиндрические хвостовики (см. рис. 2.17).

Цилиндрические, дисковые, торцовые насадные, угловые и фасонные фрезы закрепляют на фрезерных оправках (см. гл. 5). Для уменьшения биения фрезерной оправки опорные торцы фрез должны быть строго параллельны друг другу и перпендикулярны оси фрезы. Отклонение опорных торцовых поверхностей от оси фрезы не должно превышать 0,04...0,05 мм. Вращение фрезам, закрепленным на оправке, передается продольной или торцовой шпонкой.

Торцовые насадные фрезы с мелким зубом крепят на укороченных оправках при помощи винта, а с крупным зубом и вставными ножами — на специальных оправках.

Концевые и шпоночные фрезы диаметром до 20 мм, для которых базой крепления служит цилиндрический хвостовик, закрепляют на концевых оправках при помощи цангового зажима. Концевые, торцовые и шпоночные фрезы диаметром свыше 200 мм, для которых базой крепления является конический хвостовик, устанавливают в шпинделе станка непосредственно или при помощи переходных конусных втулок. Затяжка конического хвостовика в коническом гнезде шпинделя производится винтом (см. гл. 5).

Торцовые фрезерные головки (см. рис. 2.17, *в*) крепят непосредственно на шпинделе станка. Базовое отверстие, шпоночный паз и отверстие для крепежных винтов выполняют согласно размерам передних концов шпинделей фрезерных станков.

Зубья фрезы могут быть острозаточенными (рис. 2.18, *а*) и затылованными (рис. 2.19, *а*). Острозаточенные зубья затачивают по задней поверхности под задним углом α (см. рис. 2.18, линии $T-T$). Эти зубья просты в изготовлении и обеспечивают высокую чистоту обработанной поверхности. Недостатками остроконечных зубьев являются уменьшение высоты зуба и потеря размеров профиля после переточки.

Применяются три типа острозаточенных зубьев: с прямой спинкой (рис. 2.18, *б*), двухугловой спинкой (рис. 2.18, *в*) и криволинейной спинкой (рис. 2.18, *г*). Зубья с прямой спинкой характерны для мелкозубых фрез, допускающих 6...8 переточек зубьев и предназначенных для легких работ.

Зубья с двухугловой спинкой распространены у фрез с крупными зубьями, предназначенных для тяжелых работ. Спинка зуба, образованная двумя поверхностями, строится так, чтобы зуб имел форму, близкую к параболе. Фрезы с зубьями такого типа при большой прочности зуба имеют больший объем канавки.

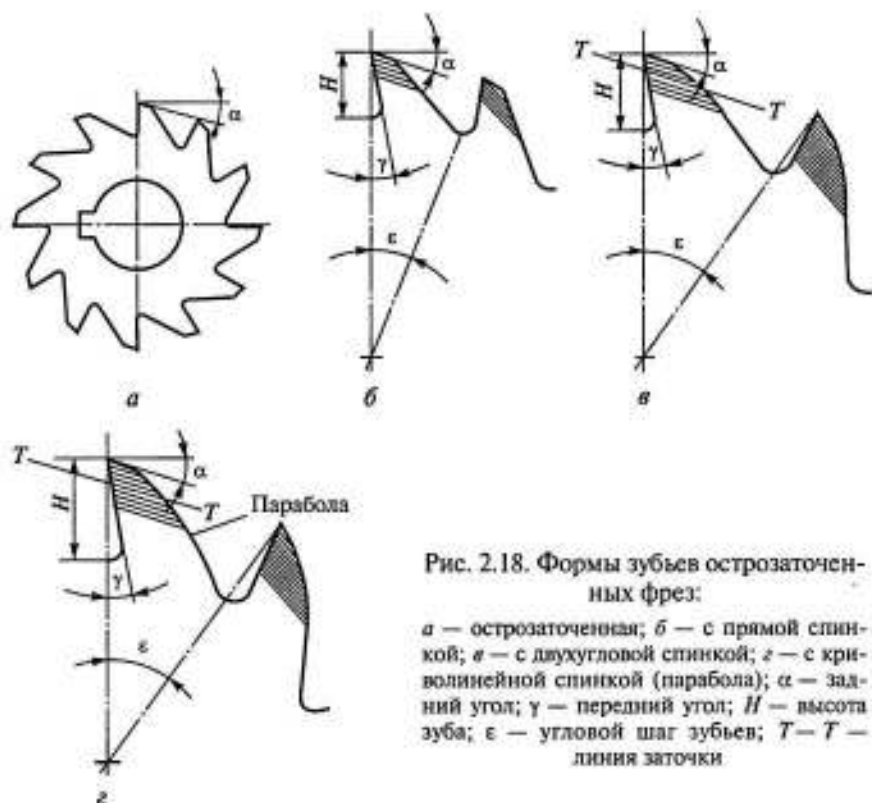


Рис. 2.18. Формы зубьев острозаточенных фрез:

a — острозаточенная; *б* — с прямой спинкой; *в* — с двухугловой спинкой; *г* — с криволинейной спинкой (парабола); α — задний угол; γ — передний угол; H — высота зуба; ϵ — угловой шаг зубьев; $T-T$ — линия заточки

Зубья с криволинейной спинкой, выполненной по параболе, обладают равной прочностью во всех сечениях, что позволяет увеличить высоту зуба, а следовательно, повысить число переточек и увеличить объем канавки.

У затылованных фрез с задней поверхностью, образованной по спирали Архимеда (см. рис. 2.19, *a*), заточка ведется по передней поверхности (линия $T-T$). Зуб у этих фрез сохраняется неизменным по форме (рис. 2.19, *б*) и размерам фасонного профиля при всех переточках до полного использования фрезы. Затылованный зуб применяется главным образом у фасонных фрез.

По расположению зубьев относительно оси различают: фрезы цилиндрические с зубьями, расположенными на поверхности цилиндра (см. рис. 2.17, *a* и *б*); фрезы торцовые с зубьями, расположенными на торце цилиндра (см. рис. 2.17, *г* и *д*); фрезы угловые с зубьями, расположенными на конусе (см. рис. 2.17, *а*); фрезы фасонные с зубьями, расположенными на поверхности с фасонной образующей (см. рис. 2.17, *м*) (с выпуклым и вогнутым профилем). Некоторые типы фрез имеют зубья как на цилиндрической, так и на торцовой поверхности, например дисковые двух-

и трехсторонние (см. рис. 2.17, и и к), концевые (см. рис. 2.17, е), шпоночные (см. рис. 2.17, з).

По направлению зубьев фрезы могут быть: прямозубыми (см. рис. 2.17, и и к); косозубыми (см. рис. 2.17, м) и с винтовым зубом (см. рис. 2.17, а). Угол наклона винтового зуба служит для обеспечения спокойного (без вибраций) фрезерования.

При осуществлении фрезерования применяются две схемы:

- *встречное фрезерование* (рис. 2.20, а). Направления движения подачи D_s и скорости фрезы v — встречные. Резание начинается в точке 1 (нулевая толщина срезаемого слоя) и заканчивается в точке 2 (наибольшая толщина срезаемого слоя);

- *попутное фрезерование* (рис. 2.20, б). Направление движения подачи D_s совпадает с направлением скорости v фрезы. Резание начинается в точке 2 (наибольшая толщина срезаемого слоя) и заканчивается в точке 1 (нулевая толщина срезаемого слоя).

При работе по первой схеме резания врезание затруднено, так как происходит скольжение зуба и большое выделение тепла, что ускоряет затупление фрезы. При работе по второй схеме обеспечивается более высокое качество обработанной поверхности и медленное затупление фрезы. Однако работа происходит толчками (в момент врезания зуба в металл), поэтому попутное фрезерование возможно только на специально приспособленных для этих целей станках.

Геометрические параметры фрез выбираются в зависимости от следующих факторов: материала заготовки и режущей части фре-

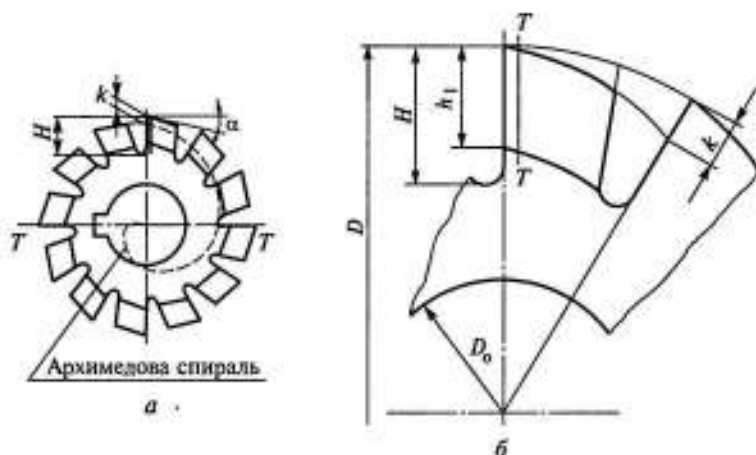


Рис. 2.19. Затылованная фреза:

а — с задней поверхностью, образованной по спирали Архимеда; б — конструктивные элементы; D_0 — диаметр посадочного отверстия; D — наружный диаметр; H — высота зуба; h_1 — высота профиля; k — величина падения затылка; T — линия заточки; α — угол заточки фрезы

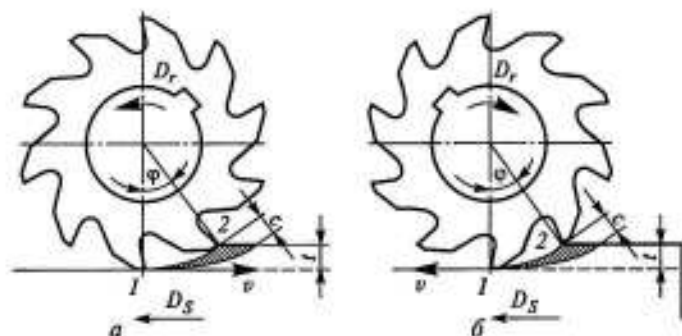


Рис. 2.20. Схемы фрезерования:

a — встречное фрезерование; *б* — попутное фрезерование; D_r — направление движения резания; D_s — направление движения подачи; 1 — точка с нулевой величиной срезаемого слоя; 2 — точка с наибольшей толщиной срезаемого слоя; v — скорость резания; t — глубина резания; φ — угол зоны резания; c — ширина стружки

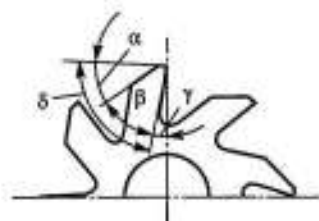


Рис. 2.21. Геометрические параметры режущей части цилиндрической фрезы:

γ — передний угол; α — задний угол; β — угол заострения; δ — угол резания

зы, ее конструкции, условий фрезерования. Передний γ и задний α углы резания образуются заточкой фрез (рис. 2.21).

Наличие переднего угла γ облегчает врезание инструмента и отделение стружки. При увеличении переднего угла улучшаются условия работы инструмента, уменьшается усилие резания, повышается его стойкость.

Однако слишком большой передний угол ослабляет тело режущего инструмента, прилегающее к лезвию, и оно будет легко выкрашиваться и ломаться. Отвод тепла в этом случае ухудшается. На основании этого для каждого инструмента рекомендуются вполне определенные значения переднего угла.

При малых углах α повышается трение, возрастают силы резания и температура резания, задние поверхности инструмента быстро изнашиваются и его стойкость снижается. При очень больших значениях углов α уменьшается прочность инструмента, ухудшается отвод тепла. Угол между передней и задней поверхностями лезвия фрезы называют углом заострения β в секущей плоскости.

1. Какие поверхности обрабатывают фрезерованием?
2. По каким признакам классифицируют фрезы?
3. Какие факторы влияют на выбор геометрических параметров фрезы?
4. Опишите две схемы фрезерования.
5. Чем отличаются затылованные фрезы от острозаточенных?

2.16. Режимы резания при фрезеровании

Последовательность расчета режимов резания при обработке заготовок различными фрезами изложена в справочнике [24] (разд. 2, карта Ф-1). Для примера рассмотрим методику расчета режимов резания на одношпиндельных фрезерных станках с прямойлинейной подачей.

1. Расчет длины рабочего хода $L_{p,x}$, мм (при обработке нескольких деталей их комплект рассматривается как одна деталь), с учетом длин L , рассчитанных для отдельных инструментов, и последовательности их работы производится по формуле

$$L_{p,x} = L_p + L_n + L_d,$$

где L_p — длина резания, равная длине обработки, измеренной в направлении подачи; L_n — величина подвода, врезания и перебега инструмента (значение L_n см. в Приложении 5 [24]); L_d — дополнительная величина хода, вызванная в ряде случаев особенностями наладки и конфигурации деталей.

2. Назначение расчетной подачи на зуб фрезы S_z , мм/зуб, производят по карте Ф-2. При этом учитывают следующие исходные данные: обрабатываемый материал и его твердость; тип и инструментальный материал фрезы; в зависимости от типа фрезы — глубина резания t , ширина фрезерования B , диаметр фрезы d и число зубьев z . Например, при обработке чугуна торцовыми и дисковыми фрезами подачу на зуб фрезы S_z можно выбрать по табл. 2.8 (фрагмент карты Ф-2), а соответствующую ей подачу S_0 определить по формуле

$$S_0 = S_z Z,$$

3. Назначение стойкости инструмента T_p , мин, производится по карте Ф-3 в зависимости от типа фрезы и ее диаметра d , площади фрезеруемой поверхности F и коэффициента загрузки фрезы K по формуле

$$T_p = T_n \lambda K,$$

где T_m — стойкость в минутах основного времени; λ — коэффициент времени резания; K — коэффициент, учитывающий неравномерность загрузки инструмента.

Значения входящих в формулу коэффициентов указаны в карте Ф-3.

4. Расчет скорости резания v , м/мин, частоты вращения шпинделя n , об/мин, и минутной подачи S_m , мм/мин, для различных фрез производится в четыре этапа в зависимости от обрабатываемого материала, типа и инструментального материала фрезы, диаметра фрезы d и числа зубьев z , подачи S_z , глубины резания t или ширины фрезерования B , а также стойкости инструмента T_p .

4.1. Определение рекомендуемых значений v для каждого инструмента в наладке (табл. 2.9, фрагмент карты Ф-4 [24]).

4.2. Расчет частоты вращения шпинделя n , соответствующей рекомендуемой скорости v , для каждого инструмента по формуле

$$n = 1000v/(\pi d).$$

4.3. Назначение частоты вращения шпинделя n по паспорту станка (не рекомендуется превышать минимальные значения, определенные на этапе 4.2, более чем на 15 %).

Таблица 2.8

Обработка чугуна (серого, ковкого и высокопрочного) торцовыми и дисковыми фрезами

Твердость обрабатываемого чугуна HB	Значение S_z , мм/зуб, при обработке фрезами				
	торцовыми твердосплавными		дисковыми твердосплавными и быстрорежущими		
			плоскостей и уступов		пазов
	черновая обработка при $t = 2 \dots 6$ мм	чистовая обработка при $t \leq 2$ мм	черновая обработка при $t = 2 \dots 6$ мм	чистовая обработка при $t \leq 2$ мм	
До 190	0,15...0,35	0,12...0,25	0,12...0,25	0,1...0,2	0,1...0,18
190...230					0,08...0,15
230...260	0,12...0,3		0,12...0,22		0,08...0,12
260...300	0,1...0,25		0,1...0,2		0,06...0,1

Примечания. 1. Большие значения подач необходимо применять при жесткой технологической системе, меньшие — при ее пониженной жесткости.

2. Меньшие значения подач необходимо применять при прорезывании глубоких пазов и при работе фрезами небольших размеров.

Скорость резания¹

Тип фрезы	Инструментальный материал	Глубина резания t , мм	Ширина резания B , мм	Значение $v_{\text{табл}}$, м/мин, при подаче S_z , мм/зуб								
				До 0,02	0,04	0,06	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5
Торцовая	Твердый сплав	1	—	—	—	185	160	140	130	115	105	98
		3	—	—	—	165	140	125	110	98	88	82
		6	—	—	—	145	125	105	96	84	75	70
Дисковая (для обработки плоскостей)	Твердый сплав	1	—	—	—	150	130	110	105	92	84	78
		3	—	—	—	130	110	96	88	76	70	65
		6	—	—	—	115	98	85	77	66	60	56

¹ Данные по обрабатываемости конструкционных материалов, инструментальным материалам и смазочно-охлаждающим жидкостям представлены в Приложениях 1, 2, 3 [24].

Скорость резания v , м/мин, определяется по формуле:

$$v = v_{\text{табл}} K_1 K_2,$$

где $v_{\text{табл}}$ — скорость резания по таблице, м/мин; K_1 — коэффициент, зависящий от марки обрабатываемого чугуна и инструментального материала; K_2 — коэффициент, зависящий от стойкости инструмента T_p .

4.4. Расчет минутной подачи S_m , мм/мин, по формуле

$$S_m = S_z l$$

и уточнение ее по паспорту станка.

5. Расчет основного времени T_o , мин, при обработке комплекта деталей, установленных на столе станка,

$$T_o = L_{p,x} / S_m,$$

где $L_{p,x}$ — длина рабочего хода, мм (см. этап 1); S_m — минутная подача, мм/мин (см. этап 4.4).

6. Корректирование режимов резания в соответствии с данными Приложения 7 [24], когда время T_o , рассчитанное на этапе 5,

меньше основного времени, соответствующего заданной производительности.

7. Выполнение проверочных расчетов по мощности резания N_p состоит из двух этапов.

7.1. Определение значения N_p , кВт, для каждой фрезы по формуле, приведенной в карте Ф-6:

$$N_p = N_r K,$$

где N_r — мощность резания по данным графика (см. карту Ф-6), определяемая в зависимости от объема срезаемого слоя Q в единицу времени (при колеблющихся значениях мощности резания из-за переменного числа одновременно работающих зубьев значение N_r принимают равным среднему значению мощности); K — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и его твердости.

Значения этого коэффициента приведены ниже.

Обрабатываемый материал	Значение K	Обрабатываемый материал	Значение K
Конструкционная сталь, твердость HB:		Серый, ковкий и высокопрочный чугуны, твердость HB:	
до 200	0,95	до 160	0,56
230	1,00	190	0,65
270	1,05	220	0,75
300	1,12	300	0,90

Значение Q , см³/мин, определяют по формуле

$$Q = tBS_m/1000,$$

где t — глубина резания, мм; B — ширина фрезерования, мм; S_m — минутная подача, мм/мин.

7.2. Проверка мощности двигателя производится по данным Приложения 6 [24].

Контрольные вопросы

1. Как проводится расчет длины рабочего хода при обработке нескольких деталей?
2. Какие подачи при фрезеровании определяют в процессе расчета режимов резания и в каких единицах?
3. Расскажите о порядке расчета скорости резания при фрезеровании.
4. Приведите формулу для определения мощности резания при фрезеровании.
5. Расскажите о встречном и полутном фрезеровании. Перечислите преимущества и недостатки этих процессов.

2.17. Основные понятия о процессах обработки отверстий и режущем инструменте, используемом на сверлильных станках

Сверление, зенкерование и развертывание являются основными технологическими способами обработки резанием круглых отверстий различной степени точности и с различной шероховатостью обработанной поверхности. Все перечисленные способы относятся к осевой обработке, т.е. к лезвийной обработке с вращательным главным движением резания при постоянном радиусе его траектории и движении подачи только вдоль оси главного движения резания.

Сверление — основной способ обработки отверстий в сплошном материале заготовок. Просверленные отверстия, как правило, не имеют абсолютно правильной цилиндрической формы. Их поперечное сечение имеет форму овала, а продольное — небольшую конусность.

Диаметры просверленных отверстий всегда больше диаметра сверла, которым они обработаны. Разность диаметров сверла и просверленного им отверстия называют разбивкой отверстия. Для стандартных сверл диаметром 10...20 мм разбивка составляет 0,15...0,25 мм. Причиной разбивки отверстий являются недостаточная точность заточки сверл и несоосность сверла и шпинделя сверлильного станка.

Сверление отверстий без дальнейшей их обработки проводят тогда, когда необходимая точность размеров лежит в пределах 12...14-го квалитетов. Наиболее часто сверлением обрабатывают отверстия для болтовых соединений, а также отверстия для нарезания в них внутренней крепежной резьбы (например, метчиком).

Зенкерование — это обработка предварительно просверленных отверстий или отверстий, изготовленных литьем и штамповкой, с целью получения более точных по форме и диаметру, чем при сверлении. Точность обработки цилиндрического отверстия после зенкерования — 10...11-й квалитеты.

Развертывание — это завершающая обработка просверленных и зенкерованных отверстий для получения точных по форме и диаметру цилиндрических отверстий (6...9-й квалитеты) с малой шероховатостью $Ra\ 0,32...1,25\ \mu\text{м}$.

Сверла предназначены для сверления сквозных или глухих отверстий в деталях, обрабатываемых на сверлильных, токарно-револьверных и некоторых других станках. В зависимости от конструкции и назначения различают следующие сверла:

- спиральные с цилиндрическим и коническим хвостовиками, предназначенные для сверления стали, чугуна и других конструкционных материалов;

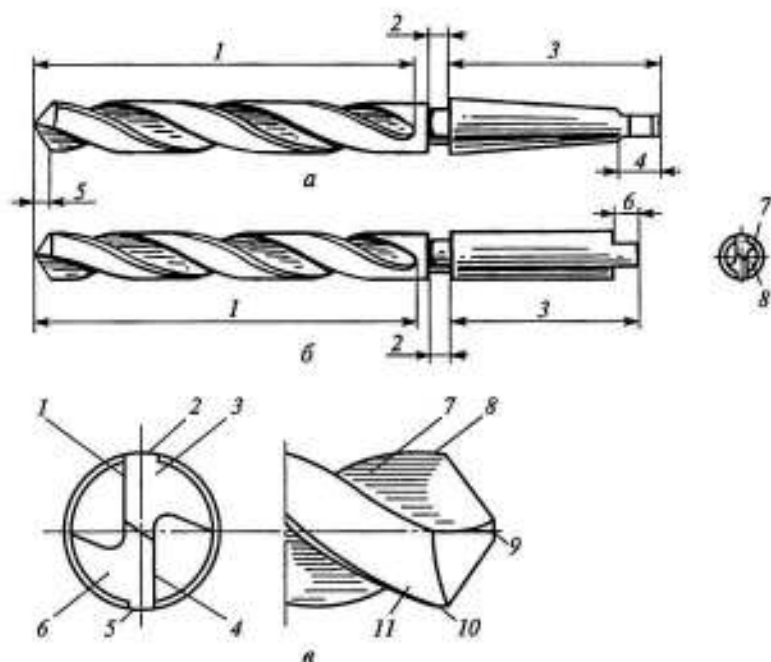


Рис. 2.22. Спиральные сверла:

a и *б* — элементы спирального сверла соответственно с коническим и цилиндрическим хвостовиками; *в* — кромки и поверхности спирального сверла; 1 — рабочая часть; 2 — шейка; 3 — хвостовик; 4 — лопатка; 5 — режущая часть; 6 — поводок; 7 — зуб; 8 — винтовая канавка; 9 — поперечная кромка; 10 — кромка ленточки; 11 — спинка зуба

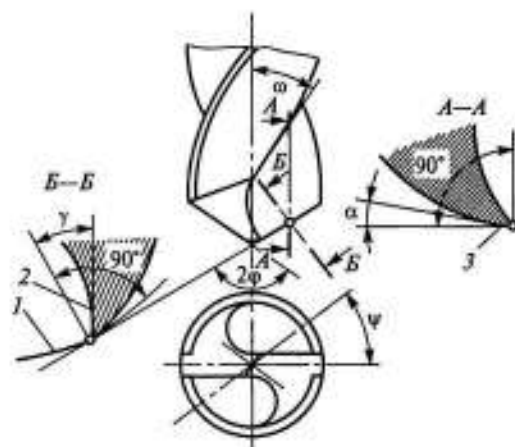


Рис. 2.23. Углы спирального сверла:

α — задний угол; γ — передний угол; ψ — угол наклона поперечной режущей кромки; ω — угол наклона винтовой канавки; 2ϕ — угол при вершине; 1 — задняя поверхность; 2 — передняя поверхность; 3 — режущая кромка

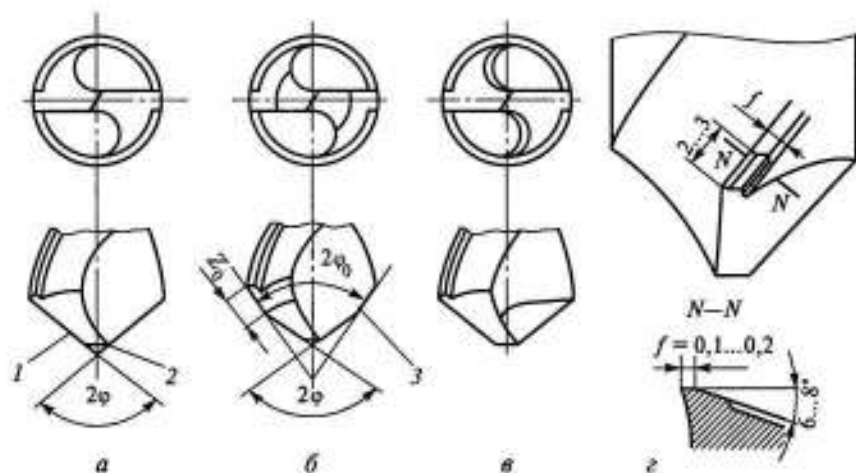


Рис. 2.24. Формы заточки спиральных сверл:

a — обыкновенная; *б* — двойная: 1 — главная режущая кромка; 2 — поперечная режущая кромка; 3 — вспомогательная режущая кромка; 2φ — главный угол при вершине сверла; $2\varphi_0$ — вспомогательный угол при вершине сверла; Z_0 — ширина зоны второй заточки; *в* — подточка поперечного лезвия и ленточки; *г* — подточка ленточки: *f* — ширина ленточки

- оснащенные пластинками из твердых сплавов, предназначенные для обработки деталей из чугуна (особенно с литейной коркой) и очень твердой и закаленной стали;

- глубокого сверления (одно- и двустороннего резания), используемые при сверлении отверстий, длина которых превышает диаметр в пять раз и более;

- центровочный инструмент (центровочные сверла и зенковки), предназначенный для обработки центровых отверстий обрабатываемых деталей.

Спиральное сверло и элементы его рабочей части приведены на рис. 2.22.

Углы и формы заточки спирального сверла показаны на рис. 2.23 и 2.24. Формы заточек сверл выбирают в зависимости от свойств обрабатываемых материалов и диаметра сверла.

Для повышения стойкости сверла и производительности обработки производят двойную заточку сверла под углами $2\varphi = 116 \dots 118^\circ$ и $2\varphi_0 = 70 \dots 90^\circ$ (рис. 2.24, б).

Подточка поперечной кромки (рис. 2.24, в) и ленточки сверла (рис. 2.24, г) облегчает процесс сверления отверстий. Подточка поперечной кромки снижает осевую силу, а подточка ленточки уменьшает трение ленточек о стенки отверстия и повышает стойкость сверла.

При подточке длина поперечной кромки уменьшается до 50 %. Обычно производится подточка сверл диаметром более 12 мм, а также после каждой переточки сверла.

В зависимости от обрабатываемого материала углы при вершине сверл выбирают по табл. 2.10, а задние и передние углы — по табл. 2.11.

Для сверления заготовок из чугуна и цветных металлов применяют твердосплавные сверла. Эти сверла из-за нестабильности работы редко применяют при сверлении заготовок из сталей.

Сверла диаметром от 5 до 30 мм оснащают пластинами или коронками из твердого сплава. Недостатками конструкции сверл с припаяваемой пластиной из твердого сплава являются ослабление корпуса инструмента и расположение места, где припаяется пластина, в зоне резания, т.е. в зоне высоких температур. Сверла с припаянными встык коронками из твердого сплава лишены этих недостатков.

Таблица 2.10

Углы при вершине сверла

Обрабатываемый материал	Угол 2φ , °
Сталь, чугун, твердая бронза	116...118
Медь	125
Мягкая бронза	130
Алюминий, баббит, силумин	130...140

Таблица 2.11

Задние и передние углы сверла

Диаметр сверла, $d_{\max}$, мм	Задний угол α , °	Передний угол γ , °
0,25 ... 15	14 ... 11	Рассчитывают по формуле $\operatorname{tg} \gamma = \frac{\operatorname{tg} \omega}{\sin \varphi} \frac{d_r}{d_{\max}},$ где ω — угол наклона винтовой канавки; φ — половина угла при вершине сверла (см. табл. 2.10); d_r — диаметр точки на режущей кромке сверла; $d_{\max}$ — наибольший диаметр сверла
15 ... 30	12 ... 9	
30 ... 80	11 ... 8	

Примечания. 1. Задние углы даны для точек режущей кромки, расположенных на наибольшем диаметре сверла $d_{\max}$.

2. При расчете угла γ принимают $d_r = d_{\max}$.

Для успешной работы твердосплавных сверл необходимо обеспечить их повышенную прочность и жесткость по сравнению со сверлами из быстрорежущей стали, это достигается увеличением сердцевины до 0,25 диаметра сверла.

Зенкеры предназначены для обработки литых, штампованных и предварительно просверленных цилиндрических отверстий с целью улучшения чистоты поверхности и повышения их точности или для подготовки их к дальнейшему развертыванию.

Зенкеры применяют для окончательной обработки отверстий с допуском по 11...12-му квалитетам и обеспечивают параметр шероховатости R_z 20...40 мкм.

Конструктивно зенкеры выполняют хвостовыми цельными, хвостовыми сборными с вставными ножами, насадными цельными и насадными сборными. Зенкеры изготавливают из быстрорежущей стали или с пластинами твердого сплава, напаяемыми на корпус зенкера или корпус ножей у сборных конструкций. Хвостовые зенкеры (подобно сверлам) крепят с помощью цилиндрических или конических хвостовиков, насадные зенкеры имеют коническое посадочное отверстие (конусность 1:30) и торцовую шпонку для предохранения от провертывания при работе.

Зенкер (рис. 2.25, а) состоит из рабочей части l , шейки l_3 , хвостовика l_4 и лапки e . Рабочая часть зенкера имеет режущую l_1 и калибрующую l_2 части.

Зенкеры имеют три, четыре, а иногда шесть режущих зубьев, что способствует лучшему по сравнению со сверлами направлению их в обрабатываемом отверстии и повышает точность обработки.

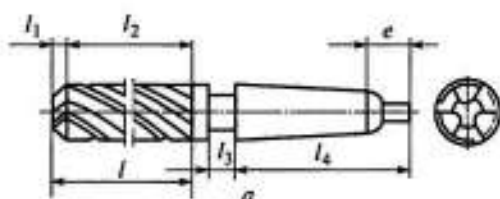
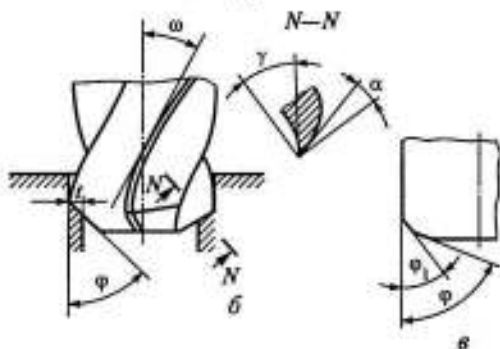


Рис. 2.25. Зенкер:

a — элементы зенкера: l — рабочая часть; l_1 — режущая часть; l_2 — калибрующая часть; l_3 — шейка; l_4 — хвостовик; e — лапка; b — режущая часть зенкера: α — задний угол; γ — передний угол; φ — угол главной режущей кромки; ω — угол наклона канавки зенкера; t — глубина резания; b — режущая кромка; φ_1 — угол вспомогательной режущей кромки



Зенкеры из быстрорежущей стали изготавливают хвостовыми цельными диаметром 10...40 мм, хвостовыми сборными с вставными ножами диаметром 32...80 мм или насадными сборными диаметром 40...120 мм.

Зенкеры, оснащенные твердосплавными пластинами, могут быть составными и сборными. Составные хвостовые зенкеры имеют диаметры 14...50 мм, насадные — 32...80 мм, насадные сборные — 40...120 мм.

Угол наклона винтовой канавки (рис. 2.25, б) зенкеров общего назначения $\omega = 10...30^\circ$. Для обработки твердых металлов берут меньшие, а для мягких — большие значения углов. Для чугуна угол $\omega = 0^\circ$. Для отверстий с прерывистыми стенками независимо от свойств обрабатываемого металла $\omega = 20...30^\circ$. Передний угол зенкеров γ выбирают по табл. 2.12. Задний угол α зенкера на периферии равен $8...10^\circ$. Угол при вершине ϕ выбирают по табл. 2.13.

Угол наклона винтовой канавки ω зенкера при обработке деталей из стали, чугуна и бронзы равен 0° . Для усиления режущей кромки на зенкерах с пластинками из твердых сплавов ω выбирают положительным и равным $12...15^\circ$.

Ленточки вдоль края винтовой канавки на калибрующей части служат для направления зенкера. Ширина ленточки $f = 0,8...2,0$ мм. Для повышения стойкости зенкера длину ленточки подтачивают на $1,5...2$ мм (так же, как у сверла).

Развертка — осевой режущий инструмент — предназначена для предварительной и окончательной обработки отверстий с точностью, соответствующей 6...11-му квалитетам, и шероховатостью поверхности $Ra\ 2,5...0,32$ мкм.

Таблица 2.12

Передние углы зенкеров

Обрабатываемый металл	Угол γ , °
Мягкая сталь	15 ... 20
Сталь средней твердости, стальное литье	8 ... 12
Твердая сталь, твердый чугун	0 ... 5
Чугун средней твердости	6 ... 8
Алюминий, латунь	25 ... 30

Таблица 2.13

Угол режущей части (заборного конуса) зенкера

Обрабатываемый металл	Угол ϕ , °
Сталь	60
Чугун	45 ... 60

Основные элементы развертки даны на рис. 2.26, а. Развертки подразделяются:

- по типу обрабатываемых поверхностей — на цилиндрические и конические;
- способу применения — на ручные и машинные;
- методу крепления на станке — на хвостовые и насадные;
- инструментальному материалу режущей части — на быстрорежущие и оснащенные твердым сплавом;
- конструктивным признакам — на цельные, изготовленные из одного инструментального материала; составные неразъемные со сварными хвостовиками; составные неразъемные с припаянными пластинками из твердого сплава и составные разъемные с вставными ножами.

Конструкция регулируемых разверток позволяет восстанавливать их диаметр при переточках, что увеличивает срок работы инструмента.

Стандартные развертки имеют прямые канавки, т.е. угол наклона канавок $\omega = 0^\circ$. Для уменьшения шероховатости обработанной поверхности, а также для развертывания отверстий с пазами применяют развертки с винтовыми канавками, имеющими наклон, обратный направлению рабочего вращения. Для разверток с винтовыми канавками угол ω приведен в табл. 2.14.

Угол конуса заборной части ϕ развертки (рис. 2.26, б) выбирают по табл. 2.15.

Задний угол α (рис. 2.26, в) берется равным 15° , большие величины α принимают для разверток малых размеров. Задний угол на калибрующей части равен 0° .

Для чистовых разверток при резании хрупких металлов передний угол γ равен 0° (см. рис. 2.26, в), для черновых — $\gamma = 8^\circ$, у котельных разверток $\gamma = 12 \dots 15^\circ$, у разверток с пластинами из твердых сплавов γ берется от 0 до -5° .

Метчики предназначены для образования резьбы в отверстиях. Рассмотрим метчики, образующие профиль резьбы путем снятия стружки и установленные на сверлильных, токарно-револьверных и других станках. Конструктивные элементы и профиль резьбы метчика показаны на рис. 2.27.

Таблица 2.14

Угол наклона ω для разверток с винтовыми канавками

Развертки	Обрабатываемый металл	Угол ω , °
Цельные	Серый чугун, твердая сталь	7 ... 8
	Ковкий чугун, сталь	12 ... 20
	Легкие сплавы	35 ... 45
Регулируемые	Для всех металлов	3

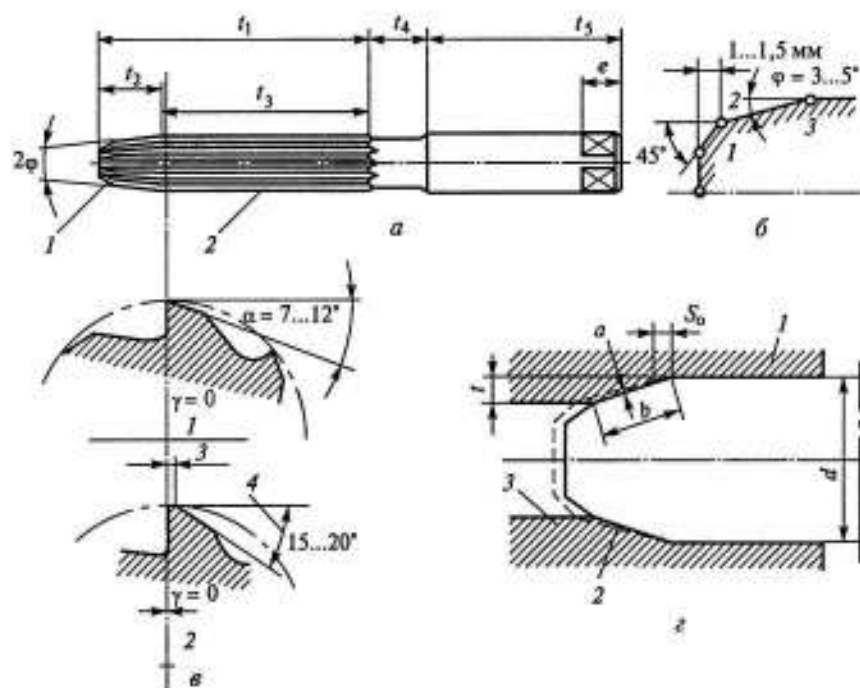


Рис. 2.26. Развертка:

a — элементы развертки: l_1 — рабочая часть; l_2 — режущая часть; l_3 — калибрующая часть; l_4 — шейка; l_5 — хвостовик; e — квадрат; 1 — направляющий конус; 2 — цилиндрическая часть; 2φ — угол заборного конуса; b — элементы режущей части развертки: $1-2$ — поверхность направляющего конуса; $2-3$ — режущая часть; φ — угол главной режущей кромки; σ — зубья развертки в поперечном сечении: 1 — режущая часть; 2 — калибрующая часть; 3 — ленточка; 4 — угол спинки; α — задний угол; γ — передний угол; z — элементы резания разверткой и обозначение поверхностей на обрабатываемой детали: t — глубина резания; a — толщина стружки; b — ширина стружки; S_0 — подача на оборот; d — диаметр развернутой поверхности; 1 — развернутая поверхность; 2 — поверхность резания; 3 — развертываемая поверхность

Стружечные канавки, пересекая резьбовые витки, образуют зубья метчика; каждый зуб представляет собой многониточный резьбовой резец. Резцы режущей части имеют главные кромки, которые располагаются на конусе, и вспомогательные кромки, которые являются частью резьбового профиля.

Число резцов z_1 режущей части определяется по формуле

$$z_1 = l_1 z / P,$$

где l_1 — длина режущей части, мм; z — число зубьев метчика; P — шаг резьбы, мм.

Угол конуса заборной части разверток

Вид обработки и обрабатываемый металл	Угол φ , °
Машинные развертки: для вязких металлов	12 ... 15
для хрупких и твердых металлов	3 ... 5
Для глухих отверстий: машинные развертки для всех металлов	60
Развертки с пластинками из твердых сплавов	30 ... 45

Направляющая часть l_2 в резании не участвует, а служит для самоподачи (ввинчивания) метчика и является резервом при переточках.

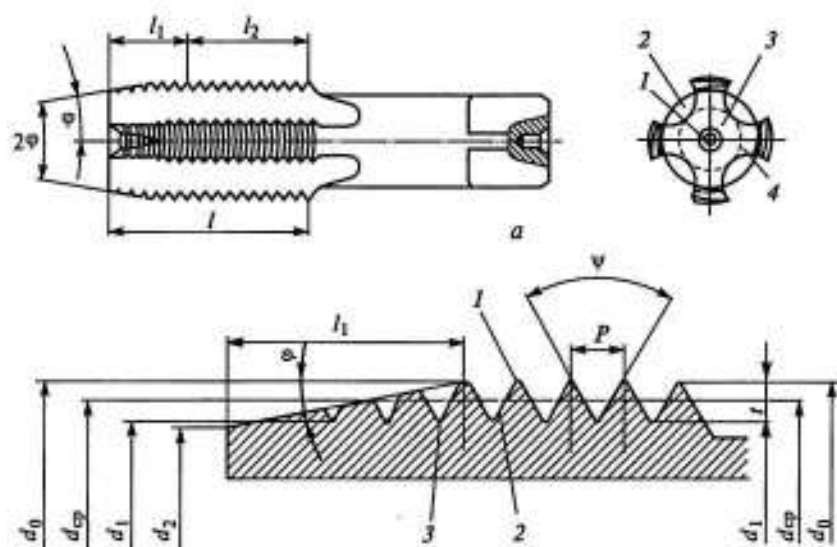


Рис. 2.27. Конструктивные элементы и профиль резьбы метчика:

a — основные части: l_1 — режущая часть; l_2 — направляющая часть; l — рабочая часть; 1 — центровые отверстия; 2 — канавки; 3 — сердцевина; 4 — зуб; 2φ — угол конуса режущей части; φ — угол конуса; *b* — профиль резьбы: 1 — вершина резьбы; 2 — профиль резьбы; 3 — основание резьбы; P — шаг резьбы; ψ — угол резьбы; t — глубина резьбы; d_1 — внутренний диаметр; d_{cp} — средний диаметр; d_0 — наружный диаметр; d_2 — диаметр сердцевины; φ — угол конуса

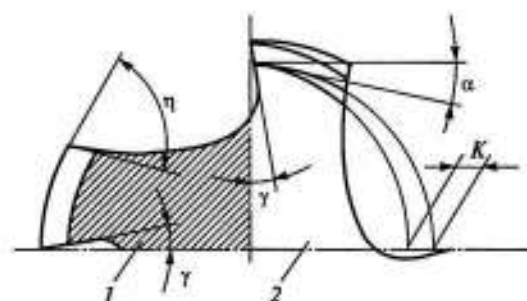


Рис. 2.28. Углы зубьев режущей и направляющей частей метчика:

1 — направляющая часть; 2 — режущая часть; γ — передний угол; η — задний угол; α — задний угол; K — величина падения затылка

Для уменьшения трения и устранения защемления резьбовых витков на направляющей части метчика резьбу выполняют с обратной конусностью, т. е. диаметры d , $d_{\text{ср}}$ и d_1 , измеренные у хвостовика, на 0,02...0,005 мм меньше одноименных диаметров на режущей части (рис. 2.27, б). Для облегчения входа метчика в отверстие под резьбу диаметр d_2 переднего торца метчика на 0,1...0,3 мм меньше внутреннего диаметра резьбы d_1 .

Величину угла в плане ϕ рассчитывают по формуле

$$\text{tg } \phi = (d - d_1) / (2l_1).$$

Углы зубьев режущей l_1 и направляющей l_2 частей метчика (см. рис. 2.27, а) показаны на рис. 2.28. По способу получения задних поверхностей метчики относятся к затылованному инструменту.

Задний угол α режущей части измеряют в плоскости, перпендикулярной оси вращения метчика, между касательными к окружности и задней поверхности.

Метчики из быстрорежущей стали изготавливают со шлифованным профилем резьбы, метчики из углеродистой стали делают без шлифования профиля резьбы.

Передние углы режущей и направляющей частей измеряют в плоскости, перпендикулярной оси вращения метчика между касательной к передней поверхности и прямой, проходящей через ось вращения и рассматриваемую точку кромки метчика.

Контрольные вопросы

1. Назовите, какие основные операции резания выполняют на сверлильных станках?
2. Какие режущие инструменты используют при обработке отверстий на сверлильных станках?
3. Какой инструмент используют для нарезания резьбы в отверстиях на сверлильных станках?
4. Расскажите об особенностях использования развертки на сверлильном станке.
5. Какую предварительную операцию выполняют перед нарезанием резьбы метчиком?

2.18. Режимы резания осевыми инструментами

В разд. «Режимы резания на сверлильных станках» справочника [24] содержатся данные по режимам резания осевыми инструментами: сверлами, зенкерами, развертками, цековками и зенковками на одно- и многошпиндельных сверлильных станках.

Последовательность определения режимов резания и методика расчета даны в карте С-1 «Сверлильные станки» указанного раздела.

В картах С-2; С-3; С-4 содержатся данные по наиболее применяемым на сверлильных станках инструментам; карта С-5 посвящена сверлам, оснащенным сменными многогранными пластинами; карта С-6 — сверлению и растачиванию твердосплавными инструментами, направляемыми по обработанному отверстию; карта С-7 — сверлению спиральными сверлами малого диаметра (1,5...3 мм).

Методика расчета режимов резания дана для станков с одной многошпиндельной головкой. Она может быть применена и при одноинструментальной обработке с очевидными сокращениями времени обработки из-за отсутствия необходимости снижать режимы резания для лимитирующих инструментов.

1. Определение длины рабочего хода головки $L_{р.х}$, мм, с учетом значений L , рассчитанных для отдельных инструментов:

$$L = L_p + L_n + L_d,$$

где L_p — длина резания; L_n — длина подвода, врезания и перебега инструмента; L_d — дополнительная длина хода, вызываемая в ряде случаев особенностями наладки и конфигурации деталей.

2. Определение стойкости T_p инструмента, мин (табл. 2.16, фрагмент карты С-2) при одноинструментальной обработке (или группы лимитирующих инструментов при многоинструментальной

Таблица 2.16

Стойкость T_p инструмента в минутах основного времени

Наибольший диаметр обработки D , мм	Значение T_p , мин, при количестве инструментов в наладке, шт.					
	1	3	5	8	10	Свыше 15
До 10	20	50	80	100	120	140
15	30	80	110	140	150	170
20	40	100	130	170	180	200
30	50	120	160	200	220	250
50	60	150	200	240	260	300

обработке) с учетом диаметра обработки D , коэффициента времени резания λ и количества инструментов в наладке по формуле

$$T_p = T_m \lambda.$$

3. Назначение подачи S_0 , мм/об (или для каждого инструмента многошпиндельной головки), с учетом обрабатываемого материала, вида инструмента, точности обработанной поверхности. (Для примера в табл. 2.17—2.19 приведены фрагменты карты С-3 назначения подачи S_0 .)

4. Расчет скорости резания v , м/мин, частоты вращения инструментальных шпинделей и ведущего вала $n_{ш}$, об/мин, а также минутной подачи инструмента (или головки), мм/мин, произво-

Таблица 2.17

Группы подачи при сверлении в зависимости от условий обработки

Содержание обработки	Условия обработки	Группа подачи
Сверление быстрорежущими спиральными сверлами	Сверление при отношении глубины сверления к диаметру $L/D \leq 3$ при жесткой технологической системе	I
	Сверление при отношении глубины сверления к диаметру $L/D \leq 3$ при пониженной жесткости технологической системы. Сверление при отношении глубины сверления к диаметру $L/D = 3 \dots 8$	II
	Сверление под резьбу, перед однократным развертыванием или чистовым зенкерованием	III
	Сверление при усложненных условиях обработки (наклонные поверхности, пересечение «косых» каналов и т. п.)	IV

Таблица 2.18

Выбор подачи при сверлении стальных деталей

Содержание обработки	Группа подачи	Значение S_0 , мм/об, при диаметре обработки D , мм											
		4	6	8	10	12	16	20	25	32	40	60	100
Сверление	I	0,07	0,11	0,15	0,2	0,25	0,28	0,32	0,4	0,45	—	—	—
	II	0,05	0,09	0,12	0,15	0,18	0,23	0,26	0,30	0,35	—	—	—
	III	0,04	0,06	0,08	0,11	0,14	0,17	0,20	0,22	0,25	—	—	—
	IV	0,03	0,05	0,07	0,09	0,11	0,14	0,16	0,17	0,20	—	—	—

Выбор группы подачи для обеспечения стойкости сверл

Диаметр сверла, мм	Рекомендуемая группа подачи S_0 , мм/об, для обеспечения стойкости сверл T_p , мин									
	20	30	40	50	90	120	150	180	210	240
4 ... 10	I	II		III		IV				
10 ... 16	I		II		III		IV			
16 ... 20	I			II		III		IV		
20 ... 32	I				II		III		IV	

дится в несколько этапов в зависимости от обрабатываемого материала, вида обработки, диаметра обработки D , подачи S_0 , стойкости инструмента T_p , а также от точности обработки и шероховатости обработанной поверхности (при развертывании).

4.1. Рекомендуемые значения v определяют по карте С-4.

При сверлении, зенкеровании, цековании, зенковании и центровании стальных деталей скорость резания определяется по формуле

$$v = v_{\text{табл}} K_1 K_2 K_3,$$

где $v_{\text{табл}}$ — скорость резания, м/мин (табл. 2.20); K_1 — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала; K_2 — коэффициент, зависящий от отношения принятой подачи к подаче, указанной в карте С-3; K_3 — коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

4.2. Расчет частоты вращения n инструмента, соответствующей значению скорости резания, установленной на этапе 4.1:

$$n = 1000 v / (\pi D).$$

Таблица 2.20

Скорость резания $v_{\text{табл}}$ для обработки стальных заготовок

Группа подачи ¹	Значение $v_{\text{табл}}$, м/мин, при				
	сверлении спиральными сверлами с отношением глубины сверления к диаметру L_p/D			зенкерования	цекования, зенкования, центрования
	до 3	3 ... 5	5 ... 8		
I	17	16	15	21	24
II	18	17	16	22	24
III	19	18	17	24	24
IV	20	19	18	27	24

¹ Группы подачи см. в табл. 2.17.

4.3. Определение значения S_m исходя из установленных значений S_o и n :

$$S_m = S_o n,$$

где S_m — линейная подача сверла, мм/мин.

4.4. Определение значения $n_{ш}$ и уточнение его по паспорту станка:

$$n_{ш} = S n / S_{oш},$$

где S — подача сверла, мм/об; $S_{oш}$ — подача на оборот шпинделя, мм/об.

4.5. Уточнение значения S_m по принятому в паспорте станка $n_{ш}$:

$$S_m = S_{oш} n_{ш}.$$

5. Расчет основного времени обработки, мин:

$$T_o = L_{р.х} / S_m.$$

При одноинструментальной обработке длина рабочего хода $L_{р.х} = L$.

6. Корректирование режимов резания по Приложению 7 [24] при многоинструментальной обработке исходя из требуемой производительности обработки.

7. Проведение проверочных расчетов.

7.1. По осевой силе резания (по карте С-8).

При сверлении, зенкеровании и цековании осевая сила резания

$$P_o = P_{o,табл} K_p,$$

где $P_{o,табл}$ — осевая сила резания по таблице, кН; K_p — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала.

7.2. По мощности резания (по карте С-8 и Приложению 6 [24]). При сверлении мощность резания определяется по формуле

$$N_p = N_{p,табл} K_N n_{ш} / 1000;$$

при зенкеровании и цековании —

$$N_p = N_{p,табл} K_N n_{ш} / 100,$$

где $N_{p,табл}$ — мощность резания по таблице, кВт; K_N — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала; $n_{ш}$ — частота вращения шпинделя, об/мин.

Для определения режимов обработки внутренней резьбы метчиками на сверлильных станках воспользуемся разд. 4 «Режимы обработки резьб» справочника [24], который включает в себя характеристики различных способов нарезания наружных и внутренних резьб. Для каждого из способов обработки приведены рекомендации по режимам резания и необходимый набор данных

об уровне режимов резбобработки. Например, при нарезании резьб метчиками приводятся рекомендуемые скорости резания, сведения об уровне стойкости метчика и крутящем моменте. Данные о подаче для этого вида обработки не сообщаются, так как она определяется шагом нарезаемой резьбы. Расчет режимов резбобработки завершается определением основного времени.

В карте Р-1 в зависимости от способа обработки резьбы и ее параметров, а также от твердости заготовки дана наибольшая производительность (шт./мин) при этом способе образования резьбы. Скорость резания v , стойкость инструмента T_p , вращающий момент $M_{вр}$, основное время T_o приведены в карте РМ-1 при резбобработке метчиками. В той же карте даны необходимые формулы для расчетов и рекомендации по условиям обработки резьб.

Контрольные вопросы

1. В зависимости от каких параметров выбирают скорость резания при сверлении? Как производят расчет?
2. Какие проверочные расчеты режимов резания делают при сверлении на станках?
3. Какие параметры режима резания выбирают при нарезании резьбы метчиками?

2.19. Основные особенности резания абразивным инструментом

Обработка резанием, осуществляемая множеством абразивных зерен, называется абразивной обработкой. Для ее осуществления используют абразивный режущий инструмент, на рабочей поверхности которого расположено неопределенное число лезвий в виде частиц абразивного материала высокой твердости (абразивных зерен). (Сравните с режущим инструментом, имеющим заданное число лезвий.)

Наиболее распространенным видом абразивной обработки является шлифование, при котором главное движение резания совершает инструмент — шлифовальный круг. Оно бывает только вращательным, а его скорость измеряется в м/с. Движения подачи могут быть различными, их сообщают заготовке или инструменту.

Шлифовальные круги состоят из скрепленных связкой абразивных зерен, имеющих режущие грани. К основным особенностям шлифовального круга относятся:

- непостоянство углов резания у отдельных абразивных зерен из-за их неправильной геометрической формы;
- непостоянство положения отдельных режущих кромок из-за произвольного расположения абразивных зерен в теле круга;



Рис. 2.29. Виды стружек, образующихся при шлифовании:

1 — сливная; 2 — скалывания; 3 — со спеком; 4 — оплавленная; 5 — с оплавом

- прерывистая режущая кромка вдоль образующей круга;
- восстановление режущих свойств путем выкрашивания абразивных зерен и образования новых режущих кромок;
- большое число режущих кромок, одновременно участвующих в резании, и вследствие этого малые размеры отдельных стружек.

Резание при шлифовании производится наиболее выступающими кромками абразивных зерен, находящимися на периферии круга. Часть абразивных зерен, находящихся в зоне резания, не используется, так как попадает на уже срезанные участки поверхности.

Поверхность, обработанная шлифованием, состоит из лунок, которые образованы отдельными зернами, находящимися в зоне резания. Объем лунки определяется в основном глубиной врезания отдельных зерен, что, в свою очередь, зависит от силы, вдавливающей зерно в обрабатываемую поверхность, и свойств обрабатываемого материала. Число лунок, наносимых на обрабатываемую поверхность в единицу времени, зависит от числа абразивных зерен, подводимых крутом в зону резания. Это число увеличивается с повышением скорости вращения шлифовального круга.

Образующиеся при шлифовании стружки могут быть сливными, скалывания, со спеком, оплавленными или с оплавом (рис. 2.29), причем оплавление и спекание некоторых стружек происходит после их отделения абразивным инструментом.

Контрольные вопросы

1. Что такое абразивная обработка?
2. Какой режущий инструмент используют при шлифовании и каковы его особенности?
3. Каковы особенности процесса резания при шлифовании?
4. Какие виды стружек образуются при шлифовании?

2.20. Абразивные материалы

Абразивные материалы — это минералы естественного или искусственного происхождения, зерна которых обладают повышенной твердостью, либо специальными свойствами, необходимыми для отделки поверхностей. К природным абразивным материалам относятся алмазы, корунд, наждак, гранат, кварц.

Алмаз А — минерал с кубической структурой решетки — обладает наибольшей твердостью, которая неодинакова в различных направлениях, наибольшим модулем упругости, минимальным коэффициентом теплового расширения. Алмазные круги используют для обработки твердосплавного инструмента и других твердых материалов.

Корунд 92Е — это горная порода, состоящая в основном из кристаллической окиси алюминия. Микротвердость корунда 92Е — $19 \cdot 10^3 \dots 22 \cdot 10^3$ МПа.

Гранат — это соединение алюминия, железа, хрома, кальция, магния и марганца с кремнекислотой. Микротвердость граната — $13 \cdot 10^3 \dots 16,5 \cdot 10^3$ МПа.

Кремнь 81 Кр — это минерал, состоящий из кристаллического кремнезема. Микротвердость кремня — $10 \cdot 10^3 \dots 11 \cdot 10^3$ МПа.

Искусственные абразивные материалы характеризуются большей однородностью состава и свойств по сравнению с природными.

Алмаз синтетический АС — это абразивный материал, получаемый синтезом из графита при высоких давлении и температуре. Промышленность выпускает несколько марок синтетических алмазов: АСО — обычной прочности и повышенной хрупкости, предназначенный для изготовления инструментов на органической связке; АСП — повышенной прочности, предназначенный для изготовления инструментов на металлической и керамической связках; АСВ — высокой прочности, предназначенный для изготовления инструментов на металлической связке, работающих при высоких нагрузках; АСК — с прочностью, равной природным алмазам; АСКС — с прочностью, превышающей прочность природных алмазов. Все перечисленные алмазы применяют при изготовлении инструментов для правки шлифовальных кругов.

Кубический нитрид бора (эльбор, кубонит) имеет микротвердость $80 \cdot 10^3 \dots 10 \cdot 10^4$ МПа, обладает высокой химической устойчивостью к кислотам и щелочам, инертен к железу, имеет низкий коэффициент термического расширения, который возрастает с повышением температуры. Эльбор обычной прочности обозначают ЛО, повышенной прочности — ЛП. Применяют эльбор при чистовом шлифовании деталей из быстрорежущих и высоколегированных сталей, жаростойких и коррозионно-стойких сплавов.

Карбид бора (порошок и пасты) используют для доводки деталей из твердых сплавов; его микротвердость — $40 \cdot 10^3 \dots 45 \cdot 10^3$ МПа.

Карбид кремния — это абразивный материал, представляющий собой химическое соединение кремния с углеродом. Микротвердость этого материала — $33 \cdot 10^3 \dots 36 \cdot 10^3$ МПа. Условное обозначение карбида кремния зеленого — 64С; 63С; 62С, черного — 55С; 54С; 53С; 52С. Шлифовальные круги из карбида кремния применяют для заточки режущего инструмента и при обработке деталей из чугуна.

Электрокорунд — это абразивный материал, состоящий из корунда и небольшого количества примесей. Промышленность производит несколько разновидностей электрокорунда.

Монокорунд получают в электродуговых печах сплавлением боксита с сернистым железом и восстановителем. Условное обозначение монокорунда — 45А; 44А; 43А, микротвердость — $23 \cdot 10^3 \dots 26 \cdot 10^3$ МПа. Зерна монокорунда имеют изометрическую форму, высокие механическую прочность и режущие свойства. Круги из монокорунда используют при шлифовании труднообрабатываемых легированных сталей.

Электрокорунд циркониевый — это разновидность электрокорунда, содержит от 10 до 45 % двуокиси циркония. Его условное обозначение — 38А, микротвердость — $23 \cdot 10^3 \dots 24 \cdot 10^3$ МПа. Круги из электрокорунда циркониевого находят применение при так называемом силовом шлифовании: абразивная обработка с большой скоростью резания и большими подачами.

Электрокорунд титанистый имеет условное обозначение 37А, микротвердость — $22 \cdot 10^3 \dots 23 \cdot 10^3$ МПа; его применяют при тяжелых и неравномерных нагрузках.

Электрокорунд хромистый имеет условное обозначение 34А; 33А; 32А, микротвердость — $20 \cdot 10^3 \dots 22 \cdot 10^3$ МПа. Его механическая прочность и режущая способность выше по сравнению с такими же характеристиками электрокорунда белого.

Электрокорунд белый имеет условное обозначение 25А; 24А; 23А; 22А, микротвердость — $20 \cdot 10^3 \dots 21 \cdot 10^3$ МПа. По химическому составу и физическим свойствам более однородный, чем нормальный электрокорунд, обладает повышенной прочностью и острыми кромками, легче внедряется в металлы повышенной прочности, выделяет меньше теплоты.

Электрокорунд нормальный имеет условное обозначение 16А; 15А; 14А; 13А; 12А, микротвердость — $19 \cdot 10^3 \dots 20 \cdot 10^3$ МПа. Примеси окисей магния, кальция и двуокиси кремния увеличивают хрупкость электрокорунда, а примеси железа вызывают налипание металлических частичек на зернах.

Сфорокорунд имеет условное обозначение ЭС, микротвердость — $20 \cdot 10^3 \dots 21 \cdot 10^3$ МПа. Его применяют при обработке мягких и вязких материалов (медь, пластмассы).

1. Назовите основные абразивные материалы и их свойства.
2. Какой абразивный материал обладает наибольшей химической стойкостью?
3. Расскажите об условных обозначениях абразивных материалов.

2.21. Зернистость абразивных материалов

Форма абразивных зерен характеризуется соотношением их длины, высоты и ширины. Абразивные зерна, у которых все три измерения близки, называют изометрическими. Абразивные зерна имеют закругленные вершины, радиус скругления которых 3...30 мкм. С уменьшением размеров зерен радиус скругления также уменьшается. Углы при вершине колеблются в пределах 106...110°.

Зернистость характеризует крупность зерен, их линейные размеры. Абразивные материалы подвергают дроблению, различным видам обогащения, рассеву, гидравлической или пневматической классификации. Для отделения частиц мельче 40 мкм применяют гидравлическую классификацию.

В зависимости от крупности абразивные частицы подразделяют на *шлифовальные зерна* 200; 160; 125; 100; 80; 63; 50; 40; 32; 25; 20; 16 (в сотых долях миллиметра), *шлифовальные порошки* 12; 10; 8; 6; 5; 4 и 3 (в сотых долях миллиметра), *микropорошки* M63; M50; M40; M28; M20; M14; M10; M7; M5; M3; M2; M1 (в микрометрах).

Определяющей характеристикой зернистости является ее основная фракция. Крупность основной фракции продуктов рассева определяется размерами двух смежных сит: через первую сетку все зерна основной фракции проходят, а на второй — задерживаются. За зернистость принимается номинальный размер стороны ячейки в свету сетки, на которой задерживается зерно. Например, для основной фракции 500...400 мкм зернистость равна 40. Зернистость микropорошков определяется верхним пределом крупности зерен основной фракции. В России приняты единые и одинаковые для всех абразивных материалов (кроме искусственных алмазов) номера зернистости.

Контрольные вопросы

1. Что характеризует зернистость абразивных зерен?
2. Что является определяющей характеристикой зернистости абразивных зерен?
3. Какими параметрами характеризуются шлифовальные зерна, шлифовальные порошки и микropорошки?

2.22. Основные характеристики абразивных инструментов

Абразивные инструменты состоят из абразивных зерен, соединенных связкой. Свойства абразивных инструментов, помимо абразивного материала и его зернистости, зависят от связки, твердости и структуры.

Связка. Для изготовления абразивных инструментов применяют две группы связок: неорганические (керамическая, магнезиальная и силикатная) и органические (бакелитовая, глифталевая и вулканитовая).

Керамическая связка К — многокомпонентная смесь, составленная из измельченных материалов: огнеупорной глины, полевого шпата, борного стекла, талька и др. В целях повышения пластичности в абразивно-керамическую массу добавляют клеящие вещества: растворимое стекло, декстрин и др. Керамическая связка обладает высокой огнеупорностью, водоупорностью, химической стойкостью и относительно высокой прочностью. В зависимости от поведения в процессе термической обработки различают плавящиеся (стекловидные) и спекающиеся (фарфоровидные) керамические связки. Абразивный инструмент из электрокорунда изготавливают на плавящейся связке, а из карбида кремния — на спекающихся связках. Плавящиеся связки обеспечивают большую прочность абразивного инструмента. Недостатками керамической связки являются ее хрупкость и пониженный предел прочности при изгибе.

Магнезиальная связка состоит из каустического магнезита и хлористого магния, которые при смешивании образуют твердеющую на воздухе массу. При работе кругов на такой связке происходит небольшое выделение тепла. К недостаткам инструментов на этой связке относятся гигроскопичность, повышенный износ, нестойкий профиль. Круги на магнезиальной связке имеют ограниченное применение.

Силикатная связка. Основным связующим веществом является растворимое стекло (силикат натрия), которое при смешивании с окисью цинка, мелом, пластической глиной и другими составляющими позволяет получить инструменты, пригодные для шлифования тонких длинных пластин. При работе кругов на силикатной связке снижается выделение теплоты. Недостаток таких кругов — низкая прочность удержания зерен связкой. Круги на силикатной связке имеют ограниченное применение.

Из органических связок наибольшее распространение получила **бакелитовая**. Абразивный инструмент, изготовленный на бакелитовой связке, обладает высокой прочностью и обеспечивает возможность работы при высоких скоростях резания. Бакелитовая

связка обладает малой теплостойкостью и недостаточно устойчива к действию охлаждающих жидкостей, содержащих щелочные растворы (особенно содержащих свыше 1,5 % щелочи), в результате чего постепенно снижается твердость абразивного инструмента.

Глифталевая связка. Круги на такой связке отличаются повышенной упругостью и применяются на отделочных операциях. Глифталь представляет собой синтетическую смолу из глицерина и фталевого ангидрида. При работе инструментом на глифталевой связке снижается шероховатость обрабатываемой поверхности.

Для изготовления алмазного инструмента применяют органические (в основном бакелитовые) и металлические (в основном бронзовые) связки. Реже применяют керамическую и никелевую (гальваническую) связки. При работе кругами на этой связке снижается высота микронеровностей, необходима меньшая сила резания, меньше выделяется теплоты, но стойкость их ниже по сравнению с кругами на металлических связках.

Вулканитовая связка обладает повышенной эластичностью, поэтому круги, изготовленные на ней, применимы не только для предварительного шлифования, но и для полирования. В таком абразивном инструменте при увеличении давления на обрабатываемую деталь зерна углубляются в связку и режут с меньшей глубиной, вследствие чего обрабатываемая поверхность детали получается менее шероховатой. При работе инструментом на вулканитовой связке происходит повышенный нагрев обрабатываемой детали. На вулканитовой связке можно изготовить очень тонкие круги (десятые доли миллиметра) при относительно больших диаметрах (150...200 мм).

Структуру абразивного инструмента характеризует содержание абразивного материала (%) в единице его объема. Абразивные инструменты имеют номера структуры от 1 до 12. Чем выше номер структуры, тем больше связки и меньше абразива в единице объема инструмента. Структуры 1...4 называют закрытыми (плотными), 5...8 — средними, 9...12 — открытыми.

Помимо кругов с заранее заданной структурой, на керамической связке изготавливают высокопористые круги (размер пор 2...3 мм). Поры в таких кругах создаются наполнителями, выгорающими в процессе термической обработки (уголь, пластмасса, древесная мука). Высокопористый круг хорошо охлаждается поступающим в процессе работы воздухом, при этом лучше удаляется стружка.

Твердость абразивного инструмента характеризуется прочностью связи абразивных зерен между собой, поэтому из зерен самого твердого абразивного материала можно изготовить мягкие абразивные инструменты и наоборот. В мягких абразивных

инструментах (в отличие от твердых) абразивные зерна легко выкрашиваются. Абразивные инструменты требуемой твердости получают при соответствующей технологии их изготовления, устанавливающей соотношение абразивного зерна и связки, давление при прессовании, температуру и длительность термообработки.

Установлены шкала степеней твердости абразивных инструментов и их условные обозначения:

Весьма мягкие	BM1; BM2
Мягкие	M1; M2; M3
Среднемягкие	CM1; CM2
Средние	C1; C2
Среднетвердые	CT1; CT2; CT3
Твердые	T1; T2
Весьма твердые	BT
Чрезвычайно твердые	CT

Цифра справа от буквы показывает твердость в порядке ее возрастания.

Контроль твердости абразивных инструментов производится несколькими методами.

Контрольные вопросы

1. От чего зависят свойства абразивных инструментов, помимо абразивного материала?
2. Какие группы связок применяют для изготовления абразивного инструмента? Чем характеризуются керамическая и вулканическая связки?
3. Чем характеризуются структура и твердость абразивного инструмента?
4. Расскажите об условных обозначениях степени твердости абразивного инструмента.

2.23. Правка шлифовальных кругов

Для восстановления режущей способности и геометрии лезвийного инструмента используют заточку, а для восстановления режущей способности и создания правильной геометрической формы шлифовального круга применяют правку, в процессе которой удаляется верхний «засаленный» слой, создаются новые острые грани на зернах. В зависимости от требований к точности и шероховатости обрабатываемой поверхности применяют алмазную и безалмазную правку. Преимуществами алмазной правки являются малые усилия и большая износостойкость алмаза, что обеспечивает точность геометрической формы круга и малую шероховатость обрабатываемой поверхности. Безалмазную правку

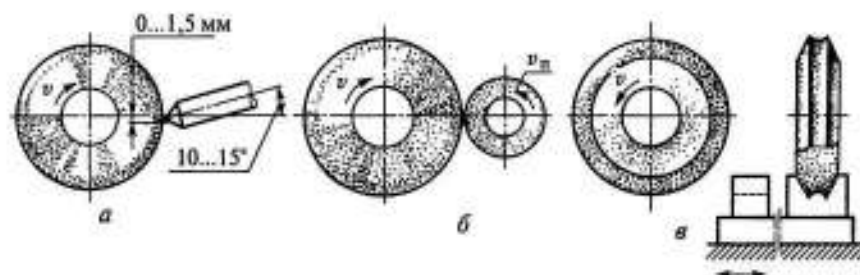


Рис. 2.30. Методы правки шлифовальных кругов:

a — обтачиванием; *б* — обкатыванием; *в* — тангенциальным точением; *v* — скорость; *v_n* — скорость правки

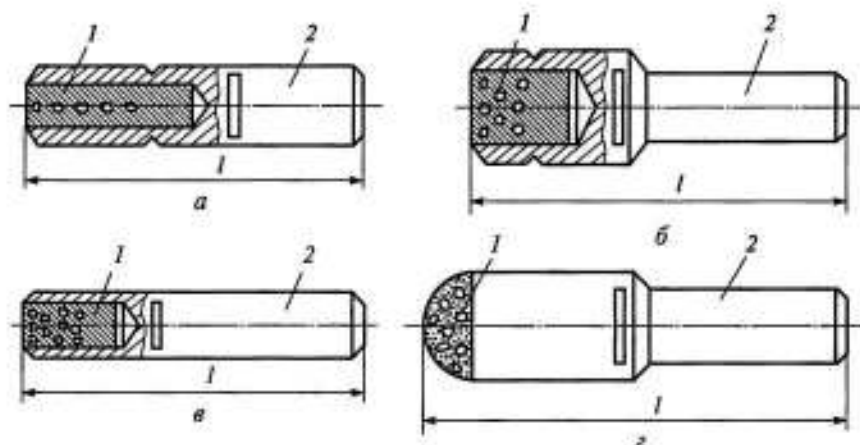


Рис. 2.31. Алмазно-металлические карандаши:

a — тип Ц; *б* — тип С с неперекрывающимися слоями алмазов; *в* — тип С с перекрывающимися слоями алмазов; *г* — тип Н с неориентированными алмазами; 1 — алмазная вставка; 2 — оправа; *l* — длина карандаша

используют в тех случаях, когда необходимо обеспечить высокую режущую способность круга, при этом к точности и шероховатости поверхности не предъявляют особые требования.

Правку шлифовальных кругов производят следующими методами:

- обтачиванием алмазным инструментом (рис. 2.30, *a*);
- обкатыванием абразивными, твердосплавными и металлическими дисками (рис. 2.30, *б*);
- шлифованием кругами из карбида кремния и алмазно-металлическими роликами;
- тангенциальным точением профильной поверхности круга алмазным инструментом (рис. 2.30, *в*).

Правка методом обтачивания (см. рис. 2.30, *а*) представляет собой процесс скоростного разрушения твердого абразивного материала и связи шлифовального круга. Правку осуществляют либо отдельными алмазными зернами, зачеканенными в державку, либо алмазно-металлическими карандашами диаметром 8...10 мм. Наибольшее применение имеют алмазно-металлические карандаши, в которых в определенном порядке размещены кристаллы алмазов, прочно сцементированные специальным сплавом. Для правки используют четыре типа алмазно-металлических карандашей: Ц — с алмазами, расположенными цепочкой вдоль оси карандаша (рис. 2.31, *а*); С — с алмазами, расположенными неперекрывающимися (рис. 2.31, *б*) и перекрывающимися (рис. 2.31, *в*) слоями; Н — с неориентированным расположением алмазов (рис. 2.31, *г*).

В процессе правки кристаллы алмазов и алмазно-металлические карандаши изнашиваются, поэтому такие алмазные инструменты обычно устанавливают так, чтобы ось карандаша или оправы была наклонена под углом 12...15° в сторону вращения круга. Это позволяет периодически поворачивать алмазный инструмент вокруг оси, уменьшать площадь поверхности контакта алмаза с кругом, вводить в работу незатупленные грани алмаза, уменьшать его износ, предохранять алмаз от перегрузок.

Правку методом обтачивания наиболее часто применяют при круглом и плоском шлифовании.

Контрольные вопросы

1. Для чего производят правку круга?
2. Какой метод применяют при правке круга на кругло- и плоскошлифовальных станках?
3. Какой инструмент используют для правки круга методом обтачивания?

2.24. Силы резания и мощность при шлифовании

При срезании стружек на абразивные зерна шлифовального круга действуют силы сопротивления металла заготовки разрушению. Силой резания P называют равнодействующую всех действующих на инструмент сил в процессе шлифования. Для практических целей удобно разложить силу P на три составляющие: P_z , P_y и P_x . Составляющая силы резания P_z , совпадающая по направлению с направлением скорости главного движения (при шлифовании — это окружная скорость инструмента), называется главной, или касательной, составляющей силы резания. Составляющая силы резания при шлифовании P_y , направленная по радиусу шлифовального круга, называется радиальной составляющей (она же —

сила нормального давления в зоне контакта круга с заготовкой). Составляющая силы резания P_x , направленная параллельно оси шлифовального круга, называется осевой составляющей.

Между составляющими силы резания P_z и P_y (при шлифовании большинства материалов различными кругами) существует зависимость $f = P_z/P_y \approx 0,3 \dots 0,45$, где f — коэффициент абразивного резания.

Эффективную мощность шлифования детали, кВт, можно определить по формуле

$$N_{эф} = P_z v / 10^3,$$

P_z — главная составляющая силы резания, Н; v — скорость круга, м/с.

Контрольные вопросы

1. На какие три составляющие удобно разложить силу резания при шлифовании?
2. Какая зависимость существует между составляющими силы резания P_z и P_y ?

2.25. Тепловые явления и смазочно-охлаждающие жидкости при шлифовании

Под действием сил, возникающих при шлифовании, происходит срезание и деформация стружек, а также преодоление трения абразивных зерен по обрабатываемой поверхности. Около 80 % внешней работы, затрачиваемой на шлифование, обычно переходит в теплоту. Часть образующейся теплоты уносится со стружкой, еще какая-то часть остается в обрабатываемой заготовке, а оставшаяся часть теплоты уходит в абразивный инструмент или излучается в окружающую среду.

Смазочно-охлаждающая жидкость, являясь промежуточным звеном между обрабатываемой деталью и абразивным инструментом, способствует повышению эффективности обработки. Применение СОЖ обеспечивает:

- образование в зоне резания защитных пленок, препятствующих непосредственному контакту зерен абразивного инструмента и обрабатываемой поверхности детали, что способствует снижению выделения теплоты, а также предохранению абразивных зерен от налипания металла;
- отвод образующейся теплоты из зоны резания;
- вымывание и отвод из зоны резания отходов шлифования и др.

По характеру воздействия на процесс резания различают три группы СОЖ: охлаждающие, химически активные и

поверхностно-активные. Наибольшей охлаждающей способностью обладают среды, имеющие высокую теплопроводность, теплоемкость, скрытую теплоту парообразования, большую плотность и небольшую вязкость. Химическая активность среды определяется способностью ее молекул образовывать на контактных поверхностях химические соединения, обладающие пониженной способностью к плавлению. Поверхностно-активными веществами по отношению к какой-либо жидкости называют такие вещества, которые, будучи примешаны к жидкости, уменьшают поверхностное натяжение и вследствие этого обладают повышенным молекулярным сцеплением с металлической поверхностью — упрочняют связь смазки с металлом.

На практике применяют следующие виды СОЖ:

- *водные химические растворы*, содержащие небольшое количество солей щелочных металлов для повышения антикоррозионных и моющих свойств, например кальцинированная сода, калиевые соли, тринатрийфосфат, триэтаноломин и др.;

- *водные масляные эмульсии*, которые получают добавлением воды в эмулсол, где вода является внешней замкнутой фазой, а масло — внутренней дисперсной фазой. К достоинствам масляных эмульсий можно отнести коррозионную устойчивость, высокую тепловую стабильность и улучшение шероховатости обрабатываемой поверхности. При тяжелых условиях обработки применяют эмульсии, активированные присадками осерненных масел;

- *масла с добавками серы и хлорных соединений* используют при шлифовании труднообрабатываемых сталей, когда важно дольше сохранить точность профиля крута. К недостаткам масел следует отнести снижение отвода тепла, необходимость установки специальной вентиляции у шлифовального станка.

Контрольные вопросы

1. Зачем при шлифовании применяют СОЖ?
2. Какие виды СОЖ применяют при шлифовании?
3. Какую смазочно-охлаждающую среду используют при шлифовании труднообрабатываемых сталей?

2.26. Режимы резания при шлифовании

Шлифованию подвергают детали в термообработанном и нетермообработанном состоянии. Операции окончательного шлифования должны обеспечивать требуемые параметры шероховатости обработанной поверхности, заданные точность, структуру и качество поверхностного слоя.

Характеристика шлифовальных кругов для круглого наружного шлифования деталей из различных материалов с продольной подачей

Скорость вращения круга $v_{кр}$, м/с	Ra , мкм	Стали конструкционные углеродистые и легированные, твердость HRC		
		до 30	30... 50	более 50
35	3,3	15A50C1K	15Ф50CM2K	15A50CM1K
	2,5	15A40C2K 15A50C2K	15A40C1K 15A50C1K	15A40CM1K... ... 15A50CM1K
	1,25	15A или 24A40CT1K	15A или 24A40C1K	15A или 24A40CM2K
	0,63	24A16CT1K 24A25CT1K	24A16CT2K 24A25CT2K	24A16C1K 24A25C1K
50	3,2	24A50CM2K	24A50CM1K	15A50CM1K
	2,5	24A50C1K	24A50CM2K	24A50CM1K
	1,25	24A40C1K	24A40C1K	24A40CM2K
	0,63	24A25C2K	24A25C2K	24A25CM2K
Скорость вращения круга $v_{кр}$, м/с	Ra , мкм	Сплавы коррозионно-стойкие, жаропрочные и инструментальные стали	Титановые сплавы	Чугуны и бронзы
35	3,2	15A50CM1K	63C40C1B6	54C50CM1K
	2,5	15A40CM1K 15A50CM1K	63C25C1B6	54C40CM1K 54C50CM1K

Перед назначением режимов резания выбирают характеристики шлифовального круга, его форму и размеры. Материал абразивного зерна, твердость и связка круга зависят от шлифуемого материала и его твердости, а также от принятой скорости вращения круга. Зернистость круга зависит от требуемых параметров шероховатости поверхности¹.

Режимы резания выбирают по нормативам, приведенным в Справочнике шлифовщика [10], на который будут даны ссылки. При различных видах шлифования учитывают следующие факторы: материал заготовки; группу обрабатываемости этого материала шлифованием, т.е. свойство материала обрабатываться абразивным инструментом; габаритные размеры заготовки; допуск на шлифование и требуемый параметр шероховатости поверхности; припуск на шлифование; тип и модель станка.

¹ Рекомендации по выбору шлифовальных кругов см. в гл.1 [10].

Таблица 2.22

Припуски, мм, на диаметр детали при шлифовании круглых наружных поверхностей в центрах

Диаметр детали, мм	Длина детали, мм					
	до 100	100...300	300...500	500...700	700...1300	1300...2000
6...10	0,25...0,3	0,3...0,35	0,35...0,4	—	—	—
10...18	0,3...0,35	0,35...0,4	0,35...0,45	—	—	—
18...30	0,35...0,4	0,4...0,45	0,45...0,5	—	—	—
30...50	0,4...0,4	0,45...0,45	0,5...0,5	0,55...0,55	0,6...0,6	—

Таблица 2.23

Режимы резания при круглом наружном шлифовании с продольной подачей (работа с охлаждением; частота вращения детали n_d и продольная подача $S_{пр}$; круг работает периферией или торцом)

Диаметр шлифуемой детали D_p , мм, до	Стали, HRC<30; чугуны, бронзы	Стали, HRC 30 ... 50	Стали коррозионно-стойкие и инструментальные, HRC>50	Высота круга H_k , мм, до											
				40			50			63			75		
				Ra , мкм											
				2,5	1,25	0,63	1,6	1,25	0,63	1,6	1,25	0,63	1,6	1,25	0,63
25	n_d , мин ⁻¹			$S_{пр}$, мм/мин											
	200	320	450	4800	3200	2000	6000	4000	2500	—	—	—	—	—	—
				7700	5100	3200	9600	6400	4000	—	—	—	—	—	—
				10800	7200	4500	13500	9000	5600	—	—	—	—	—	—
32	150	250	350	3600	2400	1500	4500	3000	1900	5700	3800	2400	—	—	—
				6000	4000	2500	7500	5000	3100	9200	6300	3900	—	—	—
				8400	5600	3500	10500	7000	4400	11000	8800	5300	—	—	—
50	100	160	225	2400	1600	1000	2900	2600	1250	3700	2500	1500	4500	3000	1200
				3900	2600	1600	4750	3200	2000	6000	4000	2400	7000	4750	3050
				5400	3600	2250	6700	5000	2850	8300	5600	3200	10000	6700	4250

Припуск на шлифование существенно влияет на выбор характеристики кругов и режимов резания. Его устанавливают в зависимости от исходных отклонений формы и расположения обрабатываемой поверхности заготовки, от размерной точности и пара-

Характеристика шлифовальных кругов для плоского шлифования

Параметр шероховатости поверхности Ra , мкм	Стали конструкционные (углеродистые и легированные), HRC			Стали жаропрочные, коррозионно-стойкие быстрорежущие	Титановые сплавы	Чугуны и бронзы
	до 30	30...50	более 50			
3,2	14A50CM2K	14A50CM1K	14A60M3K	14A50M3K или Б	63C50M3K6, 14A50M3K или Б	54С или 14A50CM2K
2,5	14A40CM2K	14A40CM1K	14A40M3K	14A40M3K	63C40C2B6, или Б	54С или 14A40M3K, 14A40CM2K
2,5	14A25C1K	14A25CM2K	14A25CM1K	14A25CM1K или Б	63C40M3K6, 63C25C2B6, 14A25CM1K или Б	54С или 14A25C1K
0,63	14A16C1K	14A16CM2K	14A16CM1K	14A16CM1 или Б	63C25M3K6, 63C16M3K6, 63C16C2B6, 14A16CM1 или Б	54С или 14A25C1K

метров шероховатости, а также от требований к качеству обрабатываемой поверхности на данной операции шлифования. Оптимальный припуск должен обеспечивать требуемое качество, низкую трудоемкость и минимальную себестоимость изготовленной детали.

Круглое наружное шлифование деталей типа гильз, штоков, валов, поршней и цилиндров производят, как правило, на круглошлифовальных центральных станках.

В табл. 1 [10] приведены характеристики кругов для круглого наружного шлифования с продольной подачей, а в табл. 2.21 дан фрагмент этой таблицы в качестве иллюстрации выбора характеристики шлифовальных кругов для круглого наружного шлифования.

Рекомендации по выбору припусков на обработку наружных цилиндрических поверхностей при шлифовании в центрах приведены в табл. 2 [10], а в табл. 2.22 дан фрагмент этой таблицы.

Рекомендуемые режимы резания при круглом шлифовании деталей из сталей, чугунов, бронз и титановых сплавов приведены в табл. 3 [10], а в табл. 2.23 дан фрагмент этой таблицы.

Плоское шлифование выполняют на станках с прямоугольным столом.

Припуски, мм, на плоское шлифование

Установка детали на станке	Длина обрабатываемой поверхности, мм	Ширина шлифуемой поверхности, мм					
		3...10	10...50	50...100	100...200	200...400	400...1000
Без выверки	До 100	0,1 0,13	0,15 0,20	0,20 0,25	—	—	—
	100 150	0,15 0,20	0,20 0,25	0,25 0,30	0,30 0,35	0,35 0,45	0,5 0,6
В приспособлении с выверкой индикатором	До 100	0,08 0,10	0,12 0,13	0,15 0,17	—	—	—
	100 150	0,10 0,13	0,13 0,17	0,18 0,20	0,20 0,25	0,20 0,30	0,25 0,35

Рекомендации по выбору характеристик шлифовальных кругов для плоского шлифования приведены в табл. 20 [10]. Рекомендуемые припуски на плоское шлифование даны в табл. 21 [10]; фрагменты этих таблиц частично приведены соответственно в табл. 2.24 и 2.25 настоящего учебника.

Режимы резания при плоском шлифовании торцом круга на станках с прямоугольным столом деталей из различных материалов приведены в табл. 22...24 [10]; режимы резания при плоском шлифовании периферией круга на станках с прямоугольным столом деталей из различных материалов — в табл. 2.26...2.29.

Таблица 2.26

Режимы резания при плоском шлифовании периферией круга на станках с прямоугольным столом (работа с охлаждением; поперечная подача $S_{\text{поп}}$)

Ra , мкм	Приведенная ширина $B_{\text{пр}}$, мм, до					
	20	32	40	50	63	80
	$S_{\text{поп}}$, мм/ход стола					
3,2 и грубее	16	26	32	40	50	64
2,5	12	19	24	30	38	48
1,25	8	12,5	16	20	25	32
0,63	3...5	8	10	12,5	16	20

Таблица 2.27

Скорость перемещения стола $v_{ст}$ и подача на глубину шлифования S_r (напроход)

Материал детали и твердость	Скорость перемещения стола $v_{ст}$, м/мин, до	Припуск П на обработку, мм, до	Поперечная подача $S_{поп}$, мм/ход стола, до	
			8	12
			S_r , мм/ход	
Чугуны	5	0,17 0,25 0,35	0,137 0,168 0,210	0,093 0,115 0,140
Стали конструкционные углеродистые и легированные, HRC:				
до 28	6,3	0,17...0,50	0,108...0,210	0,073...0,140
до 32	8	0,17...0,50	0,85...0,168	0,057...0,113
до 40	10	0,17...0,50	0,69...0,137	0,045...0,091

Таблица 2.28

Выбор поперечной подачи в зависимости от обрабатываемого материала и продольной подачи

Материал детали и твердость	Поперечная подача $S_{поп}$, мм/ход стола, до			
	18	27	38	55
	S_r , мм/ход			
Чугуны	0,062 0,076 0,095	0,041 0,050 0,063	0,030 0,036 0,045	0,020 0,025 0,031
Стали конструкционные углеродистые и легированные, HRC:				
до 28	0,048...0,097	0,032...0,064	0,022...0,045	0,015...0,031
до 32	0,038...0,076	—	0,018...0,036	0,011...0,025
до 40	0,031...0,060	0,021...0,041	0,014...0,028	0,009...0,020

Таблица 2.29

Поправочный коэффициент К

Материал детали	К в зависимости от точности обработки, мм			
	0,02	0,03	0,05	0,08
Стали конструкционные	0,65	0,80	1,00	1,25
Углеродистые коррозионно-стойкие стали	0,29	0,36	0,45	0,56
Жаропрочные сплавы	0,10	0,12	0,15	0,19
Чугуны и медные сплавы	1,00	1,30	1,60	1,90

Фрагмент табл. 25 «Режимы резания при плоском шлифовании периферией круга на станках с прямоугольным столом» приведен для примера в табл. 2.26 настоящего учебника.

Таблицы режимов резания при плоском шлифовании, приведенные в [10], составлены для кругов твердостью СМ1 и СМ2. При обработке кругами другой твердости значения подач, приведенные в таблицах, для более мягких кругов умножают на 1,1, а для более твердых кругов — на 0,85.

Контрольные вопросы

1. Как выбирают характеристики кругов при шлифовании?
2. В зависимости от каких факторов устанавливают припуск на шлифование?

Глава 3

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ОБРАБОТКИ НА НИХ

3.1. Кинематика станков

Основоположителем теории кинематики станков является профессор Г. М. Головин (1889—1949), разработавший теоретические основы анализа, настройки и расчета кинематических цепей станка.

Структура кинематической цепи, т.е. последовательность расположения в ней кинематических пар и звеньев, зависит от назначения станка (сверление, точение, фрезерование, шлифование и т.п.), требуемой точности передачи движения и конструктивных факторов.

Для изготовления детали рабочим органам станка необходимо сообщить определенные согласованные движения, при которых с заготовки снимается избыточный материал — припуск (см. гл. 2).

Все движения органов станка называют исполнительными. По целевому признаку их можно разделить на движения формообразования, установочные, делительные, управления и вспомогательные.

Согласованные относительные движения заготовки и режущего инструмента, которые непрерывно создают поверхность заданной формы, называют формообразующими, или рабочими, движениями. Они могут быть простыми и сложными. К простым дви-

жениям относятся вращательное и прямолинейное. Во всех изучаемых в данной книге станках — токарных, фрезерных, сверлильных и шлифовальных — движение резания вращательное. К сложным движениям относятся те, которые образуются в результате согласования (сложения) двух и более вращательных и прямолинейных движений. При сложном формообразующем движении то из них, которое производится с наибольшей скоростью, называется *главным движением* или *движением резания*, а его скорость — скоростью резания. Остальные движения, происходящие с меньшей скоростью, называются движениями подачи.

В станках для лезвийной обработки резанием (токарных, фрезерных, сверлильных) скорость резания, м/мин, определяют по формуле

$$v = \pi d n / 1000,$$

где d — диаметр обрабатываемой заготовки (инструмента), мм; n — частота вращения заготовки (инструмента), мин^{-1} (об/мин).

При абразивной обработке на шлифовальных станках скорость резания, м/с, определяют по формуле

$$v_{\text{шл}} = \pi d_{\text{кр}} n_{\text{кр}} / (1000 \cdot 60),$$

где $d_{\text{кр}}$ и $n_{\text{кр}}$ — соответственно диаметр и частота вращения шлифовального круга.

В токарных, фрезерных и сверлильных станках движение подачи — непрерывное, в шлифовальных плоско- и круглошлифовальных станках — прерывистое.

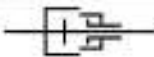
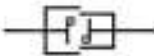
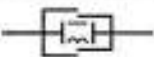
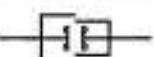
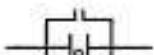
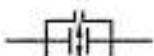
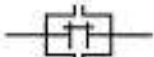
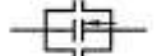
Основу любой машины, в том числе и станка, составляют механизмы. Под *механизмом* понимают систему связанных между собой путем соприкосновения твердых тел, совершающих под действием приложенных сил определенные целесообразные движения.

Система тел, состоящая из одного или нескольких твердых тел, соединенных между собой неподвижно, называется *звеном* механизма. Соединение двух соприкасающихся звеньев, допускающее их относительное движение, называется *кинематической парой* или просто *парой*. Поверхности, линии, точки, которыми звено может соприкоснуться или соприкасается с другим звеном, называются *элементами звена*.

Система звеньев, соединенных между собой в определенной последовательности, образует *кинематическую цепь*. Кинематические цепи, в которые входят кинематические пары, их элементы и связи, изображают на чертеже в виде *кинематической схемы* с помощью условных графических знаков (табл. 3.1). Правила выполнения кинематических схем и обозначения их элементов установлены ГОСТ 2.770—68*. Для станков, имеющих наряду с механическими передачами гидравлические, электрические и пневматические устройства, составляют соответствующие схемы.

Условные обозначения элементов кинематических схем

Наименование	Условные обозначения
Вал, ось, стержень	
Подшипники скольжения и качения на валу без уточнения типа: радиальные упорные	
Подшипники скольжения: радиальные радиально-упорные односторонние двусторонние упорные односторонние двусторонние	
Подшипники качения: радиальные радиально-упорные односторонние двусторонние упорные односторонние двусторонние	
Муфта (общее обозначение без уточнения типа)	
Муфта нерасцепляемая (неуправляемая): глухая	
упругая компенсирующая	
Муфта сцепляемая (управляемая): общее назначение	

Наименование	Условные обозначения
односторонняя	
двусторонняя	
Муфта сцепляемая механическая синхронная (например, зубчатая)	
асинхронная (например, фрикционная)	
Муфта сцепляемая электрическая	
Муфта сцепляемая гидравлическая или пневматическая	
Муфта автоматическая (самодействующая): общее назначение	
обгонная (свободного хода)	
центробежная фрикционная	
предохранительная с разруша- ющим элементом	
предохранительная с неразру- шающим элементом	
Тормоз (общее обозначение без уточнения типа)	
Храповые зубчатые механизмы с наружным зацеплением (односторонние)	
Соединение детали с валом: свободное вращение	
подвижное без вращения	

Наименование	Условные обозначения
с помощью вытяжной шпонки глухое	
Передача ремнем без уточнения типа ремня	
Передача цепью, общее обозначение без уточнения типа цепи	
Передачи зубчатые цилиндрические: внешнее зацепление без уточнения типа зубьев внутреннее зацепление без уточнения типа зубьев	
Передачи зубчатые с пересекающимися валами конические без уточнения типа зубьев	
Передачи зубчатые со скрещающимися валами червячные с цилиндрическим червяком	

Наименование	Условные обозначения
Передачи зубчатые реечные без уточнения типа зубьев	
Винт, передающий движение	
Винт-гайка качения	
Винт-гайка скольжения:	
гайка неразъемная	
гайка разъемная	

Среди передач движения от привода к рабочим органам станка наибольшее распространение получили механические передачи (рис. 3.1).

По способу передачи движения от ведущего элемента к ведомому механические передачи подразделяются следующим образом: передачи зацеплением с непосредственным контактом (зубчатые — рис. 3.1, а; червячные — рис. 3.1, б; храповые; кулачковые) или с гибкой связью (цепные); передачи трением с непосредственным касанием (фрикционные) или с гибкой связью (ременные — рис. 3.1, в).

Основным кинематическим параметром, характеризующим все виды механических передач вращательного движения, является *передаточное число* — отношение числа зубьев большего колеса к числу зубьев меньшего в зубчатой передаче, числа зубьев колеса к числу заходов червяка в червячной передаче, числа зубьев большой звездочки к числу зубьев малой в цепной передаче, а также диаметра большого шкива или катка к диаметру меньшего в ременной или фрикционной передаче. Передаточное число характеризует изменение частоты вращения в передаче

$$i = n_1/n_2,$$

где n_1 и n_2 — частота вращения ведущего I и ведомого II валов, мин⁻¹ или с⁻¹ (см. рис. 3.1, а, б и в).

Так, для зубчатых (см. рис. 3.1, *а*) и цепных передач

$$i = z_2/z_1,$$

где z_2 — число зубьев большого зубчатого колеса или звездочки; z_1 — число зубьев меньшего зубчатого колеса или звездочки.

Для червячной передачи (см. рис. 3.1, *б*)

$$i = z/K,$$

где z — число зубьев червячного колеса; K — число заходов червяка.

Для ременной передачи (рис. 3.1, *в*)

$$i = d_2/d_1,$$

где d_2 — диаметр ведомого (большого) шкива передачи, мм; d_1 — диаметр ведущего (меньшего) шкива передачи, мм.

Для преобразования вращательного движения в поступательное или наоборот используют реечную (рис. 3.1, *з*) или винтовую (рис. 3.1, *д*) передачи. В первом случае ось вращательного движения и направление поступательного движения перпендикулярны, а во втором — параллельны.

Передачи, преобразующие вращательное движение в поступательное, характеризуются расстоянием, на которое поступательно перемещается движущийся элемент за один оборот приводного.

В реечной передаче (см. рис. 3.1, *з*) перемещение рейки за один оборот зубчатого колеса (шестерни)

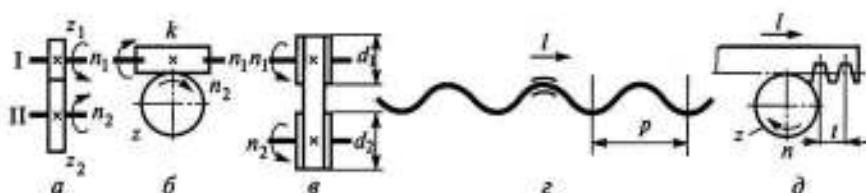


Рис. 3.1. Передачи в станках:

а — зубчатая: I — ведущий вал; z_1 — число зубьев шестерни; n_1 — частота вращения ведущего вала; II — ведомый вал; z_2 — число зубьев колеса; n_2 — частота вращения ведомого вала; *б* — червячная: n_1 и k — частота вращения и число заходов червяка соответственно; n_2 и z — частота вращения и число зубьев колеса соответственно; *в* — ременная: n_1 и d_1 — частота вращения ведущего ролика и его диаметр соответственно; n_2 и d_2 — частота вращения ведомого ролика и его диаметр соответственно; *г* — винтовая: p — шаг винта; l — направление перемещения гайки; *д* — реечная: l — направление перемещения рейки; l — шаг зубьев рейки; z — число зубьев колеса; n — направление вращения колеса

$$l = \pi m z,$$

где z — число зубьев колеса; m — модуль зацепления.

Пара винт — гайка используется в механизмах подачи почти всех станков. При повороте винта на один оборот гайка перемещается вправо или влево (в зависимости от направления резьбы) на один шаг. Существуют конструкции, в которых гайка неподвижна, а винт вращается и перемещается, а также конструкции с вращающейся и перемещающейся гайкой. Для передачи винт — гайка перемещение поступательно движущегося элемента

$$l = pk,$$

где p — шаг винта, мм; k — число заходов винта.

При последовательном расположении нескольких передач их общее передаточное число равно произведению передаточных чисел отдельных передач

$$i_{\text{общ}} = i_1 i_2 i_3 \dots i_n,$$

где $i_{\text{общ}}$ — общее передаточное число кинематической цепи; $i_1, i_2, i_3, \dots, i_n$ — передаточные числа всех элементов кинематической цепи.

Частота вращения последнего ведомого вала кинематической цепи n_k равна частоте вращения ведущего вала $n_{\text{нач}}$, деленной на общее передаточное число,

$$n_k = n_{\text{нач}} / i_{\text{общ}}.$$

Скорость перемещения (мм/мин) конечного элемента (узла) кинематической цепи

$$v_k = n_{\text{нач}} l / i_{\text{общ}},$$

где $n_{\text{нач}}$ — частота вращения ведущего вала начального элемента; l — перемещение поступательно движущегося элемента на один оборот ведущего вала, мм.

Математическое выражение связи движений ведущего и ведомого элементов (начального и конечного звеньев) кинематической цепи станка называется *уравнением кинематического баланса*. В него входят составляющие, характеризующие все элементы цепи от начального до конечного звена, в том числе и преобразующие движение, например вращательное в поступательное. В этом случае в уравнение баланса входит единица измерения параметра (шаг ходового винта — при использовании передачи винт — гайка или модуль — при использовании передачи зубчатое колесо — рейка), определяющего условия этого преобразования, миллиметр. Этот параметр позволяет также согласовывать характеристики движения начального и конечного звеньев кинематической цепи. При

передаче только вращательного движения в уравнение входят безразмерные составляющие (передаточные числа i механизмов и отдельных передач), в связи с чем единицы измерения параметров движения конечного и начального звеньев одинаковы.

Для станков с главным вращательным движением предельные значения частот вращения шпинделя $n_{\min}$ и $n_{\max}$ обеспечивают обработку заготовки с диаметром обрабатываемых поверхностей в диапазоне от $d_{\max}$ до $d_{\min}$.

Диапазон регулирования частот вращения шпинделя характеризует эксплуатационные возможности станка и определяется отношением наибольшей частоты вращения шпинделя станка к наименьшей:

$$D = n_{\max}/n_{\min}.$$

Значения частот вращения от $n_{\min}$ до $n_{\max}$ образуют ряд. В станкостроении, как правило, применяют *геометрический ряд*, в котором смежные значения n различаются в ϕ раз (ϕ — знаменатель ряда: $n_1/n_2 = n_2/n_3 = n_3/n_4 = \dots = n_{\phi-1}/n_{\phi} = \phi$). Приняты и нормализованы следующие значения знаменателя ϕ : 1,06; 1,12; 1,26; 1,41; 1,58; 1,78; 2,00. Эти значения ϕ положены в основу табличных рядов частот вращения шпинделя.

Контрольные вопросы

1. Приведите формулы для определения скорости резания при главном вращательном движении.
2. Как находят передаточные числа кинематических пар станков?
3. Что такое диапазон регулирования?

3.2. Типовые детали и механизмы станков

Станины и направляющие. Несущую систему станка образует совокупность его элементов, через которые замыкаются силы, возникающие между инструментом и заготовкой в процессе резания. Основными элементами несущей системы станка являются станина и корпусные детали (поперечины, хоботы, ползуны, плиты, столы, суппорты и т.д.).

Станина 1 (рис. 3.2) служит для монтажа деталей и узлов станка, относительно нее ориентируются и перемещаются подвижные детали и узлы. Станина так же, как и другие элементы несущей системы, должна обладать стабильностью свойств и обеспечивать в течение срока службы станка возможность обработки заготовок с заданными режимами и точностью. Это достигается правильным выбором материала станины и технологией ее изготовления, износостойкостью направляющих.

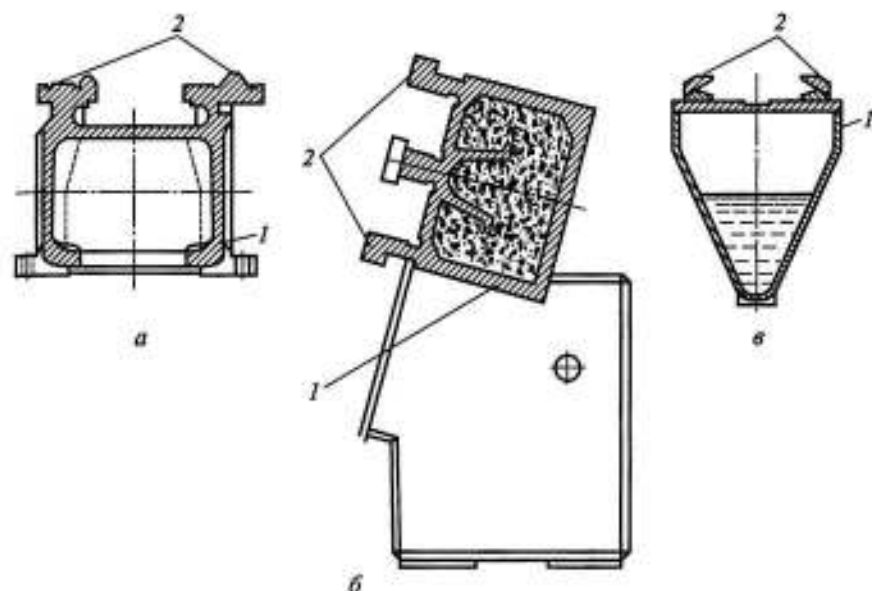


Рис. 3.2. Станины станков:

а — токарно-винторезного; *б* — токарного с программным управлением; *в* — плоскошлифовального; *1* — станина; *2* — направляющие

Для изготовления станин используют следующие основные материалы: для литых станин — чугун; для сварных — сталь, для станин тяжелых станков — железобетон (иногда), для станков высокой точности — искусственный материал синтегран, изготовляемый на основе крошки минеральных материалов и смолы и характеризующийся незначительными температурными деформациями.

Направляющие 2 обеспечивают требуемое взаимное расположение и возможность относительного перемещения узлов, несущих инструмент и заготовку. Конструкции направляющих для перемещения узла допускает только одну степень свободы движения.

В зависимости от назначения и конструктивного исполнения существует следующая классификация направляющих:

- по виду движения — главного движения и движения подачи; направляющие для перестановки сопряженных и вспомогательных узлов, неподвижных в процессе обработки;
- по траектории движения — прямолинейного и кругового движения;
- по направлению траектории перемещения узла в пространстве — горизонтальные, вертикальные и наклонные;
- по геометрической форме — призматические, плоские, цилиндрические, конические (только для кругового движения) и их сочетания.

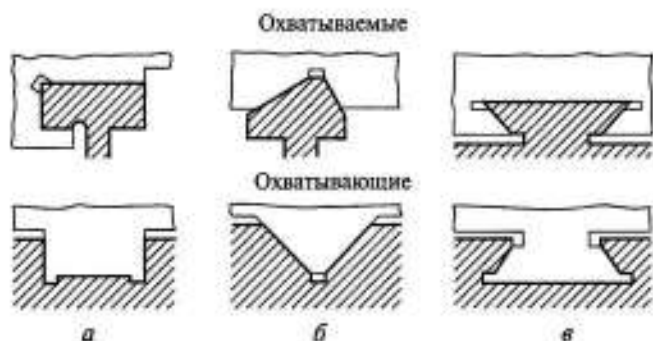


Рис. 3.3. Примеры направляющих скольжения:

а — плоская; б — призматическая; в — в виде «ласточкин хвоста»

Наибольшее распространение получили направляющие скольжения и направляющие качения (в последних используют шарiki или ролики в качестве промежуточных тел качения).

Для изготовления направляющих скольжения (рис. 3.3) (когда направляющие выполнены как одно целое со станиной) используют серый чугуны. Износостойкость направляющих повышают поверхностной закалкой, твердость HRC 42...56.

Стальные направляющие выполняют накладными, обычно закаленными, твердостью HRC 58...63. Чаще всего используют сталь 40X с закалкой ТВЧ¹, стали 15X и 20X — с последующей цементацией и закалкой.

Надежная работа направляющих зависит от защитных устройств, предохраняющих рабочие поверхности от попадания на них пыли, стружки, грязи (рис. 3.4). Защитные устройства изготавливают из различных материалов, в том числе полимерных.

Шпиндели и их опоры. Шпиндель — разновидность вала — служит для закрепления и вращения режущего инструмента или приспособления, несущего заготовку.

Для сохранения точности обработки в течение заданного срока службы станка шпиндель обеспечивает стабильность положения оси при вращении и поступательном движении, износостойкость опорных, посадочных и базирующих поверхностей.

Шпиндели, как правило, изготавливают из стали (40X, 20X, 18XГТ, 40XФА и др.) и подвергают термической обработке (цементации, азотированию, объемной или поверхностной закалке, отпуску).

Для закрепления инструмента или приспособления передние концы шпинделей стандартизованы. Основные типы концов шпинделей станков показаны в табл. 3.2.

¹ ТВЧ — токи высокой частоты.

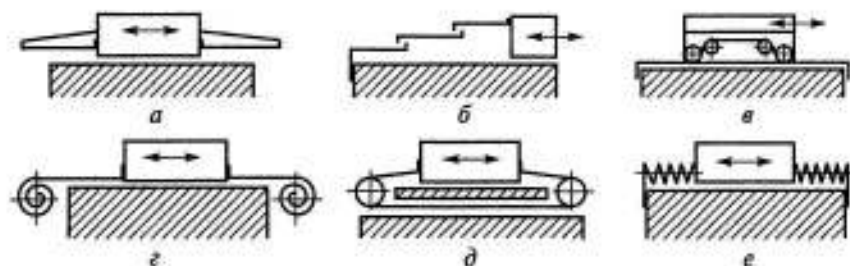


Рис. 3.4. Основные типы защитных устройств для направляющих:
 а — щитки; б — телескопические щитки; в, г и д — лента; е — гармоникообразные меха

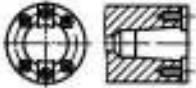
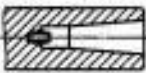
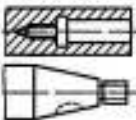
В качестве *опор шпинделей* применяют *подшипники скольжения и качения*. Конструктивная схема регулируемых подшипников скольжения, выполняемых в виде бронзовых втулок-вкладышей, одна из поверхностей которых имеет коническую форму, приведена на рис. 3.5.

В *опорах скольжения* шпинделей используют смазочный материал в виде жидкости (в гидростатических и гидродинамических подшипниках) или газа (в аэродинамических и аэростатических подшипниках).

Существуют одно- и многоклиновые *гидродинамические подшипники*. Одноклиновые наиболее просты по конструкции (втулка), но не обеспечивают стабильного положения шпинделя при боль-

Таблица 3.2

Основные типы концов шпинделей станков

Конструктивное исполнение	Применение шпинделей
	Токарные, токарно-револьверные, шлифовальные и другие станки (см. гл. 4 и 7)
	Фрезерные станки (см. гл. 5)
	Сверлильные станки (см. гл. 6)
	Шлифовальные станки (см. гл. 7)

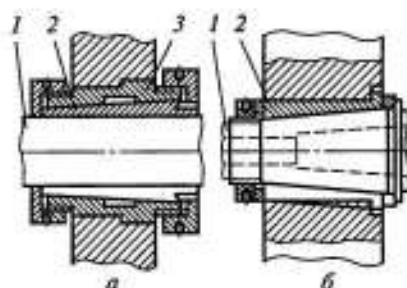


Рис. 3.5. Регулируемые подшипники скольжения:

a — с цилиндрической шейкой шпинделя: 1 — шейка шпинделя; 2 — разрезная втулка; 3 — корпус; *б* — с конической шейкой шпинделя: 1 — шпиндель; 2 — цельная втулка

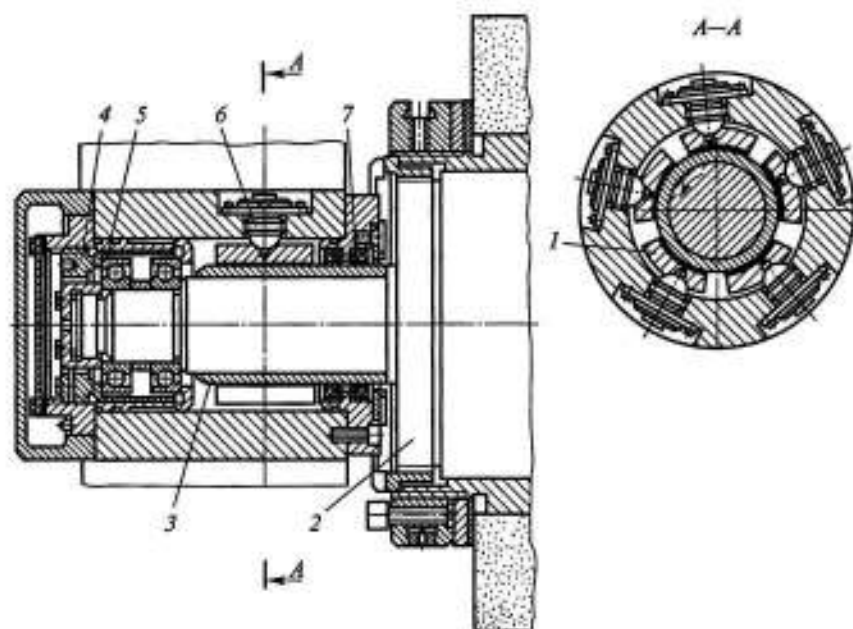


Рис. 3.6. Опора шпинделя шлифовального круга с гидродинамическим пятикладышным подшипником:

1 — самоустанавливающиеся вкладыши; 2 — шпиндель; 3 — обойма; 4 — гайка; 5 — подшипники качения; 6 — винты со сферическим опорным торцом; 7 — манжеты

ших скоростях скольжения и малых нагрузках. Этот недостаток отсутствует в многоклиновых подшипниках, имеющих несколько несущих масляных слоев, охватывающих шейку шпинделя равномерно со всех сторон (рис. 3.6).

Гидростатические подшипники — подшипники скольжения, в которых масляный слой между трущимися поверхностями создается путем подвода к ним масла под давлением от насоса, — обеспечивают высокую точность положения оси шпинделя при вращении, имеют большую жесткость и обеспечивают режим жидкостного трения при малых скоростях скольжения (рис. 3.7).

Подшипники с газовой смазкой (аэродинамические и аэростатические) по конструкции подобны подшипникам гидравлическим, но обеспечивают меньшие потери при трении, что позволяет применять их в опорах быстроходных шпинделей.

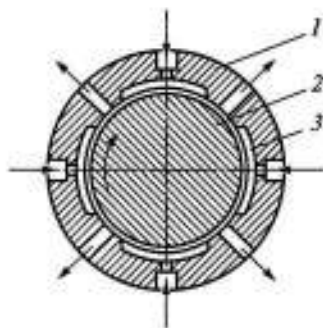
Подшипники качения в качестве опор шпинделей широко применяют в станках разных типов. К точности вращения шпинделей предъявляют повышенные требования, поэтому в их опорах применяют подшипники высоких классов точности, устанавливаемые с предварительным натягом, который позволяет устранить вредное влияние зазоров. Натяг в радиально-упорных шариковых и конических роликовых подшипниках создается при их парной установке в результате осевого смещения внутренних колец относительно наружных.

Это смещение осуществляется с помощью специальных элементов конструкции шпиндельного узла: проставочных колец определенного размера; пружин, обеспечивающих постоянно силы предварительного натяга; резьбовых соединений. В роликоподшипниках с цилиндрическими роликами предварительный натяг создается за счет деформирования внутреннего кольца *б* (рис. 3.8) при затяжке его на коническую шейку шпинделя *в* с помощью втулки *5*, перемещаемой гайками *1*. Подшипники шпиндельных опор надежно защищены от загрязнения и вытекания смазочного материала манжетными и лабиринтными уплотнениями *7*.

Подшипники качения *4* широко используют в качестве упорных, фиксирующих положение шпинделя в осевом направлении и воспринимающих возникающие в этом направлении нагрузки. Предварительный натяг шариковых упорных подшипников *4* создается пружинами *3*. Регулирование пружин осуществляют гайками *2*.

Рис. 3.7. Гидростатический подшипник:

1 — корпус подшипника; *2* — шейка шпинделя; *3* — карман, создающий несущую поверхность подшипника (стрелками показано направление подвода смазочного материала под давлением и его отвод)



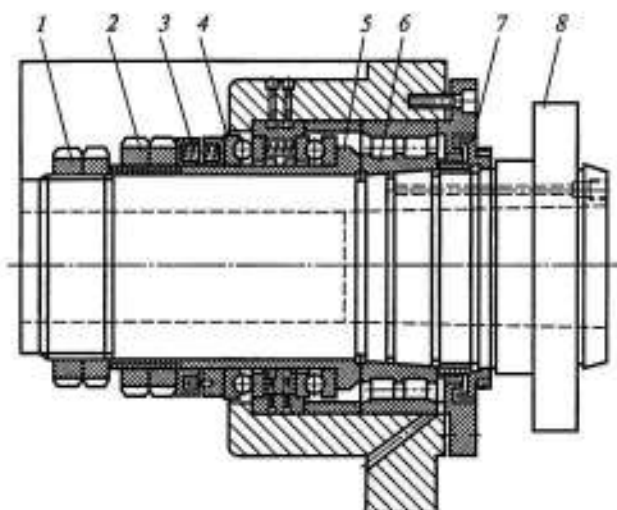


Рис. 3.8. Передняя опора шпинделя токарного станка на подшипниках качения:

1 — гайки; 2 — регулировочные гайки; 3 — пружины; 4 — подшипники качения упорные; 5 — втулки; 6 — внутреннее кольцо роликоподшипника; 7 — уплотнения; 8 — шпиндель

Пример использования радиально-упорных шариковых подшипников для восприятия осевых нагрузок приведен на рис. 3.6. Предварительный натяг создается регулировкой положения наружных колец подшипников 5 с помощью гайки 4.

Типовые механизмы для осуществления поступательного движения. Поступательное движение в рассматриваемых станках обеспечивают следующие механизмы и устройства:

- механизмы, преобразующие вращательное движение в поступательное: зубчатое колесо или червяк с рейкой, ходовой винт — гайка и другие механизмы;
- гидравлические устройства с парой цилиндр — поршень;
- электромагнитные устройства типа соленоидов, используемые в основном в приводах систем управления.

Приведем примеры некоторых из указанных механизмов (условные обозначения см. в табл. 3.1).

Пара зубчатое колесо — рейка имеет высокий КПД, что обуславливает ее применение в большом диапазоне скоростей движения рейки, в том числе в приводах главного движения, передающих значительную мощность, и приводах вспомогательных перемещений.

Червячно-реечная передача отличается от пары зубчатое колесо — рейка повышенной плавностью движения. Однако эта передача сложнее в изготовлении и имеет более низкий КПД.

Механизм ходовой винт — гайка широко применяется в приводах подачи, вспомогательных и установочных движений и обеспечивает: малое расстояние, на которое перемещается движущийся элемент за один оборот привода; высокую плавность и точность перемещения, определяемую главным образом точностью изготовления элементов пары; самоторможение (в парах винт — гайка скольжения).

В станкостроении для ходовых винтов и гаек скольжения установлено шесть классов точности: 0 — наиболее точный; 1, 2, 3, 4 и 5-й классы, с помощью которых регулируют допустимые отклонения по шагу, профилю, диаметрам и по параметру шероховатости поверхности. Конструкция гаек зависит от назначения механизма.

Пары ходовой винт — гайка скольжения из-за низкого КПД заменяют винтовыми парами качения (рис. 3.9). В этих парах устранен износ, уменьшены потери при трении и могут быть устранены зазоры за счет создания предварительного натяга.

Недостатки, присущие парам винт — гайка скольжения и винт — гайка качения, обусловленные особенностями их эксплуатации и изготовления, исключены в гидростатической передаче винт — гайка. Эта пара работает в условиях трения со смазочным материалом; КПД передачи достигает 0,99; масло подается в карманы, выполненные на боковых сторонах резьбы гайки.

Типовые механизмы для осуществления периодических движений. В процессе работы в некоторых станках требуется периодическое перемещение (изменение положения) отдельных узлов или элементов. Периодические движения могут осуществляться храповыми и мальтийскими механизмами, механизмами кулачковыми и с муфтами обгона, электро-, пневмо- и гидромеханизмами.

Храповые механизмы (рис. 3.10) наиболее часто используют в механизмах подачи станков, в которых периодическое перемещение заготовки, режущего (резца, шлифовального круга) или вспомогательного (алмаз для правки шлифовального круга) инструмента производится во время перебега или обратного (вспомогательного) хода (в шлифовальных и других станках).

В большинстве случаев храповые механизмы используют для прямолинейного перемещения соответствующего узла (стола, суппорта, пиноли). С помощью храповой передачи осуществляют также и круговые периодические перемещения.

Муфты служат для соединения двух соосных валов. В зависимости от назначения различают муфты нерасцепляемые, сцепляемые и предохранительные.

Нерасцепляемые муфты (рис. 3.11, а, б, в) служат для жесткого (глухого) соединения валов, например соединения с помощью втулки, через упругие элементы или через промежуточный эле-

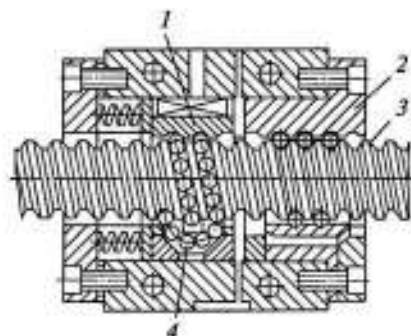


Рис. 3.9. Пара винт — гайка качения:
1, 2 — гайка, состоящая из двух частей;
3 — винт; 4 — шарики (или ролики)



Рис. 3.10. Схема храпового механизма:
1 — храповик; 2 — собачка; 3 — штифт;
4 — тяга

мент, имеющий на торцовых плоскостях два взаимно перпендикулярных выступа и позволяющий компенсировать несоосность соединяемых валов.

Сцепляемые муфты (рис. 3.11, *з*, *д*, *е*) применяют для периодического соединения валов. В станках используют сцепляемые кулачковые муфты в виде дисков с торцовыми зубьями-кулачками

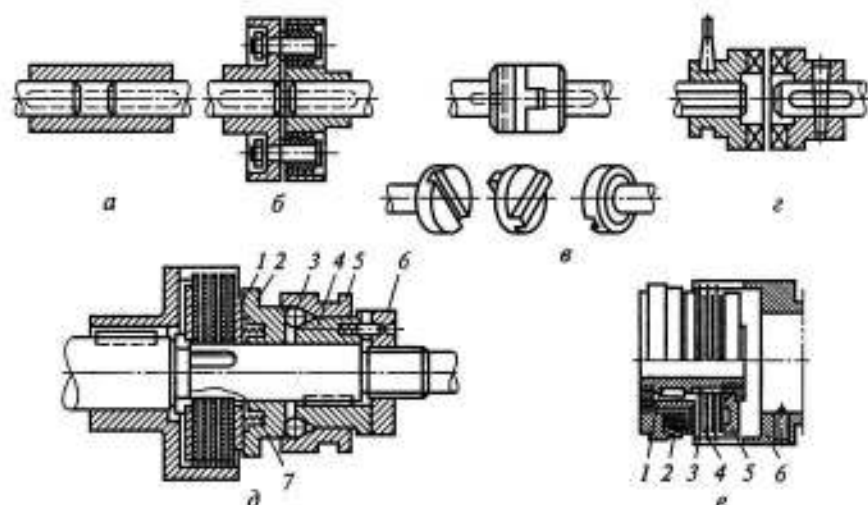


Рис. 3.11. Муфты для соединения валов:

а — жесткая типа втулки; *б* — с упругими элементами; *в* — крестово-подвижная; *з* — кулачковая; *д* — многодисковая с механическим приводом: 1 — шайба; 2 — нажимной диск; 3 — шарики; 4 — неподвижная втулка; 5 — втулка; 6 — гайка; 7 — пружины; *е* — электромагнитная: 1 — шлицевая втулка; 2 — электромагнитная катушка; 3 и 4 — магнитопроводящие диски; 5 — якорь; 6 — втулка

и зубчатые муфты. Недостатком таких сцепляемых муфт является трудность их включения при большой разнице угловых скоростей ведущего и ведомого элементов. Фрикционные муфты не имеют недостатка, присущего кулачковым муфтам, и позволяют включить их при любых скоростях вращения ведущего и ведомого элементов. Фрикционные муфты бывают конусные и дисковые. В приводах главного движения и подачи широко применяют многодисковые муфты, передающие значительные крутящие моменты при сравнительно небольших габаритных размерах. Сжатие ведущих дисков с ведомыми осуществляется с помощью механического, электромагнитного и гидравлического приводов.

Предохранительные муфты (рис. 3.12) соединяют два вала при нормальных условиях работы и разрывают кинематическую цепь при повышении нагрузки. Разрыв цепи может происходить при разрушении специального элемента, а также в результате проскальзывания сопрягаемых и трущихся частей (например, дисков) или расщепления кулачков двух сопрягаемых частей муфты.

В качестве разрушаемого элемента обычно используют штифт, площадь сечения которого рассчитывают для передачи заданного крутящего момента. Расщепление сопрягаемых элементов муфты происходит при условии, что осевая сила, возникающая на зубьях, кулачках 1 или шариках 5, при перегрузках превышает силу, создаваемую пружинами 3 и регулируемую гайкой 4. При смещении подвижный элемент 2 муфты воздействует на концевой выключатель, разрывающий электрическую цепь питания двигателя привода.

Муфты обгона (рис. 3.13) предназначены для передачи вращающего момента при вращении звеньев кинематической цепи в заданном направлении и для разъединения звеньев при вращении в обратном направлении, а также для передачи валу различных по частоте вращений (например, медленного — рабочего вращения и быстрого — вспомогательного). Муфта обгона позволяет переда-

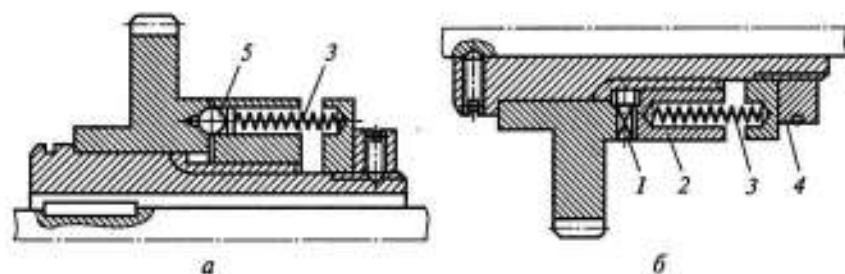


Рис. 3.12. Схемы предохранительных муфт:

а — шариковая; б — кулачковая; 1 — кулачки; 2 — подвижный элемент муфты; 3 — пружины; 4 — гайка; 5 — шарики

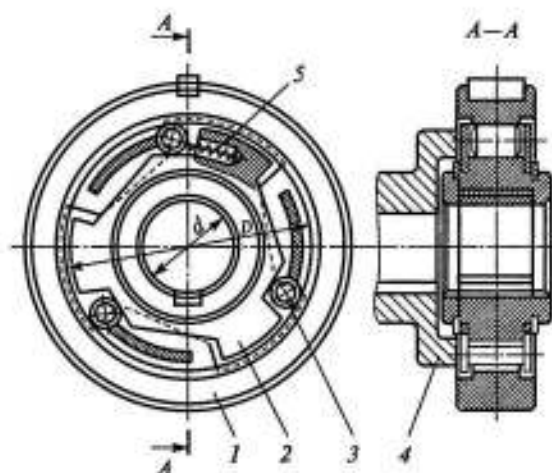


Рис. 3.13. Муфта обгона роликовая:

1 — обойма; 2 — ступица;
3 — ролики; 4 — поводко-
вая вилка; 5 — пружины

вать дополнительное (быстрое) вращение без выключения основной цепи. В станках наиболее широко применяют муфты роликового типа, которые могут передавать вращающий момент в двух направлениях.

В качестве муфт обгона используют также храповые механизмы.

Контрольные вопросы

1. Какие требования предъявляют к станинам и направляющим станков?
2. Расскажите о назначении и конструкциях шпиндельных узлов и подшипников.
3. Какие муфты применяют в станках?

3.3. Приводы главного движения и движения подачи

Комплекс механизмов с источником движения, служащий для приведения в действие исполнительного органа станка с заданными характеристиками скорости и точности, называют *приводом*.

Металлорежущие станки оснащают индивидуальным приводом; на многих станках главное движение, движение подачи, вспомогательные движения осуществляются от отдельных источников — электродвигателей и гидравлических устройств. Изменение скорости может быть бесступенчатым и ступенчатым.

В качестве приводов металлорежущих станков используют электродвигатели постоянного и переменного тока, гидродвигатели и пневмодвигатели. Наибольшее распространение в качестве приводов станков получили электродвигатели. Там, где не требуется

бесступенчатое регулирование частоты вращения вала, применяют асинхронные двигатели переменного тока (как наиболее дешевые и простые). Для бесступенчатого регулирования частоты вращения, особенно в механизмах подачи, все большее применение находят электродвигатели постоянного тока с тиристорным регулированием.

К преимуществам применения электродвигателя в качестве привода относят: высокую скорость вращения, возможность автоматического и дистанционного управления, а также то, что их работа не зависит от температуры окружающей среды.

Среди передач движения от двигателя к рабочим органам станка наибольшее распространение получили механические передачи. По способу передачи движения от ведущего элемента к ведомому механические передачи подразделяются следующим образом:

- передачи трением с непосредственным касанием (фрикционные) или с гибкой связью (ременные);
- передачи зацеплением с непосредственным контактом (зубчатые, червячные, храповые, кулачковые) или с гибкой связью (цепные).

К передачам трением с гибкой связью относятся *ременные передачи* (рис. 3.14). В этих передачах шкивы ведущего *A* и ведомого *B* валов охватывает ремень с определенной силой натяжения *T*, обеспечивающей появление силы трения между ремнем и шкивами, необходимой для передачи усилия. Натяжение, ограничиваемое прочностью ремня, регулируется раздвиганием валов или специальным натяжным устройством.

Ремни изготавливают из кожи, прорезиненной ткани, пластмассы, они имеют различную форму сечения. Ремни с плоским сечением (рис. 3.14, б) используют при передаче большой скорости (50 м/с и выше) с относительно небольшими усилиями. Большие мощности передаются несколькими клиновыми ремнями (рис. 3.14, в) или поликлиновым ремнем (рис. 3.14, г). Передачи ремнями с круглым сечением (рис. 3.14, д) используют при небольших относительных усилиях и в передачах между перекрестными валами. Широко применяют ремни с поликлиновым сечением (см. рис. 3.14, г) для увеличения силы трения (при том же натяжении, что и для плоских ремней).

В фрикционных и ременных передачах всегда происходит проскальзывание между трущимися поверхностями, поэтому реальное передаточное отношение для них

$$i_p = i / (1 - \lambda),$$

где *i* — теоретическое передаточное отношение; $\lambda = 0,01 \dots 0,02$ — коэффициент проскальзывания.

Для исключения проскальзывания используют зубчатые ремни (рис. 3.14, е).

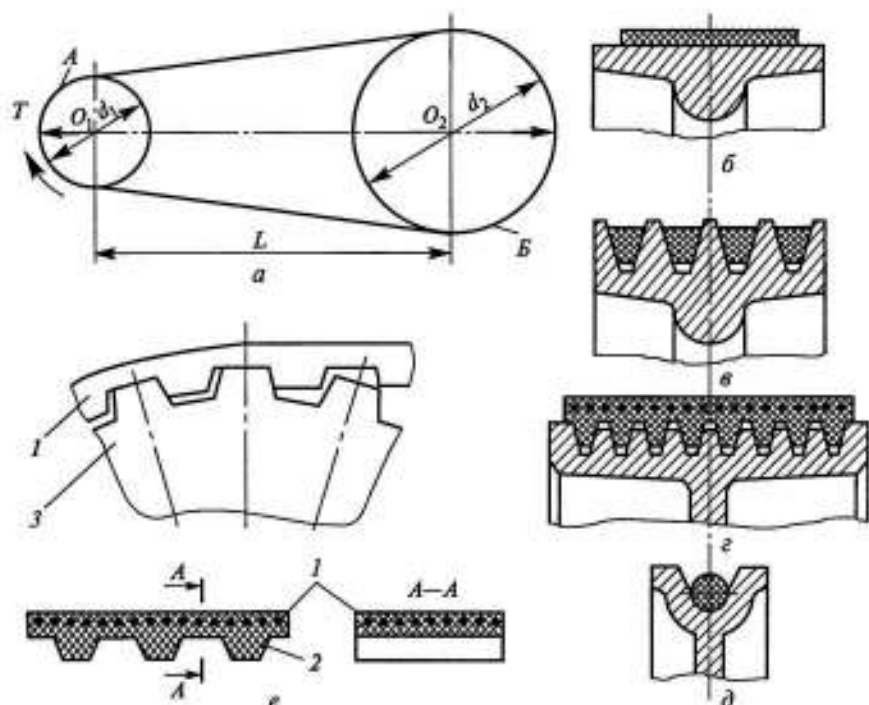


Рис. 3.14. Схема ременной передачи (а) и передачи плоским ремнем (б), клиновым ремнем (в), поликлиновым ремнем (г), круглым ремнем (д), зубчатым ремнем (е):

1 — тянущий металлический трос зубчатого ремня; 2 — основа зубчатого ремня из пластмассы или резины; 3 — шпиль; А — ведущий ролик; O_1 и d_1 — центр вращения и диаметр ведущего ролика соответственно; Б — ведомый ролик; O_2 и d_2 — центр вращения и диаметр ведомого ролика соответственно; Т — сила натяжения ремня;

Л — расстояние между центрами вращения ведущего и ведомого роликов

Ценные передачи (рис. 3.15) (для систем смазки и охлаждения), как и передача зубчатыми ремнями, более стабильно передают скорость вращения на ведомый вал и могут передавать большие мощности.

Зубчатая передача (рис. 3.16) — самая распространенная передача, так как обеспечивает высокую стабильность скоростей вращения, способна передавать большие мощности и имеет относительно малые габаритные размеры. Зубчатые передачи применяют для передачи вращения между валами (параллельными, пересекающимися, перекрещивающимися), а также для преобразования вращательного движения в поступательное (или наоборот). Движение от одного вала к другому передается в результате взаимного зацепления зубчатых колес, образующих кинематическую

пару. Зубья этих колес имеют особую форму. Чаще всего встречается зубчатое зацепление, в котором профиль зубьев очерчен по кривой, называемой эвольвентой окружности или просто эвольвентой, а само зацепление называется эвольвентным.

Привод с коробками зубчатых колес является наиболее распространенным приводом главного движения и движения подач в металлорежущих станках и называется соответственно коробкой скоростей и коробкой подач.

Коробки скоростей (рис. 3.17) различают по компоновке и по способу переключения скоростей. Компоновку коробки скоростей определяет назначение станка и его типоразмер.

Коробки скоростей со сменными колесами используют в станках при сравнительно редкой настройке привода. Коробку характеризует простота конструкции, малые габаритные размеры.

Коробки скоростей с передвижными колесами (рис. 3.17, а) получили широкое применение преимущественно в универсальных станках с ручным управлением.



Рис. 3.15. Цепная передача:

z_1 — ведущая звездочка; z_2 — ведомая звездочка

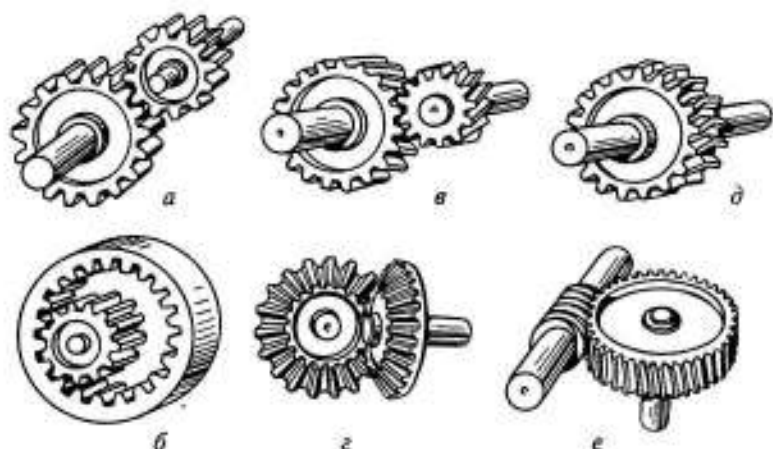


Рис. 3.16. Типы зубчатых передач для вращательных движений:

a и б — прямозубая цилиндрическая передача наружного и внутреннего зацепления соответственно; *в* — косозубая цилиндрическая передача наружного зацепления; *г* — прямозубая коническая передача; *д* — шевронное колесо; *е* — червячная передача

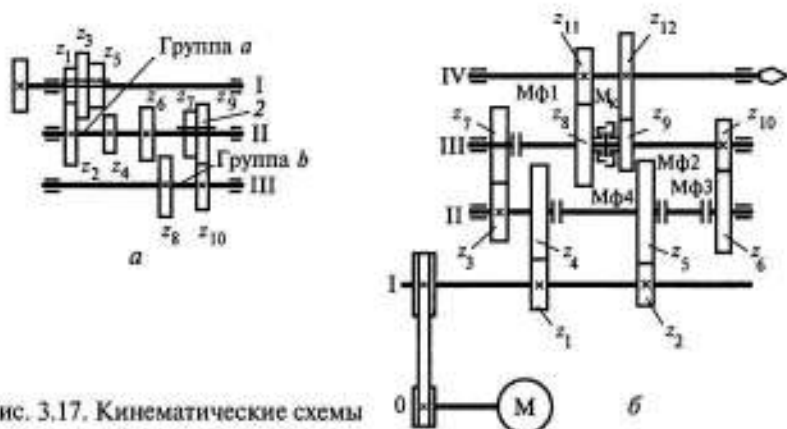


Рис. 3.17. Кинематические схемы коробок скоростей:

a — с передвижными колесами: $z_1, z_2, \dots, z_{10}$ — зубчатые колеса; *б* — с кулачковыми муфтами: 0, I, II, III, IV — валы коробки скоростей; $z_1, z_2, \dots, z_{12}$ — зубчатые колеса; М — электродвигатель; Мф1, Мф2, Мф3, Мф4 — фрикционные муфты; M_k — кулачковая муфта

Недостатками этих коробок являются: необходимость выключения привода перед переключением передач; возможность аварии при нарушении блокировки и одновременном включении между смежными валами двух передач одной группы; относительно большие размеры в осевом направлении.

Коробки скоростей с кулачковыми муфтами (рис. 3.17, б) характеризуются малыми осевыми перемещениями муфт при переключениях, возможностью применения косозубых и шевронных колес, малыми усилиями переключения. К недостаткам относят необходимость выключения и притормаживания привода при переключении скоростей.

Коробки скоростей с фрикционными муфтами в отличие от коробок с кулачковыми муфтами обеспечивают плавное переключение передач на ходу. Кроме недостатков, присущих коробкам с кулачковыми муфтами, они характеризуются также ограниченным передаваемым крутящим моментом, большими габаритными размерами, пониженным КПД и др. Несмотря на это, коробки применяют в станках токарной, сверлильной и фрезерной групп.

Коробки скоростей с электромагнитными и другими муфтами, позволяющими применять дистанционное управление, используют в различных автоматах и полуавтоматах, в том числе в станках с ЧПУ. Для унификации привода главного движения таких станков отечественное станкостроение выпускает унифицированные автоматические коробки скоростей (АКС) семи габаритных размеров, рассчитанные на мощность 1,5...55 кВт; число ступеней скорости — 4...18.

В зависимости от вида используемых механизмов с зубчатыми передачами, служащих для настройки подач, различают следующие *коробки подач*:

- со сменными колесами при постоянном расстоянии между осями валов;
- с передвижными блоками колес;
- со встроенными ступенчатыми конусами (наборами) колес и вытяжными шпонками;
- нортонские (с накидной шестерней);
- с гитарами сменных колес.

Для получения коробок подач с заданными характеристиками их часто конструируют, используя одновременно несколько перечисленных механизмов.

Нортонские коробки применяют в приводах подач винторезных станков благодаря возможности точного осуществления заданных передаточных отношений i' . Преимущества коробок этого типа — малое число зубчатых колес (число колес — на два больше

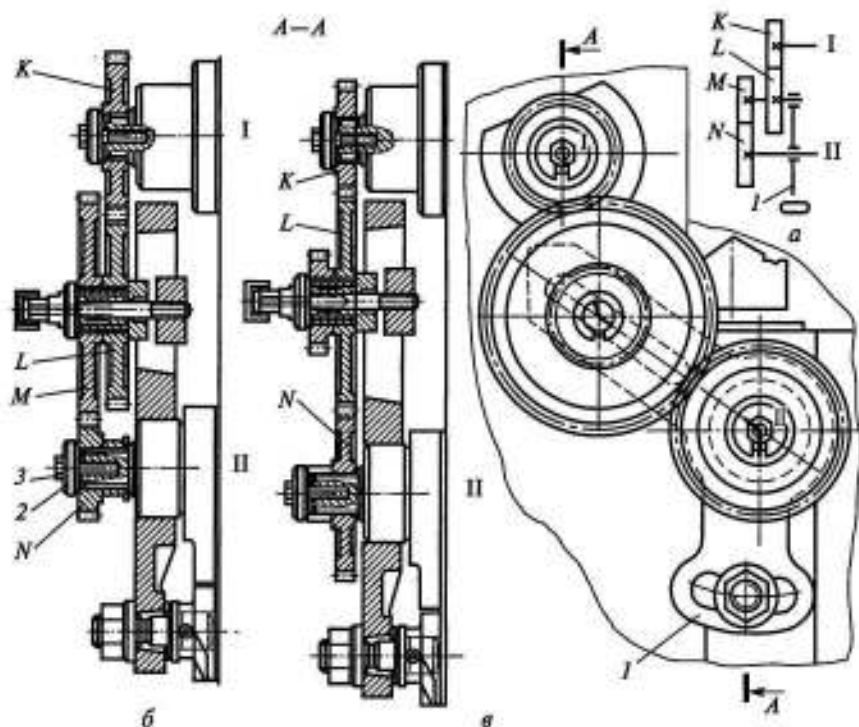


Рис. 3.18. Кинематическая схема (а) и конструкция (б и в) гитары сменных зубчатых колес:

I — кулиса; 2 — гайка; 3 — винт; *K, L, M, N* — шестерни

числа передач), недостатки — низкие жесткость и точность сопряжения включенных колес, возможность засорения передач при наличии выреза в корпусе коробки.

Коробки подач с гитарами сменных колес (рис. 3.18) дают возможность производить настройку подачи с любой степенью точности. Особенности гитар со сменными колесами делают их удобными для применения в станках различных типов, особенно в станках для серийного и массового производства. Такие станки комплектуются соответствующими наборами сменных колес.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение привода и расскажите о приводах, применяемых в станках.
2. Какие основные элементы приводов станков вы знаете?
3. Расскажите о разновидностях и конструкциях коробок скоростей.
4. Какие конструкции коробок подач применяют в станках?

3.4. Общие сведения о технологическом процессе механической обработки

Процесс создания материальных благ называется *производством*.

Часть процесса производства, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда, называют *технологическим процессом*. Технологический процесс может быть отнесен к изделию, его составной части или к методам обработки, формообразования и сборки. К предметам труда относятся заготовки и изделия. В зависимости от метода выполнения различают следующие *элементы технологических процессов*:

- формообразование (литье, формование, гальванопластика);
- обработку (резанием, давлением, термическую, электрофизическую, электрохимическую, нанесение покрытия);
- сборку (сварку, пайку, склеивание, узловую и общую сборку);
- технический контроль.

Законченную часть технологического процесса, выполненную на одном рабочем месте, называют *технологической операцией*. Определение этих терминов дано в ГОСТ 3.1109—82.

На производстве рабочему чаще всего приходится сталкиваться со следующими видами описания технологических процессов по степени их детализации:

- *маршрутное описание технологического процесса* — это сокращенное описание всех технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения, без указания переходов и технологических режимов;

- *операционное описание технологического процесса*, полное описание всех технологических операций в последовательности их выполнения, с указанием переходов и технологических режимов;
- *сокращенное описание технологических операций в маршрутной карте* в последовательности их выполнения, с полным описанием отдельных операций в других технологических документах называется маршрутно-операционным описанием процесса.

Описание *операций* изготовления в их технологической последовательности приводят с соблюдением правил записи этих операций и их кодирования. Например, операции обработки резанием, выполняемые на металлорежущих станках, разбиты на группы. Каждой группе присвоены определенные номера: 08 — программная (операции на станках с программным управлением); 12 — сверлильная; 14 — токарная; 16 — шлифовальная и т.д.

При записи содержания операций используют установленные названия технологических переходов и их условные коды, например: 05 — довести; 08 — заточить; 18 — полировать; 19 — притирать; 30 — точить; 33 — шлифовать; 36 — фрезеровать; 81 — закрепить; 82 — настроить; 83 — переустановить; 90 — снять; 91 — установить.

Часть технологической операции, осуществляемую при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок, называют *установом*. Фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной в приспособлении заготовкой относительно инструмента или неподвижной части оборудования для выполнения определенной части операции, называют *позицией*.

К основным элементам технологической операции относят переходы. *Технологическим переходом* называют законченную часть технологической операции, выполняемую одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных технологических режимах и установке. *Вспомогательным переходом* называют законченную часть технологической операции, состоящую из действий человека и (или) оборудования, которые не сопровождаются изменением свойств предмета труда, но необходимы для выполнения технологического перехода.

При оформлении технологических процессов создается *комплект технологической документации* — совокупность комплектов документов технологических процессов и отдельных документов, необходимых и достаточных для выполнения технологических процессов при изготовлении изделия или его составных частей. Единой системой технологической документации (ЕСТД) предусмотрены следующие документы: маршрутная карта, карта эскизов, операционная карта, ведомость оснастки, ведомость материалов и т.д. Описание содержания технологических операций, т.е. описание маршрутного технологического процесса, приводят в *маршрутной карте* — основном технологическом документе

в условиях единичного и опытного производства, с помощью которого технологический процесс доводится до рабочего места. В маршрутной карте в соответствии с установленными формами указывают данные об оборудовании, оснастке, о материальных и трудовых затратах. Изложение операционного технологического процесса приводят в *операционных картах*, составляемых совместно с картами эскизов.

Технологический документ бывает графическим или текстовым. Он отдельно или в совокупности с другими документами определяет технологический процесс или операцию изготовления изделия. Графический документ, который по своему назначению и содержанию заменяет на данной операции рабочий чертеж детали, называют *операционным эскизом*. Главная проекция на операционном эскизе изображает вид заготовки со стороны рабочего места у станка после выполнения операции. Обрабатываемые поверхности заготовки на операционном эскизе показывают сплошной линией, толщина которой в два-три раза больше толщины основных линий на эскизе. На операционном эскизе указывают размеры обрабатываемых на данной операции поверхностей и их положение относительно баз. Можно приводить также справочные данные с указанием «размеры для справок». На операционном эскизе указывают предельные отклонения в виде чисел или условных обозначений полей допусков и посадок согласно стандартам, а также шероховатость обрабатываемых поверхностей, которая должна быть обеспечена данной операцией.

Правила записи операций и переходов, их кодирования и заполнения карт данными определены стандартами и методическими материалами головной организации по разработке ЕСТД.

Контрольные вопросы

1. Что называют технологическим процессом? Назовите составные части технологических процессов.
2. Что называют технологической операцией? Перечислите основные элементы технологической операции.
3. Расскажите о назначении технологических документов.
4. Изучите основные документы Единой системы технологической документации.

СТАНКИ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ НА НИХ

Глава 4

ТОКАРНЫЕ СТАНКИ И ТЕХНОЛОГИЯ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ

4.1. Основные типы токарных станков и их обработка

Станки токарной группы составляют значительную долю станочного парка. Она включает в себя девять типов (см. табл. 1.1) станков, различающихся по назначению, компоновке, степени автоматизации и другим признакам. Токарные станки предназначены главным образом для обработки наружных и внутренних цилиндрических, конических и фасонных поверхностей, нарезания резьбы и обработки торцовых поверхностей деталей типа тел вращения с помощью разнообразных резцов, сверл, зенкеров, разверток, метчиков и плашек.

Применение в станках дополнительных специальных устройств (для шлифования, фрезерования, сверления радиальных и торцовых отверстий и других видов обработки) значительно расширяет технологические возможности оборудования. В зависимости от расположения шпинделя, несущего приспособление для установки заготовки, токарные станки подразделяют на горизонтальные и вертикальные. Общий вид наиболее часто используемых токарных станков представлен на рис. 4.1.

Основными параметрами токарных станков являются наибольший диаметр заготовки, обрабатываемой над станиной, и наибольшее расстояние между центрами. Важным размером станка является также наибольший диаметр заготовки, обрабатываемой над поперечными салазками суппорта.

Токарные станки отечественного производства имеют цифровое обозначение моделей. Первая цифра 1 в обозначении модели показывает, что станок относится к токарной группе. Вторая цифра указывает на типы станков в группе: 1 — одношпиндельные автоматы и полуавтоматы; 2 — многошпиндельные автоматы и полуавтоматы; 3 — револьверные станки; 5 — карусельные станки и т.д. Две последние цифры определяют важнейшие технические параметры станка: высоту центров над станиной для токарно-вин-

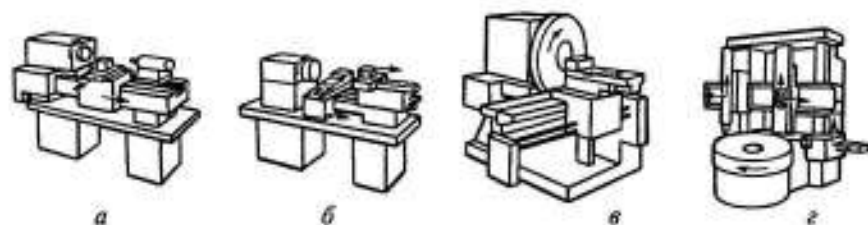


Рис. 4.1. Токарные станки:

а — токарно-винторезный; *б* — токарно-револьверный; *в* — лоботокарный; *г* — токарно-карусельный

торезного, наибольший диаметр обрабатываемого прутка для токарно-револьверного и т. д. Наличие буквы после второй цифры указывает на модернизацию станка, т. е. на обновление конструкции.

Буква (Н, П, В, А, С) в конце цифрового обозначения модели означает точность станка. Например, в обозначении токарно-винторезного станка модели 16К20В цифра 1 означает группу токарных станков, цифра 6 — тип станка (следовательно, к этому типу относится и токарно-винторезный станок), буква К — модернизацию станка, цифра 20 — высоту центров (см), буква В указывает, что станок высокой точности.

Контрольные вопросы

1. Расскажите, какие операции можно выполнить на станках токарной группы с учетом дополнительных специальных устройств.
2. Расшифруйте модель станка 1341.

4.2. Устройство токарно-винторезного станка

Токарно-винторезные станки с ручным управлением являются наиболее универсальными станками токарной группы и используются главным образом в условиях единичного и мелкосерийного производства. Конструктивная компоновка станков этого типа практически одинакова. Станок имеет следующие основные узлы (рис. 4.2):

- станину 7, на которой монтируют все механизмы станка;
- переднюю (шпиндельную) бабку 2, в которой размещают коробку скоростей, шпиндель и другие элементы;
- коробку подач 1, передающую движение от шпинделя к суппорту 11 с необходимым передаточным числом с помощью ходового винта 8 при нарезании резьбы или ходового вала 9 при обработке других поверхностей;

- фартук *10*, в котором вращение винта *8* или вала *9* преобразуется в поступательное движение суппорта *11* с инструментом;
- заднюю бабку *5*, в пиноли которой может быть установлен центр для поддержки обрабатываемой заготовки или осевой инструмент (сверло, развертка и т.п.) для обработки центрального отверстия в заготовке, закрепленной в патроне;
- суппорт *11* служит для закрепления режущего инструмента в резцовой каретке и сообщения ему движения подачи. Суппорт состоит из нижних салазок (каретки), перемещающихся по направляющим *6* станка. По направляющим нижних салазок в направлении, перпендикулярном линии центров, перемещаются поперечные салазки *3*, на которых расположена резцовая каретка *4* с резцедержателями. Резцовая каретка смонтирована на поворотной части, которую можно устанавливать под углом к линии центров станка.

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

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

Наибольшая длина L обрабатываемой детали определяется расстоянием между центрами станка. Выпускаемые станки при одном и том же значении D могут иметь различные значения L .

В зависимости от массы различают легкие токарные станки — до 500 кг ($D = 100 \dots 200$ мм), средние — до 4 т ($D = 250 \dots 500$ мм),

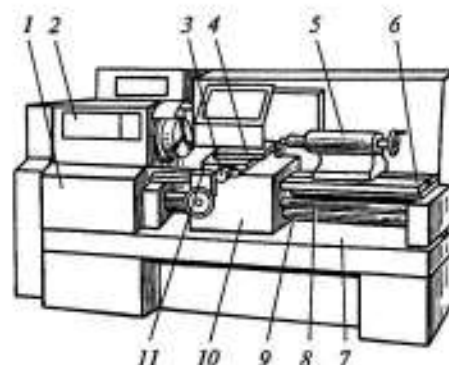


Рис. 4.2. Токарно-винторезный станок:

1 — коробка подач; 2 — передняя (алиндельная) бабка; 3 — поперечные салазки; 4 — резцовая каретка; 5 — задняя бабка; 6 — направляющие; 7 — станина; 8 — ходовой винт; 9 — ходовой вал; 10 — фартук; 11 — суппорт инструментальный

крупные — до 15 т ($D = 630 \dots 1250$ мм) и тяжелые — до 400 т ($D = 1600 \dots 4000$ мм).

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

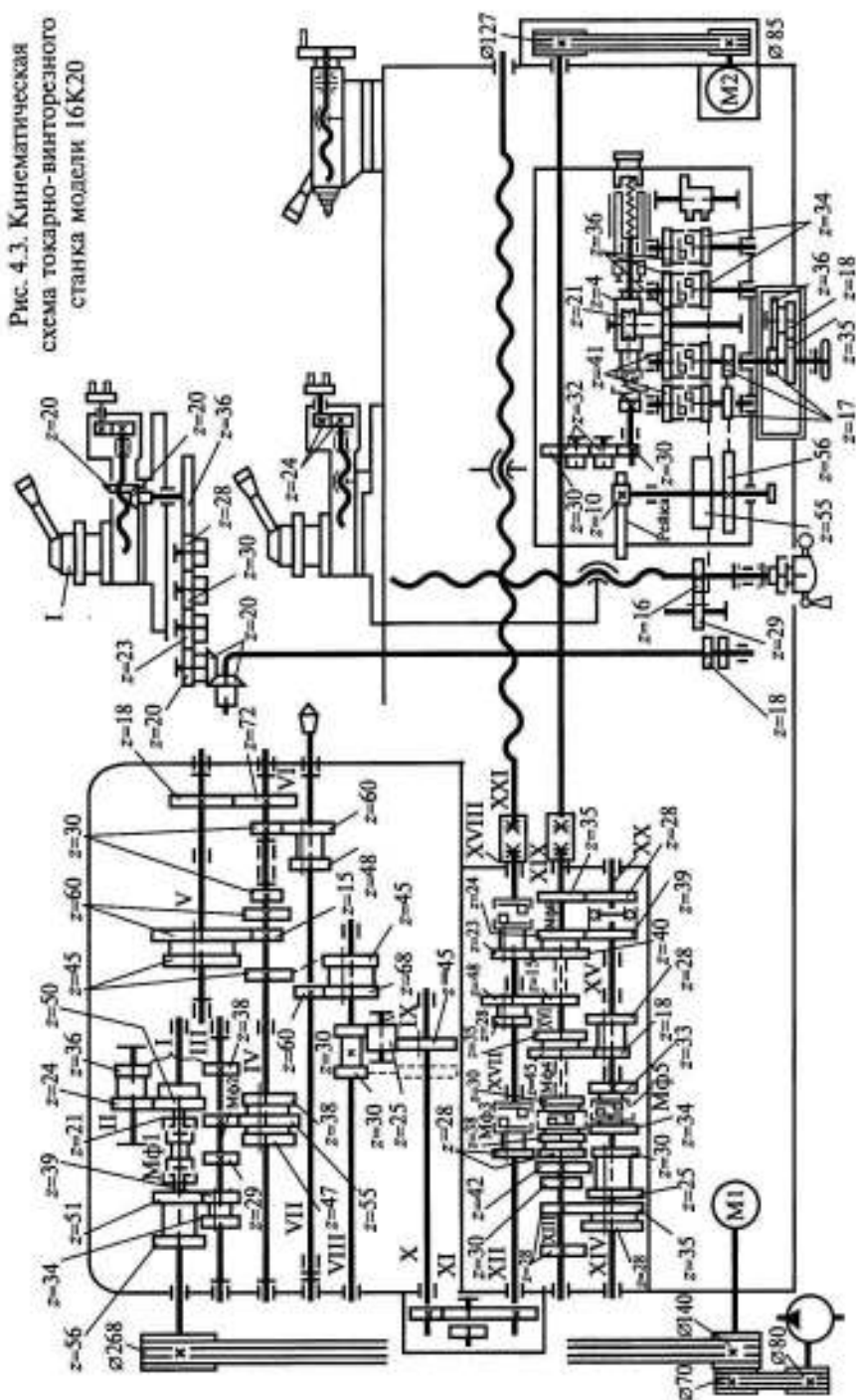
На средних станках производят 70...80 % общего объема токарных работ. Эти станки предназначены для чистовой и получистовой обработки, а также для нарезания резьб разных типов и характеризуются высокой жесткостью, достаточной мощностью и широким диапазоном частот вращения шпинделя и подач инструмента, что позволяет обрабатывать детали на экономичных режимах с применением современных прогрессивных инструментов из твердых сплавов и сверхтвердых материалов. Средние станки оснащают различными приспособлениями, расширяющими их технологические возможности, облегчающими труд рабочего и позволяющими повысить качество обработки; они имеют достаточно высокий уровень автоматизации.

Крупные и тяжелые токарные станки применяют в основном в тяжелом и энергетическом машиностроении, а также в других отраслях для обработки валков прокатных станов, железнодорожных колесных пар, роторов турбин и др.

Кинематическая схема токарно-винторезного станка модели 16К20. Привод главного движения в подавляющем большинстве современных токарно-винторезных станков состоит из односкоростного (реже многоскоростного) асинхронного электродвигателя трехфазного тока и ступенчатой механической коробки скоростей. От электродвигателя М1 с $n_{\text{дв}} = 1460$ мин⁻¹ (рис. 4.3) через клиноременную передачу с диаметром шкивов 140 и 268 мм вращается вал I коробки скоростей, на котором установлены свободно вращающиеся зубчатые колеса с числом зубьев $z = 56$ и $z = 51$ для прямого вращения шпинделя (по часовой стрелке) и $z = 50$ для обратного вращения (против часовой стрелки).

Включение прямого или обратного вращения шпинделя осуществляется с помощью фрикционных муфт Мф1 и Мф2. Вал III получает две скорости вращения через колеса $z = 34$ или $z = 39$. Далее при помощи зубчатых колес $z = 29$, $z = 21$ или $z = 38$ и сцепляющихся с одним из соответствующих венцов $z = 47$, $z = 55$ или $z = 38$ и образующих тройной блок, приводится во вращение вал IV. С этого вала вращение может передаваться непосредственно на шпиндель: через зубчатые колеса $z = 60$ или $z = 30$ на блок с $z = 48$, $z = 60$ или через валы V и VI, образующие вместе с зубчатыми колесами переборную группу. В этом случае вращение передается зубчатыми колесами $z = 45$ или $z = 15$ (на валу IV), сцепляющимися с одним из венцов блока $z = 45$, $z = 60$ (на валу V), и парами колес 18/72 и 30/60.

Рис. 4.3. Кинематическая
схема токарно-винторезного
станка модели 16K20



Минимальная и максимальная частоты прямого вращения шпинделя определяются по уравнениям:

$$n_{\text{шп min}} = n_{\text{дв}} \eta \frac{140}{268} \frac{51}{39} \frac{21}{55} \frac{15}{60} \frac{18}{72} \frac{30}{60} = 12,5 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_{\text{шп max}} = n_{\text{дв}} \eta \frac{140}{268} \frac{56}{34} \frac{38}{38} \frac{60}{48} \approx 1600 \text{ мин}^{-1},$$

где η — коэффициент проскальзывания ременной передачи, в расчетах принимают $\eta = 0,8 \dots 0,9$.

В зависимости от вариантов включения зубчатых колес в коробке скоростей можно получить 22 значения частот вращения шпинделя.

Перемещение суппорта обеспечивает движение подачи (вращение) инструмента в процессе резания. Это вращение осуществляется или непосредственно от шпинделя, или через звено увеличения шага, расположенное в коробке скоростей и имеющее три передаточных отношения. Далее вращение передается через механизм реверса, сменные колеса K, L, M, N , которые могут образовывать двухпарную гитару и однопарную гитару с паразитным колесом, коробку подач и механизм передач на фартук. Механизм реверса состоит из зубчатых колес $z = 30, z = 25$ и $z = 45$, смонтированных на валах VIII, IX, X. Коробка подач имеет две основные кинематические цепи: одну — для нарезания дюймовых и питчевых резьб, а другую — для метрических и модульных. Вторая кинематическая цепь, идущая через муфты Мф4 и Мф5, используется также и для передачи движения на ходовой валик, но при выключенной муфте Мф6.

Быстрые перемещения суппорта осуществляются от отдельного электродвигателя М2 через ременную передачу, вращающую ходовой валик.

Уравнение кинематической цепи для получения минимальной продольной подачи можно записать в следующем виде:

$$S_{\text{min}} = i_{\text{дв, шп}} \frac{60}{60} \frac{30}{45} \frac{40}{86} \frac{86}{64} \frac{28}{28} \frac{28}{35} \frac{18}{45} \frac{15}{48} \frac{23}{40} \frac{24}{39} \frac{28}{35} \frac{30}{30} \frac{4}{21} \frac{36}{41} \frac{41}{66} \frac{17}{66} \pi \cdot 10 \cdot 3 = 0,005 \text{ мм/об},$$

смен-
ные
зубча-
тые
колеса

цепь коробки
подач

цепь фартука

Контрольные вопросы

1. Расскажите о конструктивной компоновке токарно-винторезного станка.

2. Покажите на кинематической схеме токарно-винторезного станка модели 16К20 (см. рис. 4.3) цепи: максимальной и минимальной частоты вращения шпинделя, минимальной продольной подачи суппорта.

3. Рассчитайте по кинематической схеме станка мод. 16К20 максимальную продольную подачу.

4.3. Организация рабочего места токаря

Рабочее место токаря оснащается:

- одним или несколькими станками с комплектом принадлежностей;
- комплектом технологической оснастки, состоящим из приспособлений, режущего, измерительного и вспомогательного инструмента;
- комплектом технической документации, постоянно находящейся на рабочем месте (инструкции, справочники, вспомогательные таблицы и т.д.);
- комплектом предметов ухода за станком и рабочим местом (масленки, щетки, крючки, совки, обтирочные материалы и т.д.);
- инструментальными шкафами, подставками, планшетами, стеллажами и т.п.;
- передвижной и переносной тарой для заготовок и изготовленных деталей;
- подножными решетками, табуретками или стульями, а также телефонной или другими видами связи.

Комплект технологической оснастки и комплект предметов ухода за станком и рабочим местом постоянного пользования устанавливаются в зависимости от характера выполняемых работ, типа станка и типа производства. Наибольшим количеством такой оснастки располагают токари, работающие в условиях единичного и мелкосерийного производства, и значительно меньшим — токари, работающие в условиях серийного и крупносерийного производства.

Планировка рабочего места, как и его оснащение, зависят от многих факторов, в том числе от типа станка и его габаритных размеров, размеров и формы заготовок, типа и организации производства и др. Чаще других применяют два варианта планировки рабочего места токаря:

- инструментальный шкаф (тумбочка) располагается справа от рабочего, а стеллаж (приемный столик) для деталей — слева (рис. 4.4). Такая планировка является рациональной, если преобладает обработка заготовок с установкой в центрах левой рукой;
- инструментальный шкаф (тумбочка) располагается с левой стороны от рабочего, а стеллаж — с правой (рис. 4.5). Такая планировка рабочего места удобна при установке заготовки и снятии обработанной детали правой рукой или двумя руками (при изготовлении длинных и относительно тяжелых деталей). Этот вариант планировки рабочего места наиболее целесообразен в случае

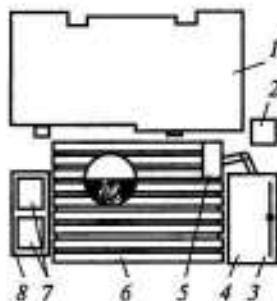


Рис. 4.4. Схема размещения оргнастки на рабочем месте токаря:

1 — станок; 2 — урна для мусора; 3 — планшет для чертежей; 4 — инструментальная тумбочка; 5 — лоток для инструмента; 6 — решетка; 7 — тара; 8 — приемный столик



Рис. 4.5. Планировка рабочего места токаря:

1 — инструментальный шкаф; 2 — планшет для чертежей; 3 — планшет для измерительных инструментов; 4 — ящик для вспомогательного инструмента; 5 — ящики для инструмента и деталей; 6 — стеллаж; 7 — решетка

обработки небольших партий разнотипных заготовок, требующих частой смены режущего инструмента.

В обязанности токаря входят смазка станка и уборка стружки. Токарь периодически должен производить проверку точности работы станка и его регулировку в соответствии с рекомендациями, изложенными в руководстве по эксплуатации.

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

Оптимальная организация рабочего места принесет положительные результаты, если в процессе работы токарь будет предельно внимателен, так как станок является объектом повышенной опасности. Для безопасной работы необходимо правильно назначать режимы резания, надежно закреплять заготовку, применять исправный инструмент со стружколомами, защитные устройства и т.д.

Контрольные вопросы

1. Как оборудуется рабочее место токаря?
2. Какими техническими средствами оснащается рабочее место токаря?
3. Какая существует связь между организацией рационального рабочего места токаря и безопасностью его труда?

4.4. Технология токарной обработки и оснастка

Токарная обработка является наиболее распространенным методом обработки резанием и применяется при изготовлении осесимметричных деталей типа тел вращения (валов, дисков, осей, пальцев, цапф, фланцев, колец, втулок, гаек, муфт и др.). Основные виды токарных работ показаны на рис. 4.6.

В машиностроении большинство деталей получает окончательные формы и габаритные размеры в результате механической обработки заготовки резанием, которое осуществляется путем последовательного удаления режущим инструментом с поверхности заготовки тонких слоев материала в виде стружки. Схема работы резца, его элементы и геометрия, а также режимы резания при точении и других видах токарной обработки приведены в гл. 2.

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

Токарные резцы являются наиболее распространенным инструментом и применяются для обработки плоскостей, цилиндрических и фасонных поверхностей, нарезания резьбы и т. д. (рис. 4.7).

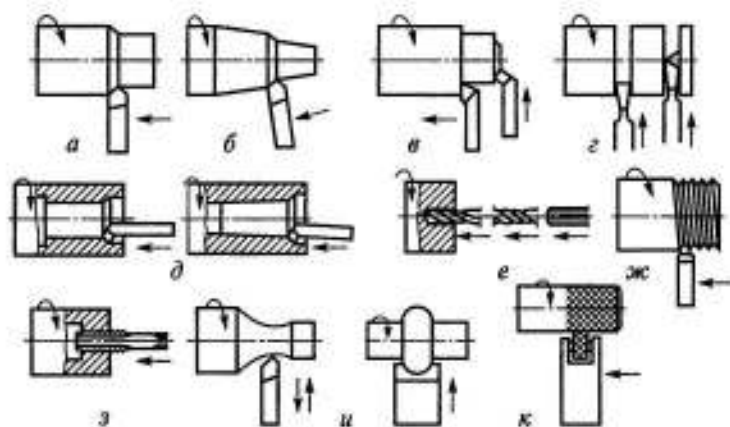


Рис. 4.6. Основные виды токарных работ (стрелками показаны направления перемещения инструмента и вращения заготовки):

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

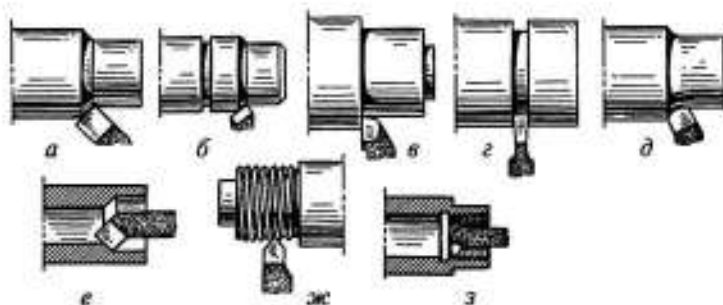


Рис. 4.7. Токарные резцы для различных видов обработки:

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

Сверление является одним из распространенных методов обработки на токарных станках и осуществляется для предварительной обработки отверстий. Предварительно обработать резанием отверстие в сплошном материале можно только с помощью сверла. В зависимости от конструкции и назначения различают сверла: спиральные, перовые, для глубокого сверления, центровочные, эжекторные и др. Наибольшее распространение при токарной обработке получили спиральные сверла. Конструкция и геометрия сверл, а также других инструментов для обработки отверстий и резьб рассмотрены в гл. 2 и 6.

Перемещение режущего инструмента во время токарной обработки и его крепление на токарно-винторезном станке обеспечивают несколько узлов (сборочных единиц). Ниже приведено краткое описание работы некоторых из них.

Суппорт (рис. 4.8) состоит из нижних салазок (продольного суппорта) 1, которые перемещаются по направляющим станины с помощью рукоятки 15 и обеспечивают перемещение резца вдоль заготовки. На нижних салазках по направляющим 12 перемещаются поперечные салазки (поперечный суппорт) 3, которые обеспечивают перемещение резца перпендикулярно к оси вращения заготовки. По направляющим 5 поворотной плиты 4 перемещаются (с помощью рукоятки 13) верхние салазки 11, которые вместе с плитой 4 могут поворачиваться в горизонтальной плоскости относительно поперечных салазок 3 и обеспечивать перемещение резца под углом к оси вращения заготовки. Резцедержатель (он же — четырехпозиционная резцовая головка) крепится к верхним салазкам 11 с помощью рукоятки 9 и позволяет вводить резец в работу с минимальной затратой времени.

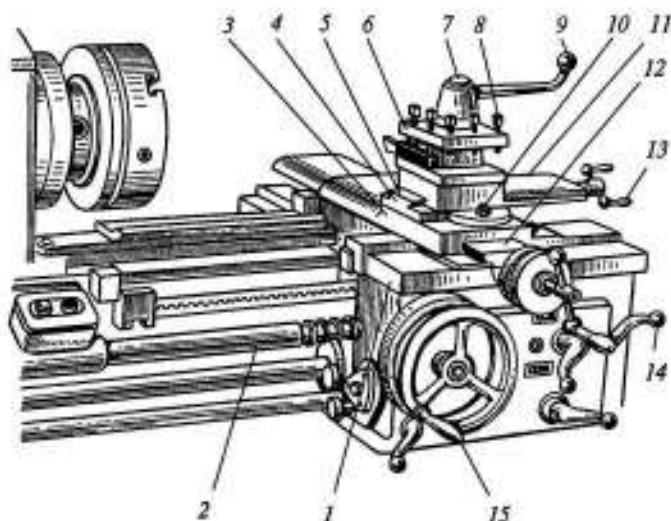


Рис. 4.8. Суппорт:

1 — нижние салазки (продольного суппорта); 2 — ходовой винт; 3 — поперечные салазки суппорта; 4 — поворотная плита; 5 — направляющие; 6 — резцедержатель; 7 — поворотная головка резцедержателя; 8 — винт для крепления резцов; 9 — рукоятка поворота резцедержателя; 10 — гайка; 11 — верхние салазки (продольного суппорта); 12 — направляющие; 13 и 14 — рукоятки; 15 — рукоятка продольного перемещения суппорта

Устройство резцедержателя показано на рис. 4.9. В центрирующей расточке верхних салазок 5 установлена коническая оправка 3 с резьбовым концом. На конусе оправки установлена четырехсторонняя резцовая головка 6. При вращении рукоятки 4 головка 2 перемещается вниз по резьбе конической оправки 3. Шайба 1 и упорный подшипник обеспечивают жесткую посадку резцовой головки 6 на конической поверхности оправки 3. Головка 2 крепится к резцовой головке 6 винтами 7. Резцовая головка удерживается от поворота при закреплении шариком, который заклинивается между поверхностями, образованными пазом в основании конической оправки 3 и отверстием в резцовой головке 6.

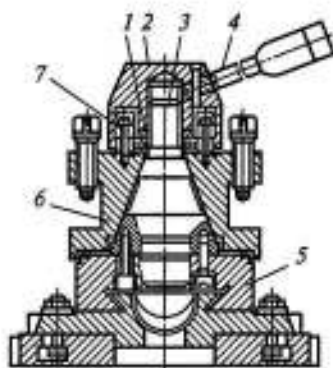


Рис. 4.9. Резцедержатель:

1 — шайба; 2 — головка; 3 — коническая оправка; 4 — рукоятка; 5 — верхние салазки; 6 — четырехсторонняя резцовая головка; 7 — винт

Задняя бабка токарно-винторезного станка предназначена главным образом для поддержания длинных заготовок во время обработки. Она используется также для закрепления инструментов, предназначенных для обработки отверстий (сверл, зенкеров, разверток) и для нарезания резьбы (метчиков, плашек, резьбонарезных головок).

Устройство задней бабки показано на рис. 4.10. В корпусе 1 (при вращении винта 5 маховиком 7) перемещается пиноль 4, закрепляемая рукояткой 3. В пинולי устанавливают центр 2 с коническим хвостовиком (или инструмент). Заднюю бабку перемещают по направляющим станка вручную или с помощью продольного суппорта. В рабочем неподвижном положении заднюю бабку фиксируют рукояткой 6, которая соединена с тягой 8 и рычагом 9. Силу прижима рычага 9 тягой 8 к станине регулируют гайкой 11 и винтом 12. Более жесткое крепление задней бабки производят с помощью гайки 13 и винта 14, который прижимает к станине рычаг 10.

На токарно-винторезных станках, предназначенных для обработки заготовок деталей сложной конфигурации в серийном производстве, крепление различных инструментов производят в многопозиционной поворотной револьверной головке. При поворотах (индексировании) револьверной головки последовательно вводят в действие заранее настроенные на размер инструменты.

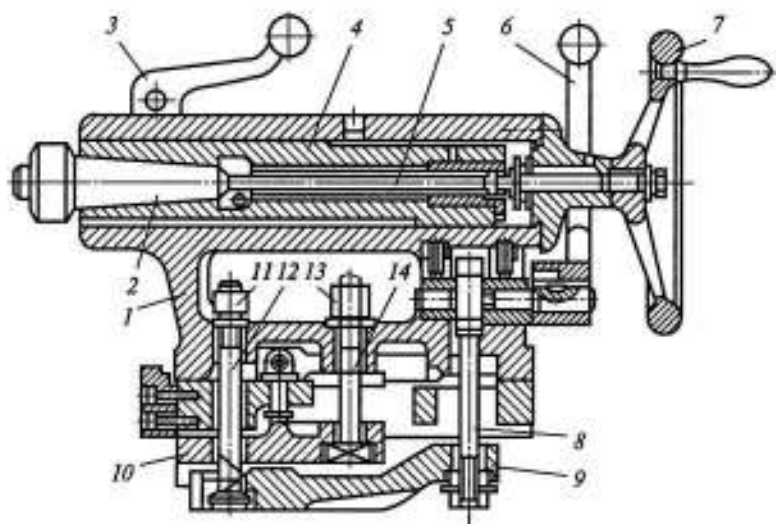


Рис. 4.10. Задняя бабка:

1 — корпус; 2 — центр; 3, 6 — рукоятки; 4 — пиноль; 5, 12 и 14 — винты; 7 — маховик; 8 — тяга; 9, 10 — рычаги; 11, 13 — гайки

В зависимости от назначения приспособления для токарных станков можно разделить на три группы:

- приспособления для закрепления обрабатываемых заготовок;
- вспомогательный инструмент для закрепления режущего инструмента;
- приспособления, расширяющие технологические возможности станков, т. е. позволяющие производить не свойственные этим станкам работы (фрезерование, одновременное сверление нескольких отверстий и т. д.).

Приспособления для закрепления заготовок. Для крепления заготовок на токарных станках применяют двух-, трех- и четырехкулачковые патроны с ручным и механизированным приводом зажима.

Наиболее широко распространен трехкулачковый самоцентрирующий патрон (рис. 4.11). Кулачки 1, 2 и 3 патрона перемещаются одновременно с помощью диска 4. На одной стороне этого диска выполнены пазы (имеющие форму архимедовой спирали), в которых расположены нижние выступы кулачков, а на другой — нарезано коническое зубчатое колесо, сопряженное с тремя коническими зубчатыми колесами 5. При повороте ключом одного из колес 5 диск 4 (благодаря зубчатому зацеплению) также поворачивается и посредством спирали перемещает одновременно и равномерно все три кулачка по пазам корпуса 6 патрона. В зависимости от направления вращения диска кулачки приближаются к центру патрона или удаляются от него, зажимая или освобождая деталь. Кулачки обычно изготавливают трехступенчатыми и для повышения износостойкости закаливают.

Различают кулачки крепления заготовок по внутренней и наружной поверхностям; при креплении по внутренней поверхности заготовка должна иметь отверстие, в котором могут разместиться кулачки.

В трехкулачковых самоцентрирующих патронах закрепляют заготовки круглой и шестигранной формы или круглые прутки большого диаметра.

В двухкулачковых самоцентрирующих патронах закрепляют различные фасонные отливки и поковки; кулачки таких патронов,

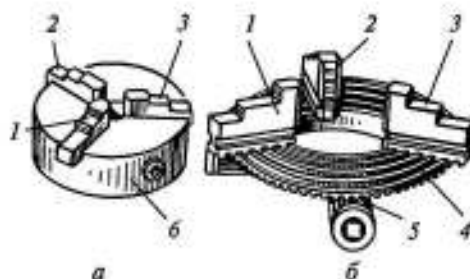


Рис. 4.11. Трехкулачковый самоцентрирующий патрон:
1, 2 и 3 — кулачки; 4 — диск; 5 — зубчатое колесо; 6 — корпус патрона

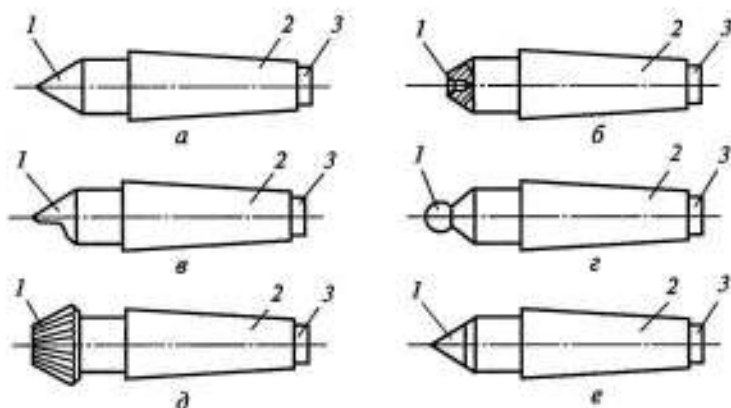


Рис. 4.12. Типы центров:

a — упорный; *б* — обратный; *в* — полуцентр упорный; *г* — со сферической рабочей частью; *д* — с рифленой поверхностью рабочего конуса; *е* — с твердосплавным наконечником; 1 — рабочая часть; 2 — хвостовая часть; 3 — опорная часть

как правило, предназначены для закрепления только одной детали.

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

В зависимости от формы и размеров обрабатываемых деталей применяют различные центры (рис. 4.12). Угол при вершине рабочей части центра (рис. 4.12, *a*) обычно равен 60° . Конические поверхности рабочей 1 и хвостовой 2 частей центра не должны иметь забоин, так как это приводит к погрешностям при обработке

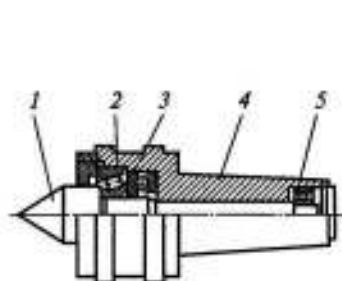


Рис. 4.13. Вращающийся центр:

1 — рабочая часть; 2, 3 и 5 — опоры качения; 4 — хвостовая часть

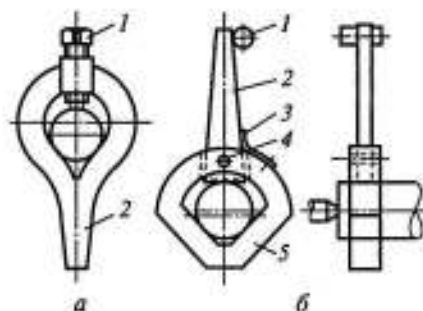


Рис. 4.14. Токарные хомутики:

a — обычный: 1 — винт; 2 — хвостовик; *б* — самозатягивающийся: 1 — упор; 2 — хвостовик; 3 — пружина; 4 — ось; 5 — призма

заготовок. Диаметр опорной части 3 меньше малого диаметра конуса хвостовой части, что позволяет выбивать центр из гнезда без повреждения конической поверхности хвостовой части.

При обработке с большими скоростями резания и нагрузками применяют задние вращающиеся центры (рис. 4.13). В хвостовой части 4 центра на опорах качения 2, 3 и 5 смонтирована ось, на конце которой выполнена рабочая часть 1 центра, что обеспечивает ее вращение вместе с обрабатываемой заготовкой.

Хомуты (рис. 4.14) служат для передачи вращения от шпинделя к обрабатываемой заготовке, установленной в центрах станка. Хомутик надевают на заготовку и закрепляют винтом 1 (рис. 4.14, а), при этом хвостовик 2 хомутика упирается в палец поводкового патрона.

При обработке заготовки в центрах передачу движения ей может осуществлять поводковый патрон через палец-поводок и хомутик, который крепится на детали винтом. Для сокращения вспомогательного времени при черновой обработке в центрах валов диаметром 15...90 мм применяют самозажимные поводковые патроны.

Цанговые патроны применяют главным образом для закрепления холоднотянутого прутка или для повторного зажима заготовок по предварительно обработанной поверхности.

Мембранные патроны применяют в том случае, когда необходимо обработать партию заготовок с высокой точностью центрирования.

Способ установки и закрепления заготовок на станке выбирают в зависимости от их размеров, жесткости и требуемой точности обработки. При соотношении $l/D < 4$ (где l — длина обрабатываемой заготовки, мм; D — диаметр заготовки, мм) заготовки закрепляют в патроне, при $4 < l/D < 10$ — в центрах или в патроне с поджимом задним центром (рис. 4.15), при $l/D > 10$ — в центрах или в патроне и центре задней бабки и с поддержкой люнетом (рис. 4.16).

Самой распространенной является установка обрабатываемой заготовки в центрах станка.

Заготовку обрабатывают в центрах в случае необходимости обеспечения concentричности обрабатываемых поверхностей при пе-

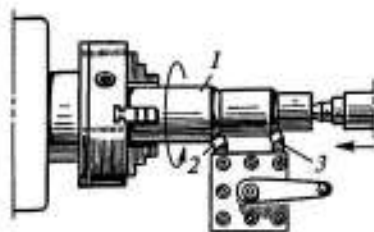


Рис. 4.15. Установка заготовок в патроне с поджимом задним центром:

1 — заготовка; 2 и 3 — резцы

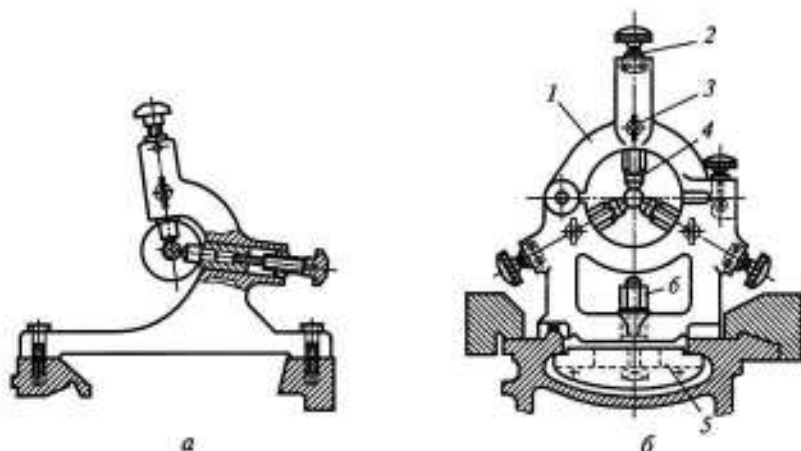


Рис. 4.16. Люнеты:

а — подвижный; *б* — неподвижный: 1 — верхняя (откидная) часть; 2 — винты; 3 — болты; 4 — кулачки или ролики; 5 — планка; 6 — болт с гайкой

реустановке заготовки на станке, если последующую обработку выполняют на шлифовальном станке тоже в центрах и если это предусмотрено технологией обработки.

Заготовки с отверстием устанавливают в центрах с помощью токарных оправок (рис. 4.17).



Рис. 4.17. Токарные оправки:

а — оправка с малой конусностью (обычно 1:2000): 1 — центровое отверстие; 2 — хомут; 3 — оправка; 4 — заготовка; *б* — цилиндрическая оправка: 1 — заготовка; 2 — оправка; 3 — прижимная шайба; 4 — шайба; *в* — разжимная (цанговая) оправка: 1 — заготовка; 2 — коническая оправка; 3, 5 — гайки; 4 — полая оправка; *г* — шпиндельная оправка: 1 — цанга; 2 — заготовка; 3 — разжимная оправка; 4 — патрон; *д* — оправка с упругой оболочкой: 1 — план-шайба; 2 — втулка; 3 — заготовка; 4 — отверстие для ввода гидропласта; 5, 6 — винт

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

Вспомогательный инструмент. Для установки и закрепления режущего инструмента на станке применяют вспомогательный инструмент, который во многом определяет точность и производительность токарной обработки.

В качестве примера рассмотрим вспомогательный инструмент к токарно-револьверным станкам. Принцип работы этого инструмента общий для всех токарных станков; изменяется только хвостовая часть, с помощью которой инструмент устанавливается на станке. На токарно-револьверных станках применяют цилиндрические державки, призматические державки с цилиндрическими хвостовиками и державки сложных форм с цилиндрическими хвостовиками, а также байонетные державки.

Упоры, применяемые на токарно-револьверных станках для ограничения подачи прутка или поворота револьверной головки с горизонтальной осью вращения, бывают жесткие, регулируемые и откидные.

Операции контроля изделия и необходимый для этого измерительный инструмент будут рассмотрены при описании технологии обработки конкретных элементов деталей (например, цилиндрической наружной поверхности, отверстий, конических наружных и внутренних поверхностей). Там же будет приведена технологическая оснастка для обработки этих поверхностей, расширяющая технологические возможности станков этой группы.

Контрольные вопросы

1. Расскажите об основных видах токарной обработки.
2. Какой режущий инструмент применяют при обработке на токарных станках?
3. Как крепится режущий инструмент на токарно-винторезных станках?
4. Расскажите о приспособлениях для крепления заготовок и вспомогательном инструменте для токарных станков.

4.5. Технология обработки наружных цилиндрических и плоских торцовых поверхностей

Особенности обработки твердосплавными резцами. Для наружного продольного чернового и чистового точения применяют проходные резцы. В настоящее время конструкция резцов с напаянными твердосплавными пластинами устарела. За

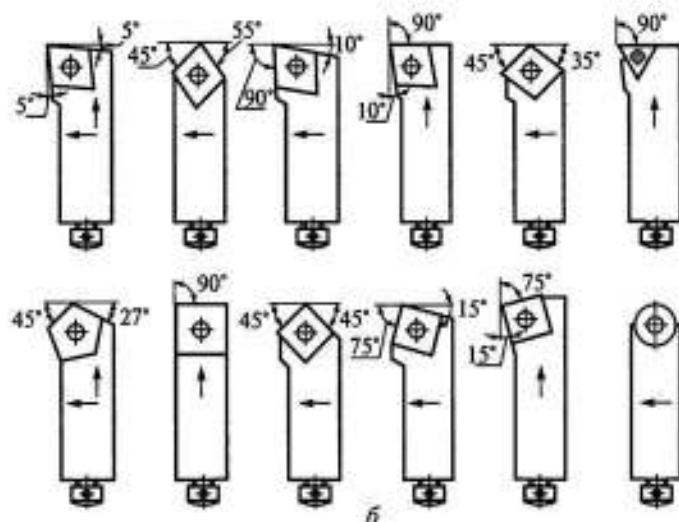
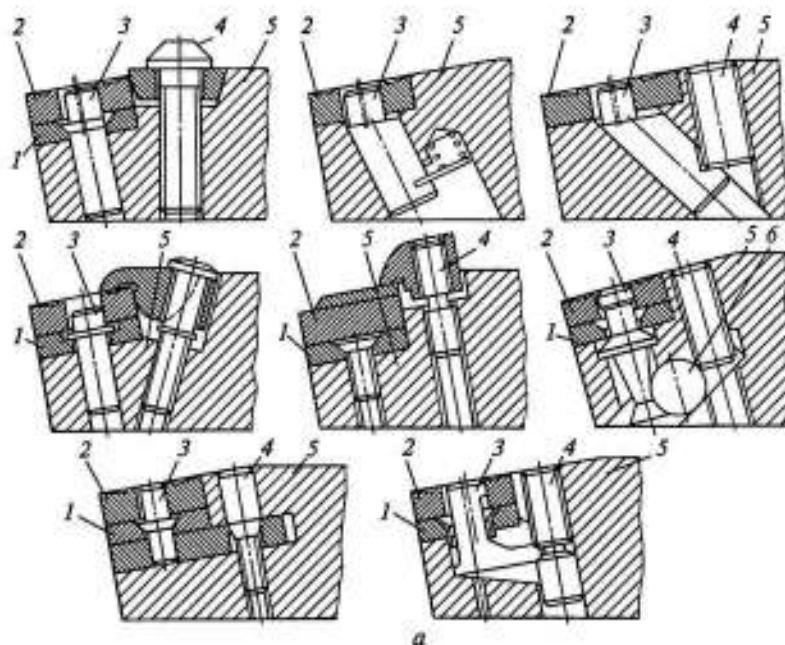
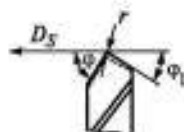


Рис. 4.18. Проходные резцы сборной конструкции (а) и типовые резцовые вставки с механическим креплением многогранных и цилиндрических твердосплавных пластин (б):

1 — подкладка; 2 — пластина; 3 — штифт; 4 — винт; 5 — державка; б — шарик

Рис. 4.19. Прямой проходной резец:

φ и φ_1 — главный и вспомогательный углы в плане; r — радиус скругления при вершине резца; D_S — направление движения подачи



рубежом около 80 % применяемых проходных твердосплавных резцов имеют сборную конструкцию, у нас в стране — только 20 % (рис. 4.18). По сравнению с напаянными резцами сборные имеют следующие преимущества: сокращение расходов на переточку; уменьшение вспомогательного времени на смену и подналадку резцов; экономия твердого сплава.

Прямые проходные резцы изготавливают с главным углом в плане $\varphi = 45, 60$ и 75° (рис. 4.19). Отогнутые проходные резцы (рис. 4.20, а и б) имеют угол $\varphi = 45^\circ$. Они широко применяются для продольного и поперечного точения (т.е. для подрезки торцов). Упорные проходные резцы (рис. 4.20, в) имеют угол $\varphi = 90^\circ$. Они пригодны для обработки деталей с уступами небольших размеров и нежестких деталей.

Особенности обработки резцами из быстрорежущих сталей. Резцы из быстрорежущих сталей имеют такую же форму передней поверхности, как у сборных резцов с пластинками твердого сплава того же назначения, но имеют отличные от них углы резания и размеры элементов головки.

Резцы с плоской передней поверхностью и положительным передним углом γ рекомендуется применять при обработке чугуна, бронзы и стали с подачей $S_0 < 0,2$ мм/об. Резцы с плоской передней поверхностью с фаской применяют при обработке сталей с подачей $S_0 > 0,2$ мм/об. Резцы с криволинейной передней поверхностью с фаской (радиус кривизны поверхности $R = 3 \dots 18$ мм, ширина фаски $b = 2,5 \dots 15$ мм) применяют при обработке сталей. У этих резцов передний угол $\gamma = 20 \dots 25^\circ$, задний угол $\alpha = 8 \dots 12^\circ$.

Чистовая обработка. Для получения поверхности с малой шероховатостью, точной по форме и размерам заготовку подвергают чистовой обработке.

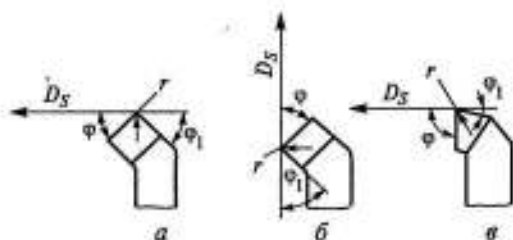


Рис. 4.20. Проходные отогнутые (а и б) и упорные (в) резцы

Если требуемую шероховатость поверхности нельзя получить обычным проходным резцом, то применяют специальные (чистовые) резцы, предназначенные только для чистовой обработки.

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

Особенности обработки резцами с минералокерамическими пластинами. Резцы с неперетачиваемыми минералокерамическими пластинами (типа ЦМ-332) применяют для чистовой и получистовой обработки стали (в том числе закаленной), чугуна, цветных металлов и их сплавов и неметаллических материалов. Минералокерамические пластины обладают очень низкой теплопроводностью и склонны к образованию трещин при быстром нагревании и особенно при быстром охлаждении. Пластины крепят механическим способом (аналогично креплению твердосплавных многогранных пластин). При установке пластины нельзя допускать, чтобы она выступала за головку резца более чем на 1 мм. Пластины разрушаются, как правило, при входе инструмента в зону резания и выходе из нее, поэтому отводить резец от детали нужно только при выключенной подаче. Для обработки напроход применяют резцы с пластинами из оксидно-карбидной минералокерамики (рис. 4.21).

Пластины из оксидно-карбидной минералокерамики типа ВЗ, ВОК-60 и ВОК-63 выпускают треугольной, квадратной, ромбической и круглой форм.

Режущие пластины треугольной формы используют для предварительной чистовой обработки. Наиболее широко распространены пластины квадратной формы, используемые как для черновой (при толщине пластины 8 мм), так и для чистовой (при толщине пластины 4 мм) обработки.

Пластины ромбической формы с углом ромба 75 или 80° в основном применяют для черновой обработки, а с углом ромба 55° — для продольного точения по копиру. Пластины круглой формы чаще применяют при обработке гладких поверхностей без уступов. При обработке резцами, оснащенными режущей минералокерамикой, особое внимание следует обращать на стружколомание и

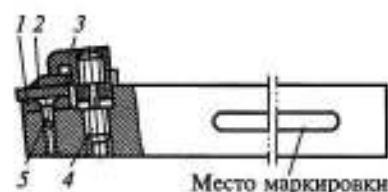


Рис. 4.21. Конструкция резца с минералокерамической пластиной:

1 — опорная пластина из твердого сплава; 2 — режущая пластина из минералокерамики; 3 — прихват; 4 — дифференциальный винт; 5 — винт

удаление стружки из зоны резания. Это обеспечивается регулированием вылета накладного стружколома относительно режущей кромки пластины и установкой накладного стружколома под углом $30 \dots 35^\circ$ относительно режущей кромки.

Особенности обработки резцами со вставками из эльбора и поликристаллических сверхтвердых материалов (СТМ). Резцы из эльбора-Р и СТМ применяют при необходимости повышения производительности ($v = 400 \dots 800$ м/мин) и улучшения качества обработки деталей из высокопрочных и закаленных сталей, чугуна, твердых сплавов и т. п. Конструкция резца, оснащенного вставкой из СТМ, показана на рис. 4.22. Рабочие поверхности резца после заточки должны быть доведены. Обязательным условием эффективного использования инструмента, оснащенного вставками из эльбора-Р и СТМ, является его переточка на специализированном оборудовании.

Режимы резания проходными резцами из различных инструментальных материалов см. в гл. 2.

Особенности обработки торцовых поверхностей (рис. 4.23). Торцы и уступы обрабатывают подрезными, проходными отогнутыми или проходными упорными резцами.

Подрезной резец предназначен для обработки наружных торцовых поверхностей. При подрезании торца движение подачи резца осуществляется перпендикулярно к оси обрабатываемой заготовки. Подрезной резец (рис. 4.23, б) позволяет обрабатывать различные торцовые и другие поверхности с продольным и поперечным движениями подачи.

Подрезные резцы изготовляют с пластинами из быстрорежущих сталей и сборные, с пластинами из твердых сплавов. Главный задний угол $\alpha = 10 \dots 15^\circ$, передний угол γ выбирают в зависимости от обрабатываемого материала.

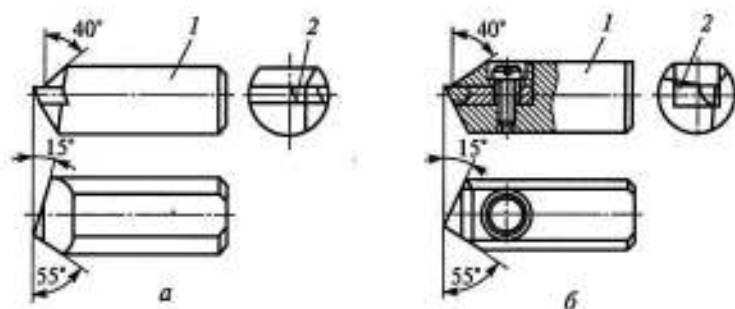


Рис. 4.22. Конструкция резца, оснащенного вставкой из СТМ, впаянной (а) и механически закрепленной (б):

1 — державка; 2 — вставка из СТМ

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

Обработка канавок и отрезка. Узкие канавки обрабатывают прорезными резцами. Форма режущей кромки резца соответствует форме обрабатываемой канавки. Прорезные резцы (рис. 4.24) бывают прямые и отогнутые, которые, в свою очередь, делятся на правые и левые. Чаще применяют правые прямые и левые отогнутые прорезные резцы.

Жесткость детали не всегда позволяет прорезать канавки заданной ширины за один проход резца. Канавку шире 5 мм в нежесткой детали прорезают за несколько проходов резца с поперечным движением подачи. На торцах и по диаметру канавки оставляют припуск 0,5...1 мм для чистовой обработки, которую выполняют этим же резцом или канавочным резцом с размером режущей кромки, равным заданному размеру канавки.

Заготовки и детали отрезают отрезными резцами (рис. 4.25). Ширина режущей кромки отрезного резца зависит от диаметра отрезаемой заготовки и может быть равна 3; 4; 5; 6; 8 и 10 мм. Длина l головки отрезного резца должна быть несколько больше половины диаметра d прутка, от которого отрезают заготовку ($l > 0,5d$).

Отрезные резцы изготавливают цельными, а также с пластинами из быстрорежущей стали или твердого сплава. Для уменьшения трения между резцом и разрезаемым материалом головка резца сужается к стержню под углом $1...2^\circ$ (с каждой стороны резца), угол $\lambda = 0^\circ$, задний угол $\alpha = 12^\circ$.

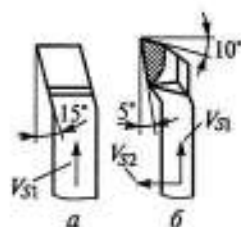


Рис. 4.23. Подрезные резцы:

a — для обработки наружных торцов; *б* — для работы с продольной V_{S1} и поперечной V_{S2} подачами

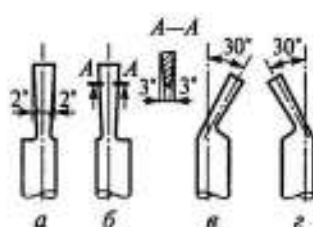


Рис. 4.24. Прорезные резцы:

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

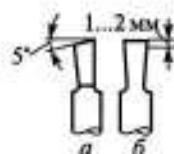


Рис. 4.25. Отрезные резцы:

a — для получения ровного торца у отрезаемой детали; *б* — для уменьшения шероховатости поверхности, полученной после отрезки

Отрезные резцы следует устанавливать под прямым углом к оси обрабатываемой заготовки. Установка режущей кромки резца выше оси обрабатываемой заготовки (даже на 0,1—0,2 мм) может привести к его поломке, а при установке режущей кромки резца ниже оси заготовки на торце детали остается необработанный выступ. Расстояние от торца приспособления для закрепления прутка до обработанного торца прутка не должно превышать диаметра отрезаемого прутка.

При отрезке хрупкого материала заготовка отламывается раньше, чем резец подойдет к центру заготовки, в результате чего на торце заготовки остается выступ (бобышка). Для получения ровного торца режущую кромку резца выполняют под углом 5...10° (рис. 4.25, а).

Для уменьшения шероховатости поверхности, полученной после отрезки, на задних вспомогательных поверхностях резца делают фаски шириной 1...2 мм (рис. 4.25, б). Поперечная подача при обработке канавок — 0,05...0,3 мм/об (для стальных деталей диаметром до 100 мм).

Скорость резания при обработке канавок и отрезке заготовок — 25...30 м/мин для резцов из быстрорежущих сталей и 125...150 м/мин для твердосплавных резцов.

Контроль деталей. Наиболее распространенным инструментом для измерения размеров деталей, полученных после черновой и полустойковой обработки, является штангенциркуль (рис. 4.26).

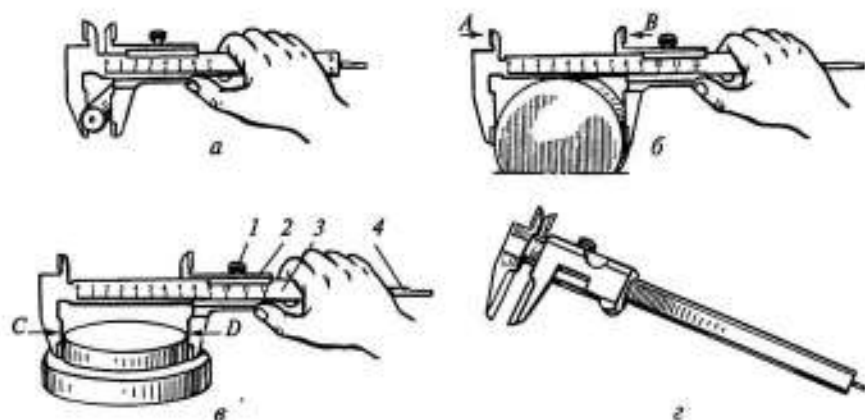


Рис. 4.26. Измерения штангенциркулем:

а — правильное измерение небольшого диаметра; б — неправильное измерение; в — правильное измерение большого диаметра; г — штангенциркуль с цифровой индикацией; А и В — губки для измерения внутренних поверхностей; С и D — губки для измерения наружных поверхностей; 1 — винт; 2 — каретка нониуса; 3 — линейка; 4 — ножка для измерения уступов и углублений.

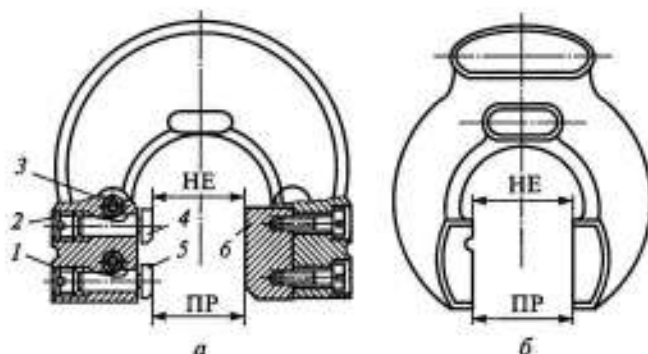


Рис. 4.27. Предельная скоба регулируемая (а) и нерегулируемая (б):

1, 2 и 3 — винты; 4, 5 — измерительные головки; 6 — опорная поверхность; PR и HE — соответственно проходной и непроходной размеры

Губки *C* и *D* предназначены для измерения наружных, а губки *A* и *B* — для измерения внутренних поверхностей, с помощью ножки 4 измеряют уступы и углубления. Размер с точностью до 1 мм измеряют по линейке 3, а с точностью до 0,1 мм — по нониусу на каретке 2. После замера губки фиксируют винтом 1.

Наиболее удобным для определения размеров является штангенциркуль с цифровой индикацией (рис. 4.26, *г*).

В условиях серийного производства детали измеряют предельными регулируемыми (рис. 4.27, *а*) и нерегулируемыми (рис. 4.27, *б*) скобами. Особенностью скоб различных конструкций является то, что с их помощью оценивают два размера обработанной детали:

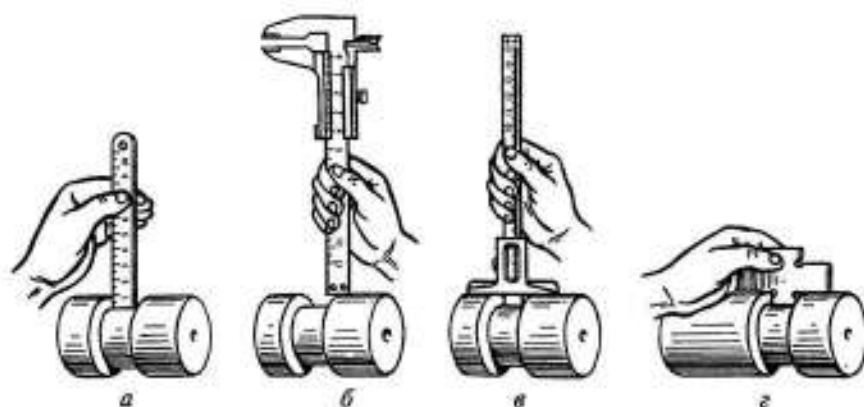


Рис. 4.28. Измерение глубины канавки:

а — линейкой; *б* — штангенциркулем; *в* — штангенглубиномером; *г* — шаблоном-уступомером

первый — с наибольшим отклонением, а второй — с наименьшим. Размер с наибольшим отклонением обозначается ПР (проходной), а размер с наименьшим отклонением — НЕ (непроходной). В регулируемых скобах размеры НЕ и ПР настраивают перемещением измерительных головок.

Контроль наружных уступов, торцов и канавок. Глубину канавок на наружной поверхности детали измеряют линейкой, штангенциркулем, штангенглубиномером и шаблоном-уступомером (рис. 4.28).

Ширину обработанного участка до уступа измеряют линейкой в том случае, если не требуется большой точности измерения. При более высоких требованиях к точности измерения лучше использовать штангенциркуль, а при серийном производстве деталей — шаблон-уступомер. Проходная сторона шаблона (ПР) при измерении должна упираться в обработанную цилиндрическую поверхность детали, а непроходная сторона (НЕ) — в наружную цилиндрическую поверхность детали.

Контрольные вопросы

1. Какие резцы применяют для обработки наружных поверхностей?
2. Как влияют разные значения элементов (углов) резцов на процесс обработки наружных цилиндрических поверхностей?
3. Расскажите об условиях применения резцов с пластинами из твердого сплава, из быстрорежущей стали, с минералокерамическими пластинами, со вставками из эльбора и поликристаллических сверхтвердых материалов.
4. Расскажите об основных параметрах, определяющих режимы резания при точении.
5. Назовите резцы и режимы резания, применяемые при обработке торцов и уступов.
6. Расскажите о способах протачивания канавок и отрезки заготовок.
7. Какие резцы и режимы резания применяют при отрезных работах?
8. Как устроен штангенциркуль, предельные скобы и как ими пользоваться?
9. Расскажите о способах обработки торцовых поверхностей.
10. Как измеряют уступы и канавки?

4.6. Технология обработки цилиндрических отверстий

На токарных станках обработка цилиндрических отверстий производится сверлами, зенкерами, развертками и расточными оправками с закрепленными в них резцами.

Сверление. Главное движение резания при сверлении — вращательное, оно выполняется заготовкой; движение подачи — поступательное, выполняется инструментом. Перед началом работы

проверяют совмещение вершин переднего и заднего центров токарного станка. Заготовку устанавливают в патрон и проверяют, чтобы ее биение (эксцентricность) относительно оси вращения не превышало припуска, снимаемого при наружном обтачивании. Проверяют биение торца заготовки, при котором будет обрабатываться отверстие, и выверяют заготовки по торцу. Перпендикулярность торца заготовки к оси ее вращения можно обеспечить подрезкой торца. При этом в центре заготовки можно выполнить углубление для обеспечения нужного направления сверла и предотвращения его увода и поломки.

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

Для крепления сверл с цилиндрическими хвостовиками (диаметром до 16 мм) применяют сверлильные кулачковые патроны (см. гл. 6), которые устанавливают в пиноли задней бабки.

Перед сверлением отверстий заднюю бабку перемещают по станине на такое расстояние от заготовки, чтобы сверление можно было производить на требуемую глубину при минимальном выдвигании пиноли из корпуса задней бабки. Перед началом сверления заготовку приводят во вращение включением шпинделя.

Сверло плавно (без удара) подводят вручную (вращением маховика задней бабки) к торцу заготовки и производят сверление на небольшую глубину (надсверливают). Затем отводят инструмент, останавливают заготовку и проверяют точность расположения отверстия. Для того чтобы сверло не сместилось, предварительно производят центрование заготовки коротким спиральным сверлом большого диаметра или специальным центровочным сверлом с углом при вершине 90°. Благодаря этому в начале сверления поперечная кромка сверла не работает, что уменьшает смещение сверла относительно оси вращения заготовки. Для замены сверла маховик задней бабки поворачивают до тех пор, пока пиноль не займет в корпусе бабки крайнее правое положение, в результате чего сверло выталкивается винтом из пиноли. Затем в пиноль устанавливают нужное сверло.

При сверлении отверстия, глубина которого больше его диаметра, сверло (также как при работе на сверлильных станках), периодически выводят из обрабатываемого отверстия и очищают канавки сверла и отверстие заготовки от накопившейся стружки.

При ручном управлении станком трудно обеспечить постоянную скорость движения подачи. Для стабилизации скорости подачи используют различные устройства. Для механической подачи сверла его закрепляют в резцедержателе. Сверло 1 с цилиндрическим хвостовиком (рис. 4.29, а) с помощью прокладок 2 и 3 устанавливают в резцедержателе так, чтобы ось сверла совпала с линией центров. Сверло 1 с коническим хвостовиком

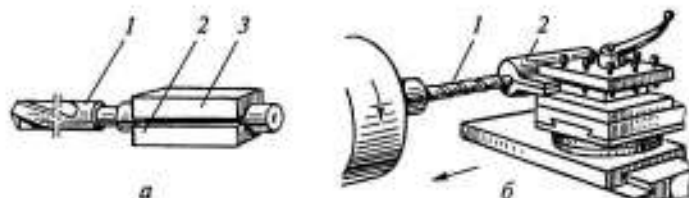


Рис. 4.29. Крепление в резцедержателе сверла:

а — с цилиндрическим хвостовиком: 1 — сверло; 2 и 3 — прокладки; *б* — с коническим хвостовиком: 1 — сверло; 2 — державка

(рис. 4.29, *б*) устанавливают в державке 2, которую крепят в резцедержателе.

После выверки совпадения оси сверла с линией центров суппорт со сверлом вручную подводят к торцу заготовки и обрабатывают пробное отверстие минимальной глубины, а затем включают механическую подачу суппорта. При сверлении напроход перед выходом сверла из заготовки скорость механической подачи значительно уменьшают или отключают подачу и заканчивают обработку вручную.

При сверлении отверстий диаметром 5...30 мм скорость подачи $S_0 = 0,1 \dots 0,3$ мм/об для стальных деталей и $S_0 = 0,2 \dots 0,6$ мм/об для чугуновых деталей.

Для получения более точных отверстий и для уменьшения ухода сверла от оси детали используют **рассверливание**, т.е. сверление отверстия в несколько приемов. При сверлении отверстий большого диаметра (свыше 30 мм) также прибегают к рассверливанию для уменьшения осевого усилия. Режимы резания при рассверливании отверстий те же, что и при сверлении.

Зенкерование. Зенкером обрабатывают отверстия, предварительно штампованные, литые или просверленные. Зенкерование может быть как предварительной (перед развертыванием), так и окончательной обработкой. Кроме обработки отверстий, зенкеры применяются иногда для обработки торцовых поверхностей заготовок.

Для повышения точности зенкерования (особенно при обработке литых или штампованных глубоких отверстий) рекомендуется предварительно расточить (резцом) отверстие до диаметра, равного диаметру зенкера, на глубину, примерно равную половине длины рабочей части зенкера.

Зенкеры, как и сверла, устанавливают на токарных станках чаще всего в задней бабке или револьверной головке.

Развертывание. Для получения на токарных станках отверстий высокой точности и заданного качества обрабатываемой поверхности применяют развертывание.

При работе чистовыми развертками на токарных и токарно-револьверных станках применяют качающиеся оправки, которые компенсируют несовпадение оси отверстия с осью развертки. Для того чтобы обеспечить высокое качество обработки, сверление, зенкерование (или растачивание) и развертывание отверстия производят за одну установку заготовки в патроне станка.

Выбор режимов резания при обработке цилиндрических отверстий стержневыми инструментами на токарных станках производят по тем же таблицам справочника [24], что и при обработке на сверлильных станках (см. гл. 2). Однако, учитывая малую жесткость крепления стержневых инструментов на станках токарной группы, расчетные значения режимов на практике уменьшают.

Растачивание. Если диаметр отверстия превышает диаметр стандартных сверл или зенкеров, то такое отверстие растачивают. Растачивание применяют также при обработке отверстий с неравномерным припуском или с непрямолинейной образующей.

В зависимости от назначения различают токарные расточные резцы для обработки сквозных и глубоких отверстий. У токарных расточных стержневых резцов консольная часть выполнена круглой, а стержень для крепления резцов — квадратным; такими резцами можно растачивать отверстия диаметром 30...65 мм. Для повышения виброустойчивости режущая кромка резцов выполнена по оси стержня.

На токарно-револьверных станках применяют расточные резцы круглого сечения, которые крепятся в специальных оправках-державках (рис. 4.30).

Форма передней поверхности и все углы у расточных резцов (за исключением заднего) принимаются такими же, как и у проходных, применяемых при наружном точении. Углы резания у расточных резцов можно изменять путем установки режущей кромки резцов относительно продольной оси детали (выше или ниже оси).

При растачивании резец находится в более тяжелых условиях, чем при наружном продольном точении, так как ухудшаются условия для отвода стружки, подвода СОЖ и отвода тепла.

Расточный резец по сравнению с токарным имеет меньшую площадь сечения державки и больший вылет, что обуславливает отжим резца и способствует возникновению вибраций; поэтому при растачивании, как правило, снимается стружка меньшего размера и снижается скорость резания.

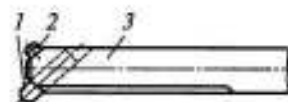


Рис. 4.30. Расточный резец, применяемый на токарно-револьверных станках:

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

При черновом растачивании стали принимают глубину резания до 3 мм; продольную подачу — 0,08...0,2 мм/об; скорость резания — около 25 м/мин для резцов из быстрорежущей стали и 50...100 м/мин для твердосплавных резцов.

При чистовом растачивании глубина резания не превышает 1 мм, продольная подача — 0,05...0,1 мм/об, скорость резания — 40...80 м/мин для резцов из быстрорежущей стали и 150...200 м/мин для твердосплавных резцов.

Контрольные вопросы

1. Расскажите о способах крепления сверл на токарных станках.
2. Когда применяют рассверливание, зенкерование и развертывание отверстий? Как выполняют эти операции на токарных станках?
3. Какие резцы применяют для обработки глухих и сквозных отверстий на токарных станках?
4. Чем лимитированы режимы резания при растачивании?

4.7. Технология обработки конических поверхностей

Общие сведения о конусах. Коническая поверхность характеризуется следующими параметрами (рис. 4.31): меньшим d и большим D диаметрами и расстоянием l между плоскостями, в которых расположены окружности диаметрами D и d . Угол α называется углом наклона конуса, а угол 2α — углом конуса.

Отношение $K = (D - d)/l$ называется конусностью и обычно обозначается со знаком деления (например, 1:20 или 1:50), а в некоторых случаях — десятичной дробью (например, 0,05 или 0,02).

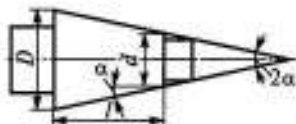
Отношение $Y = (D - d)/(2l) = \tan \alpha$ называется уклоном.

Способы обработки конических поверхностей. При обработке валов часто встречаются переходы между поверхностями, имеющие коническую форму. Если длина конуса не превышает 50 мм, то его обработку можно производить врезанием широким резцом. Угол наклона режущей кромки резца в плане должен соответствовать углу наклона конуса на обработанной детали. Резцу сообщают поперечное движение подачи.

Для уменьшения искажения образующей конической поверхности и уменьшения отклонения угла наклона конуса необходимо устанавливать режущую кромку резца по оси вращения обрабатываемой детали.

Рис. 4.31. Геометрия конуса:

d и D — меньший и больший диаметры; l — расстояние между плоскостями; α — угол наклона конуса; 2α — угол конуса



Следует учитывать, что при обработке конуса резцом с режущей кромкой длиной более 15 мм могут возникнуть вибрации, уровень которых тем выше, чем больше длина обрабатываемой детали, меньше ее диаметр, меньше угол наклона конуса, чем ближе расположен конус к середине детали, чем больше вылет резца и меньше прочность его закрепления. В результате вибраций на обрабатываемой поверхности появляются следы и ухудшается ее качество. При обработке широким резцом жестких деталей вибрации могут отсутствовать, но при этом возможно смещение резца под действием радиальной составляющей силы резания, что приводит к нарушению настройки резца на требуемый угол наклона. (Смещение резца зависит от режима обработки и направления движения подачи.)

Конические поверхности с большими уклонами можно обрабатывать при повороте верхних салазок суппорта с резцедержателем (рис. 4.32) на угол α , равный углу наклона обрабатываемого конуса. Подача резца производится вручную (рукояткой перемещения верхних салазок), что является недостатком этого метода, поскольку неравномерность ручной подачи приводит к увеличению шероховатости обработанной поверхности. Указанным способом обрабатывают конические поверхности, длина которых соизмерима с длиной хода верхних салазок.

Коническую поверхность большой длины с углом $\alpha = 8 \dots 10^\circ$ можно обрабатывать при смещении задней бабки (рис. 4.33)

$$h = L \sin \alpha.$$

При малых углах $\sin \alpha \approx \tan \alpha$

$$h = L(D - d)/(2l),$$

где L — расстояние между центрами; D — больший диаметр; d — меньший диаметр; l — расстояние между плоскостями.

Если $L = l$, то $h = (D - d)/2$.

Смещение задней бабки определяют по шкале, нанесенной на торце опорной плиты со стороны маховика, и риске на торце корпуса задней бабки. Цена деления на шкале обычно 1 мм. При

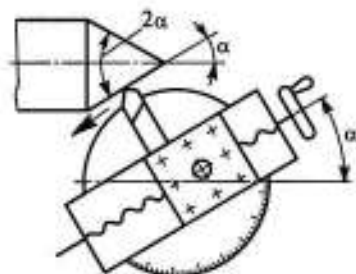


Рис. 4.32. Обработка конической поверхности путем поворота верхних салазок суппорта:

2α — угол конуса; α — угол наклона конуса

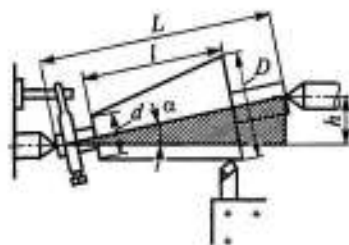


Рис. 4.33. Обработка конической поверхности путем смещения задней бабки:

d и D — меньший и больший диаметры; l — расстояние между плоскостями; L — расстояние между центрами; h — смещение заднего центра; α — угол наклона конуса

отсутствии шкалы на опорной плите смещение задней бабки отсчитывают по линейке, приставленной к опорной плите.

Для обеспечения одинаковой конусности партии деталей, обрабатываемых этим способом, необходимо, чтобы размеры заготовок и их центровых отверстий имели незначительные отклонения. Поскольку смещение центров станка вызывает износ центровых отверстий заготовок, рекомендуется обработать конические поверхности предварительно, затем исправить центровые отверстия и после этого произвести окончательную чистовую обработку. Для уменьшения разбивки центровых отверстий и износа центров целесообразно последние выполнять со скругленными вершинами.

Достаточно распространенной является обработка конических поверхностей с применением копирных устройств. К станине станка крепится плита 7 (рис. 4.34, а) с копирной линейкой 6, по которой перемещается ползун 4, соединенный с суппортом 1 станка тягой 2 с помощью зажима 3. Для свободного перемещения суппорта в поперечном направлении необходимо отсоединить винт поперечного движения подачи. При продольном перемещении суппорта 1 резец получает два движения: продольное от суппорта и поперечное от копирной линейки 6. Поперечное перемещение зависит от угла поворота копирной линейки 6 относительно оси 5 поворота. Угол поворота линейки определяют по делениям на плите 7, фиксируя линейку болтами 8. Движение подачи резца на глубину резания производят рукояткой перемещения верхних салазок суппорта. Наружные конические поверхности обрабатывают проходными резцами.

Способы обработки внутренних конических поверхностей. Обработку внутренней конической поверхности 4 заготовки (рис. 4.34, б) производят по копиру 2, установленному в пинולי задней бабки или в револьверной головке станка. В резцедержателе поперечного суппорта устанавливают приспособление 1 с копирным роликом 3 и остроконечным проходным резцом. При поперечном перемещении суппорта копирный ролик 3 в соответствии с профилем копира 2 получает продольное перемещение, которое через приспособление 1 передается резцу. Внутренние конические поверхности обрабатывают расточными резцами.

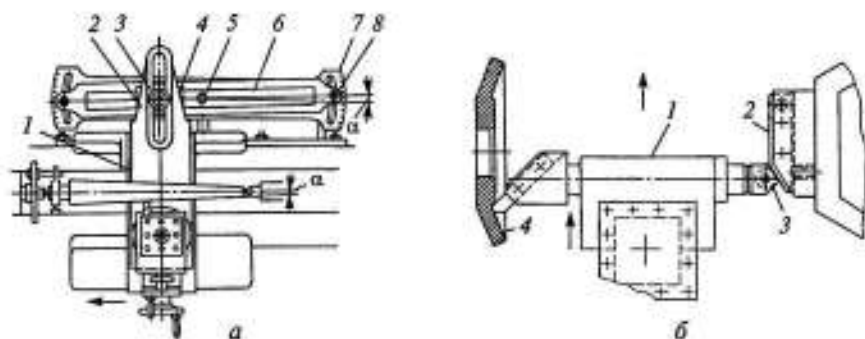


Рис. 4.34. Обработка конической поверхности с применением копирных устройств:

а — при продольном перемещении суппорта: 1 — суппорт; 2 — тяга; 3 — зажим; 4 — ползун; 5 — ось; 6 — копирная линейка; 7 — плита; 8 — болт; *б* — при поперечном перемещении суппорта: 1 — приспособление; 2 — копир; 3 — копирный ролик; 4 — внутренняя коническая поверхность; α — угол поворота копирной линейки

Для получения конического отверстия в сплошном материале заготовку сначала обрабатывают предварительно (сверлят, растачивают), а затем окончательно (развертывают). Развертывание выполняют последовательно комплектом конических разверток. Диаметр предварительно просверленного отверстия на 0,5...1 мм меньше заходного диаметра развертки.

Если требуется коническое отверстие высокой точности, то его перед развертыванием обрабатывают коническим зенкером, для чего в сплошном материале сверлят отверстие диаметром на 0,5 мм меньше, чем диаметр конуса, а затем применяют зенкер. Для уменьшения припуска под зенкерование иногда применяют ступенчатые сверла разного диаметра.

Обработка центровых отверстий. В деталях типа валов часто выполняют центровые отверстия, которые используют для последующей токарной и шлифовальной обработки детали и для восстановления ее в процессе эксплуатации. На основании этого центровку выполняют особенно тщательно.

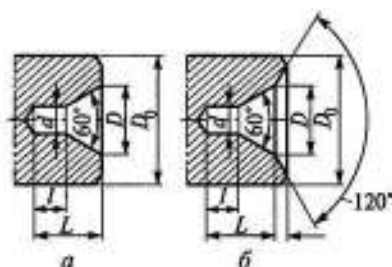
Центровые отверстия вала должны находиться на одной оси и иметь одинаковые конусные отверстия на обоих торцах независимо от диаметров концевых шеек вала. При невыполнении этих требований снижается точность обработки и увеличивается износ центров и центровых отверстий.

Конструкции центровых отверстий приведены на рис. 4.35. Наибольшее распространение имеют центровые отверстия с углом конуса 60°. Иногда в тяжелых валах этот угол увеличивают до 75 или 90°. Для того чтобы вершина центра не упиралась в заготовку,

Рис. 4.35. Центровые отверстия:

а — незащищенные от повреждений;

б — защищенные от повреждений



в центровых отверстиях выполняют цилиндрические углубления диаметром d .

Для защиты от повреждений центровые отверстия многократного использования выполняют с предохранительной фаской под углом 120° (рис. 4.35, *б*).

Для обработки центровых отверстий в небольших заготовках применяют различные методы. Заготовку закрепляют в самоцентрирующем патроне, а в пиноль задней бабки вставляют сверлильный патрон с центровочным инструментом. Центровые отверстия больших размеров обрабатывают сначала цилиндрическим сверлом (рис. 4.36, *а*), а затем однозубой (рис. 4.36, *б*) или многозубой (рис. 4.36, *в*) зенковкой. Центровые отверстия диаметром 1,5 ... 5 мм обрабатывают комбинированными сверлами без предохранительной фаски (рис. 4.36, *г*) и с предохранительной фаской (рис. 4.36, *д*).

Центровые отверстия обрабатывают при вращающейся заготовке; движение подачи центровочного инструмента осуществляют вручную (от маховика задней бабки). Торец, в котором обрабатывают центровое отверстие, предварительно подрезают резцом.

Необходимый размер центрового отверстия определяют по углублению центровочного инструмента, используя лимб маховика задней бабки или шкалу пинולי. Для обеспечения соосности цен-

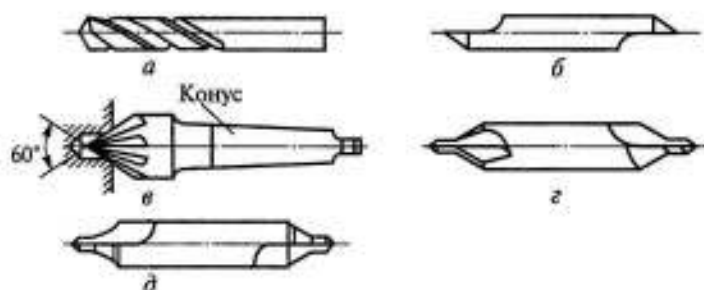


Рис. 4.36. Центровые инструменты:

а — цилиндрическое сверло; *б* — однозубая зенковка; *в* — многозубая зенковка; *г* — комбинированное сверло без предохранительной фаски; *д* — комбинированное сверло с предохранительной фаской

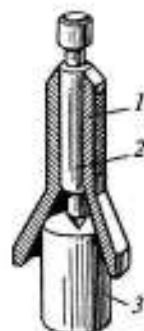


Рис. 4.37. Приспособление для накернивания центральных отверстий без предварительной разметки:

1 — корпус; 2 — кернер; 3 — вал



Рис. 4.38. Калибр-втулка для проверки наружных конусов (а) и пример ее применения (б):

А, В — метки

тровых отверстий деталь предварительно размечают, а длинные детали при зацентровке поддерживают люнетом.

Центровые отверстия размечают с помощью угольника.

После разметки производят накернивание центрального отверстия. Если диаметр шейки вала не превышает 40 мм, то можно производить накернивание центрального отверстия без предварительной разметки с помощью приспособления, показанного на рис. 4.37. Корпус 1 приспособления устанавливают левой рукой на торце вала 3 и ударом молотка по кернеру 2 намечают центр отверстия.

Если в процессе работы конические поверхности центровых отверстий были повреждены или неравномерно изношены, то допускается их исправление резцом. В этом случае верхнюю каретку суппорта поворачивают на угол конуса.

Контроль конических поверхностей. Конусность наружных поверхностей измеряют шаблоном или универсальным угольником. Для более точных измерений применяют калибры-втулки (рис. 4.38), с помощью которых проверяют не только угол конуса, но и его диаметры. На обработанную поверхность конуса карандашом наносят две-три риски, затем на измеряемый конус надевают калибр-втулку, слегка нажимая на нее и поворачивая ее вдоль оси. При правильно выполненном конусе все риски стираются, а конец конической детали находится между метками А и В.

При измерении конических отверстий применяют калибр-пробку. Правильность обработки конического отверстия определяется (как и при измерении наружных конусов) взаимным прилеганием поверхностей детали и калибра-пробки. Если тонкий слой краски, нанесенный на калибр-пробку, сотрется у малого диаметра, то угол конуса в детали велик, а если у большого диаметра — угол мал.

Контрольные вопросы

1. Что называют конусностью и как она обозначается?
2. Какие существуют методы обработки наружных конических поверхностей?

3. Какие существуют методы обработки внутренних конических поверхностей?
4. Расскажите, как обрабатывают центровые отверстия.
5. Расскажите, как производят контроль конических поверхностей.

4.8. Технология обработки фасонных поверхностей

Общие сведения. Поверхности деталей (как наружные, так и внутренние) относят к фасонным, если они образованы криволинейной образующей, комбинацией прямолинейных образующих, расположенных под различными углами к оси детали, или комбинацией криволинейных и прямолинейных образующих.

На токарных станках фасонные поверхности получают:

- ручным или автоматическим поперечным и продольным движением подачи резца относительно заготовки с подгонкой профиля обрабатываемой поверхности по шаблону;
- фасонными резцами, профиль которых соответствует профилю обработанной детали;
- с помощью приспособлений и копирных устройств, позволяющих обработать поверхность заданного профиля;
- комбинированием перечисленных выше методов.

Фасонные поверхности на длинных деталях, заданный профиль которых получается с помощью шаблона, копира и приспособлений, обрабатывают проходными резцами из быстрорежущей стали или твердого сплава.

При обработке галтелей и канавок радиусом $R < 20$ мм на стальных и чугунных деталях применяют резцы, режущая часть которых выполнена по профилю обрабатываемой галтели или канавки.

Для обработки галтелей и канавок радиусом $R > 20$ мм режущую часть резцов выполняют с радиусом скругления, равным $(1,5 \dots 2)R$. При этом используют как продольное, так и поперечное перемещение суппорта.

Для повышения производительности обработки фасонных поверхностей сложного профиля применяют фасонные резцы (рис. 4.39). Ширина фасонных резцов не превышает 60 мм и зависит от жесткости системы станок — приспособление — инструмент — обрабатываемая деталь (СИД) и радиального усилия резания.

Обработка проходными резцами. При небольшой партии заготовок и соответствующей подготовке рабочего фасонную поверхность можно обрабатывать проходным резцом при его одновременном продольном и поперечном движении, осуществляемом вручную.

При выборе резца форма его вершины и расположение режущих кромок должны позволить обработать фасонную поверхность с заданными углами наклона и радиусами.

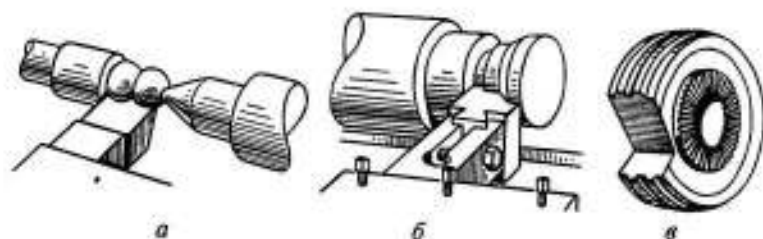


Рис. 4.39. Фасонные резцы:

а — цельный; *б* — с механическим креплением режущей части; *в* — дисковый

Для приобретения навыка одновременного продольного и поперечного перемещения резца по заданной траектории следует предварительно (перед обработкой фасонной детали) выполнить несколько упражнений, что позволит освоиться с особенностями управления станком при фасонной обработке. Для этого в патроне или в центрах устанавливают готовую деталь с фасонной поверхностью сложного профиля. Перемещая суппорт координированным вращением его рукояток, следят за тем, чтобы вершина резца перемещалась в непосредственной близости (с одинаковымзором до 1 мм) от поверхности детали.

Убедившись в надежности управления станком, переходят к обработке детали с фасонной поверхностью. На рис. 4.40, *а* показана последовательность обработки описанным способом фасонной поверхности заготовки рукоятки. Заготовку закрепляют в трехкулачковом патроне, используя для этого поверхность *А* (рис. 4.40, *б*), и обрабатывают проходным резцом хвостовую часть рукоятки, состоящую из поверхностей *В*, *С*, *Д*, и *Е*. Установив рукоятку в патроне по поверхности *Г* (рис. 4.40, *в*), обрабатывают фасонную часть рукоятки. С помощью шкалы на станине станка производят разметку (вдоль оси заготовки) наибольшего и наименьшего диаметров фасонной поверхности рукоятки, а затем проходным резцом снимают черновой припуск в несколько проходов (см. заштрихованные участки на рис. 4.40, *в*).

Окончательный съем припуска (рис. 4.40, *г*) выполняют в несколько проходов. Вначале аккуратно снимают гребешки плавным перемещением резца вдоль оси обрабатываемой детали и возвратно-поступательным перемещением поперечных салазок суппорта. Затем к невращающейся заготовке прикладывают шаблон с профилем готовой детали, измеряют наибольший и наименьший диаметры фасонной поверхности и определяют места, с которых необходимо снять припуск. Для облегчения условий труда и повышения его производительности опытные рабочие используют автоматическую продольную подачу, перемещая вручную только поперечный суппорт.

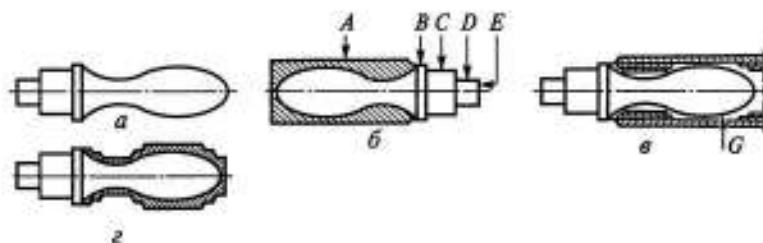


Рис. 4.40. Последовательность обработки фасонной поверхности рукоятки проходным резцом с применением продольной и поперечной подачи: а — готовая деталь; б, в и з — полуфабрикаты для получения детали; А, В, С, D, Е и G — обрабатываемые поверхности

Для повышения производительности и точности обработки фасонных поверхностей проходным резцом применяют копир (рис. 4.41). Фасонную поверхность рукоятки 2 обрабатывают резцом 1, поперечное перемещение которого осуществляется по копиру 5 пальцем 4 в соответствии с его профилем. Вместе с пальцем 4 в поперечном направлении перемещается тяга 3 и связанный с ней суппорт с резцовой головкой. При этом винт поперечного движения подачи выводится из зацепления с гайкой поперечного суппорта, а движение продольной подачи может осуществляться автоматически.

Обработка фасонными резцами. Для обработки галтелей, резьбы и других фасонных поверхностей применяют фасонные резцы. Профиль режущей кромки фасонных резцов полностью совпадает с профилем обрабатываемой поверхности, поэтому передняя поверхность резца устанавливается точно на линии центров станка. Фасонные резцы затачивают по передней поверхности. Это необходимо учитывать при повторной установке резцов. В горизонтальной плоскости резец должен быть установлен перпендикулярно к линии центров станка; правильность установки проверяют угольником, который одной стороной прикладывают к цилиндрической поверхности детали, а другой — к бо-

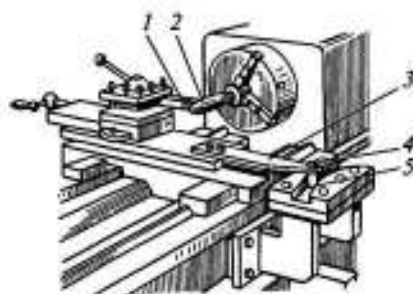


Рис. 4.41. Обработка фасонных поверхностей по копиру:

1 — резец; 2 — рукоятка; 3 — тяга; 4 — палец; 5 — копир

ковой поверхности резца, при этом между угольником и резцом должен быть равномерный просвет. Применение призматических и круглых фасонных резцов позволяет обрабатывать фасонные поверхности сложного профиля.

Призматические радиальные фасонные резцы устанавливают на поперечном суппорте или в револьверной головке с горизонтальной осью вращения. Они предназначены для работы с поперечным движением подачи. Режущую кромку резца необходимо устанавливать по центру обрабатываемой детали. Задние углы α создают соответствующей установкой резца в державке, что является преимуществом этой конструкции.

Фасонные круглые резцы с винтовыми образующими режущих кромок обеспечивают получение меньшей шероховатости обрабатываемой поверхности по сравнению с круглыми резцами с кольцевыми образующими. Резцы с винтовыми образующими — это высокопроизводительный инструмент, который применяется на станках с револьверными головками.

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

Контроль фасонной поверхности. Фасонную поверхность детали контролируют, как правило, шаблоном. Отклонения от фактического профиля могут быть вызваны следующими причинами: неточностью профиля резца или погрешностью его установки, а также деформацией детали при обработке, вызванными чрезмерно большими подачами.

Контрольные вопросы

1. Какие поверхности относят к фасонным?
2. Назовите инструмент, применяемый при фасонной обработке.
3. Какими способами ведут обработку фасонных поверхностей?
4. Как осуществляют контроль фасонной поверхности?

4.9. Технология нарезания резьбы на токарных станках

Общие сведения. Вершина резца при перемещении с постоянной скоростью подачи вдоль вращающейся заготовки, врезаясь, оставляет на ее поверхности винтовую линию (рис. 4.42).

Наклон винтовой линии к плоскости, перпендикулярной оси вращения заготовки, зависит от частоты вращения шпинделя с заготовкой и подачи резца и называется углом μ подъема винтовой линии (рис. 4.43). Расстояние между винтовыми линиями, измеренное вдоль оси заготовки, называется шагом P винтовой линии. Если отрезок на поверхности детали, равный шагу винтовой

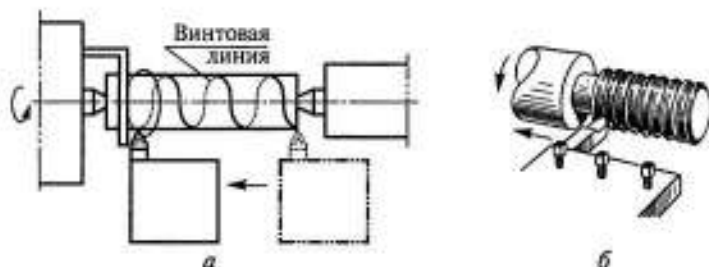


Рис. 4.42. Схема нарезания наружной резьбы:

а — схема движения инструмента и заготовки; *б* — нарезание однозаходной резьбы резцом

линии, развернуть на плоскость, то из прямоугольного треугольника *АВВ* можно определить

$$\operatorname{tg} \mu = P/(\pi d),$$

где *d* — диаметр заготовки по наружной поверхности резьбы.

При углублении резца в поверхность заготовки вдоль винтовой линии образуется винтовая поверхность, форма которой соответствует форме вершины резца. Резьба — это винтовая поверхность, образованная на телах вращения и применяемая для соединения, уплотнения или обеспечения заданных перемещений деталей машин и механизмов. Резьбы подразделяются на цилиндрические и конические.

В зависимости от назначения резьбового соединения применяют резьбы различного профиля.

Профиль резьбы — это контур сечения резьбы в плоскости, проходящей через ее ось. Широко применяются резьбы с остроугольным, трапецидальным и прямоугольным профилями.

Резьбы бывают левые и правые. Винт с правой резьбой заворачивают при вращении по часовой стрелке (слева направо), а винт с левой резьбой — против часовой стрелки (справа налево). Различают однозаходные и многозаходные резьбы. Однозаходная резьба образована одной непрерывной ниткой резьбы, а многозаходная — несколькими нитками резьбы, эквидистантно расположенными на поверхности детали. Число ниток легко определить на торце детали, где начинается резьбовая поверхность (рис. 4.44, *а* и *б*).

Различают ход *P_х* и шаг *P* многозаходной резьбы. Ход многозаходной резьбы (ГОСТ 11708—82) — это расстояние по линии, параллельной оси резьбы, между любой исходной средней точкой на боковой стороне резьбы и средней точкой, полученной при перемещении исходной средней точки по винтовой линии на угол 360° между одноименными точками одного витка одной нит-

ки резьбы, измеренное параллельно оси детали. Ход многозаходной резьбы равен шагу резьбы, умноженному на число заходов:

$$P_h = kP,$$

где k — число заходов.

Нарезание резьбы резцами. На токарно-винторезных станках наиболее широко применяют метод нарезания наружной и внутренней резьбы резцами (рис. 4.45). Резьбонарезные резцы бывают стержневые, призматические и круглые; их геометрические параметры не отличаются от геометрических параметров фасонных резцов.

Резьбы треугольного профиля нарезают резцами с углом в плане при вершине $\epsilon = 60^\circ \pm 10'$ для метрической резьбы и $\epsilon = 55^\circ \pm 10'$ для дюймовой резьбы. Учитывая погрешности перемещения суппорта, которые могут привести к увеличению угла резьбы, иногда применяют резцы с углом $\epsilon = 59^\circ 30'$. Вершина резца может быть скругленной или с фаской (в соответствии с формой впадины нарезаемой резьбы).

Резьбонарезные резцы оснащают пластинами из быстрорежущей стали и твердых сплавов. Предварительно деталь обтачивают таким образом, чтобы ее наружный диаметр был меньше наружного диаметра нарезаемой резьбы. Для метрической резьбы диаметром до 30 мм эта разница ориентировочно составляет 0,14...0,28 мм, диаметром до 48 мм — 0,17...0,34 мм, диаметром до 80 мм — 0,2...0,4 мм. Уменьшение диаметра заготовки обусловлено тем, что при нарезании резьбы материал заготовки деформируется и в результате этого наружный диаметр резьбы увеличивается.

Нарезание резьбы в отверстии производят или сразу после сверления (если к точности резьбы не предъявляют высоких требова-

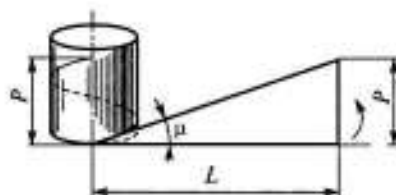


Рис. 4.43. Геометрия винтовой линии:
 α — угол наклона винтовой линии; P — шаг винтовой линии; L — длина окружности шага винтовой линии

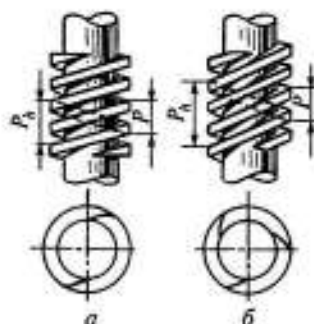
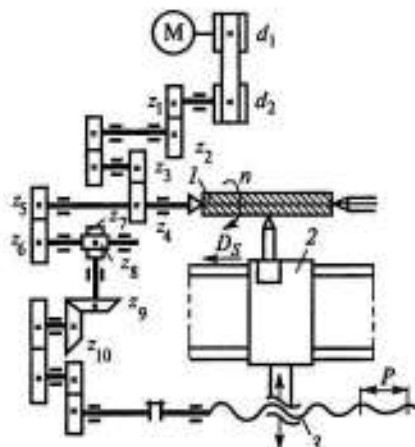


Рис. 4.44. Многозаходная резьба:
 a — двухзаходная; b — трехзаходная; P_h и P — шаг и ход резьбы

Рис. 4.45. Упрощенная кинематическая схема нарезания резьбы на токарно-винторезном станке:

1 — заготовка; 2 — суппорт; 3 — ходовой винт; М — электродвигатель; d_1, d_2 — диаметры шкивов; P — шаг ходового винта; $z_1, \dots, z_{10}$ — шестерни; n — частота вращения заготовки; D_s — направление движения подачи



ний), или после его растачивания (для точных резьб). Диаметр отверстия (мм) под резьбу

$$d_o = d - P,$$

где d — наружный диаметр резьбы, мм; P — шаг резьбы, мм.

Диаметр отверстия под резьбу должен быть несколько больше внутреннего диаметра резьбы, так как в процессе нарезания резьбы металл деформируется и в результате этого диаметр отверстия уменьшается. Поэтому результат, полученный по приведенной выше формуле, увеличивают на 0,2...0,4 мм при нарезании резьбы в вязких материалах (стали, латуни и др.) и на 0,1...0,02 мм при нарезании резьбы в хрупких материалах (чугуне, бронзе и др.).

В зависимости от требований чертежа резьба может заканчиваться канавкой для выхода резца. Внутренний диаметр канавки должен быть на 0,1...0,3 мм меньше внутреннего диаметра резьбы, а ширина канавки (мм)

$$b = (2 \dots 3)P.$$

В процессе нарезания болтов, шпилек и некоторых других деталей при отводе резца, как правило, образуется сбег резьбы.

Для более удобного и точного нарезания резьбы на торце обрабатываемой детали выполняют уступ длиной 2...3 мм, диаметр которого равен внутреннему диаметру резьбы. По этому уступу определяют последний проход резца, после окончания нарезания резьбы уступ срезают.

Точность резьбы во многом зависит от правильной установки резца относительно линии центров. Для того чтобы установить резец по биссектрисе угла профиля резьбы перпендикулярно к оси обрабатываемой детали, используют шаблон, который устанавливают на ранее обработанной поверхности детали вдоль линии цент-

ров станка. Профиль резца совмещают с профилем шаблона и проверяют правильность установки резца по просвету. Резьбонарезные резцы следует устанавливать строго по линии центров станка.

На токарно-винторезных станках резьбу нарезают резцами за несколько проходов. После каждого прохода резец отводят в исходное положение. По нониусу ходового винта поперечного движения подачи суппорта устанавливают требуемую глубину резания и повторяют проход. При нарезании резьбы с шагом до 2 мм подача составляет 0,05...0,2 мм на один проход. Если резьбу нарезать одновременно двумя режущими кромками, то образующаяся при этом стружка спутывается и ухудшает качество поверхности резьбы. Поэтому перед рабочим проходом резец следует смещать на 0,1...0,15 мм поочередно вправо или влево, используя перемещение верхнего суппорта, в результате чего обработка ведется только одной режущей кромкой. Число черновых проходов — 3...6, а чистовых — 3.

Наладку токарно-винторезных станков для нарезания резьб резцами см. в гл. 9.

Нарезание резьбы плашками и метчиками. Для нарезания наружной резьбы на винтах, болтах, шпильках и других деталях применяют плашки. Участок детали, на котором необходимо нарезать резьбу плашкой, предварительно обрабатывают. Диаметр обработанной поверхности должен быть несколько меньше наружного диаметра резьбы. Для метрической резьбы диаметром 6...10 мм эта разница составляет 0,1...0,2 мм, диаметром 11...18 мм — 0,12...0,24 мм, диаметром 20...30 мм — 0,14...0,28 мм. Для образования захода резьбы на торце детали необходимо снять фаску, соответствующую высоте профиля резьбы.

Плашку устанавливают в плашкодержатель (патрон), который закрепляют в пинולי задней бабки или гнезде револьверной головки. Скорость резания v при нарезании резьбы плашками для стальных заготовок 3...4 м/мин, для чугунных — 2...3 м/мин и для латунных — 10...15 м/мин.

Внутренние метрические резьбы диаметром до 50 мм часто нарезают метчиками. Обычно на токарном станке применяют машинные метчики, что позволяет нарезать резьбу за один проход. Для нарезания резьбы в деталях из твердых и вязких материалов применяют комплекты, состоящие из двух или трех метчиков. В комплекте из двух метчиков первый (черновой) выполняет 75 % всей работы, а второй (чистовой) — доводит резьбу до требуемого размера. В комплекте из трех метчиков первый (черновой) выполняет 60 % всей работы, второй (получистовой) — 30 % и третий (чистовой) — 10 %. Метчики в комплекте различают по заборной части, наибольшую длину имеет заборная часть чернового метчика.

При установке метчика в revolverную головку на его хвостовик надевают и закрепляют винтом кольцо, вместе с которым метчик устанавливают в патрон для плашек и закрепляют, как плашку.

Скорость резания v при нарезании резьбы метчиками для стальных заготовок 5...12 м/мин, для чугунных, бронзовых и алюминиевых — 6...22 м/мин. Нарезание резьбы производят с охлаждением эмульсией или маслом.

Нарезание резьбы резьбонарезными головками. Резьбонарезные винторезные головки применяют для нарезания наружной и внутренней резьбы на токарных, токарно-револьверных станках и на токарных автоматах.

С помощью хвостовика резьбонарезная головка устанавливается в пинולי задней бабки или в revolverной головке станка. В винторезных головках применяют радиальные, тангенциальные и круглые гребенки. В конце нарезания резьбы гребенки автоматически расходятся и при обратном ходе не соприкасаются с резьбой.

При нарезании наружной резьбы большое распространение получили головки с круглыми гребенками, так как они просты по конструкции, позволяют осуществлять много переточек и обладают большей стойкостью, чем радиальные и тангенциальные гребенки. Устройство и принцип работы существующих винторезных головок имеют незначительные различия.

Внутреннюю резьбу чаще нарезают резьбонарезными головками с призматическими гребенками, режущие кромки которых располагаются на одном диаметре и имеют заходный конус. Число гребенок в комплекте зависит от размера головки. Гребенки смещены в комплекте одна относительно другой в соответствии с углом подъема винтовой линии нарезаемой резьбы.

При нарезании длинных винтов и червяков для повышения производительности применяют резцовые головки, которые устанавливают на суппорте станка. Эти головки оснащают обыкновенными и чашечными резцами и используют при нарезании наружных и внутренних резьб.

Контроль резьбы. Шаг резьбы измеряют резьбовым шаблоном, представляющим собой пластину 2 (рис. 4.46), на которой нанесены зубцы с шагом резьбы, обозначаемым на плоскости шаблона. Набор шаблонов для метрической или дюймовой резьбы скрепляется в кассету 1. Резьбовыми шаблонами определяют только шаг резьбы.

Правильность выполненной на детали внутренней и наружной

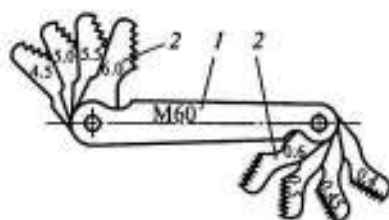


Рис. 4.46. Резьбовой шаблон:

1 — кассета; 2 — пластина

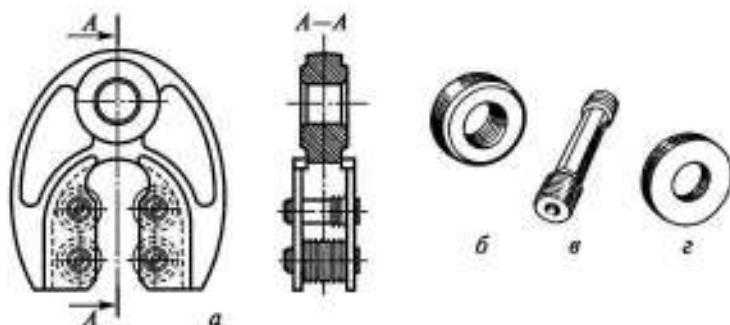


Рис. 4.47. Резьбовые калибры:

a — предельная резьбовая роликовая скоба; *б* — проходное кольцо; *в* — резьбовой калибр; *г* — непроходное кольцо



Рис. 4.48. Измерение резьбовым микрометром

резьбы комплексно оценивают с помощью резьбовых калибров (рис. 4.47). Резьбовые калибры разделяют на проходные, имеющие полный профиль резьбы и являющиеся как бы прототипом детали резьбового соединения, и непроходные, контролирующие только средний диаметр резьбы и имеющие укороченный профиль.

Для измерения наружного, среднего, внутреннего диаметров и шага резьбы применяют резьбовые микрометры (рис. 4.48). Резьбовой микрометр имеет в шпинделе и пятке посадочные отверстия, в которые устанавливают комплекты сменных вставок, соответствующие измеряемым элементам резьбы. Для удобства измерений резьбовой микрометр закрепляют в стойке, а затем настраивают по шаблону или эталону.

Перед контролем проверяемые детали необходимо очистить от стружки и грязи. В процессе контроля следует осторожно обращаться с калибрами, чтобы на их рабочей резьбовой поверхности не появились забоины и царапины.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные элементы резьбы.
2. Чем отличаются однозаходные резьбы от многозаходных?
3. Назовите способы и инструмент для нарезания наружной и внутренней резьбы.
4. Как измеряют резьбы?

4.10. Технология отделки поверхностей

Общие сведения. Отделочная обработка на токарных станках производится в основном в тех случаях, когда необходимо уменьшить шероховатость обработанной поверхности при невысоких требованиях к точности. Это достигается тонкой пластической деформацией поверхности детали, в результате сглаживаются гребешки микронеровностей и образуется наклепанный слой металла глубиной до 0,02 мм, который обеспечивает повышение твердости поверхности детали примерно на 30 %. Тонкая пластическая деформация поверхностного слоя металла может быть получена обкатыванием вращающимися роликами или шариками, а также выглаживанием инструментом из твердых или сверхтвердых материалов. Для достижения высокой точности размеров детали и снижения шероховатости поверхности применяется метод притирки (доводки).

Обработка обкатыванием и раскатыванием. Отделочную и упрочняющую обработку наружных поверхностей деталей осуществляют обкатыванием, а внутренних — раскатыванием. Эти методы не имеют принципиального отличия, однако инструменты для обкатывания и раскатывания имеют конструктивные особенности. Обкатывание обеспечивает шероховатость обработанной поверхности $Ra\ 0,4 \dots 0,05$ мкм, при этом шероховатость поверхности детали до обкатывания должна быть на два класса ниже.

Инструмент для обкатывания (рис. 4.49) устанавливают в резцедержателе станка хвостовиком 12. Обкатывание обрабатываемой поверхности производится шариком 8, который упирается в наружную обойму подшипника 9, насаженного на ось 10, и удерживается от выпадения колпачком 11 со стопором 7. Под действием усилия обкатывания шарик 8 отжимается и перемещает пиноль 6 в расточке корпуса 4, которая сжимает пружину 3. Эта пружина одной стороной упирается в подпятник 5, а другой — в пробку 1, с помощью которой регулируется сила сжатия пружины. Пиноль 6 удерживается от разворота в корпусе 4 болтом 2. Инструменты для обкатывания и раскатывания, имеющие другие конструктивные исполнения, также устанавливают в резцедержателе станка.

Для обработки обкатыванием резцедержатель с обкатным инструментом подводят до соприкосновения шарика с предварительно обработанной поверхностью детали. Затем винтом поперечной подачи суппорта дают натяг 0,5...0,8 мм, производя отсчет по лимбу, устанавливают частоту вращения шпинделя 1200...1500 об/мин и продольную подачу 0,3...1,5 мм/об, включают станок и делают два-три продольных прохода вправо и влево.

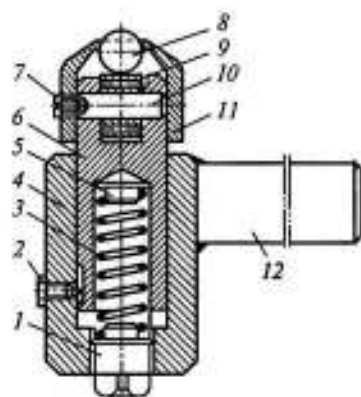


Рис. 4.49. Инструмент для обкатывания наружных поверхностей вращения:

1 — пробка; 2 — болт; 3 — пружина; 4 — корпус; 5 — подпятник; 6 — пиноль; 7 — стопор; 8 — шарик; 9 — подшипник; 10 — ось; 11 — колпачок; 12 — хвостовик

В качестве СОЖ используют веретенное масло. Шарики для обкатывания (раскатывания) изготавливают из закаленной стали или твердого сплава. Обкатывание можно также производить роликами.

Кроме того, для снижения шероховатости поверхности обработанной детали в тех случаях, когда не предъявляют высоких требований к точности размеров, производят шлифование абразивной лентой (полирование). Полирование обеспечивает шероховатость обработанной поверхности $Ra\ 1,6 \dots 0,2$ мкм.

Для обработки деталей с высокой точностью размеров и малой шероховатостью поверхности применяют алмазное выглаживание, с помощью которого достигается шероховатость поверхности $Ra\ 0,1$ мкм, и притирку (доводку), т.е. обработку с использованием мелкозернистых шлифовальных порошков, микропорошков и паст.

Существуют следующие виды притирки:

- грубая — с применением шлифовальных порошков зернистостью 28 ... 63, при которой обеспечивается шероховатость обработанной поверхности $Ra\ 0,80 \dots 0,40$ мкм;
- предварительная — с применением микропорошков зернистостью 10 ... 28 для достижения шероховатости обработанной поверхности $Ra\ 0,2 \dots 0,1$ мкм;
- окончательная — для достижения шероховатости обработанной поверхности $Ra < 0,1$ мкм.

Контрольные вопросы

1. Какую отделочную обработку выполняют на токарных станках?
2. Какими способами снижают шероховатость поверхности деталей на токарных станках?
3. Какие режимы рекомендованы для накатывания поверхностей?
4. Какую шероховатость поверхности обеспечивает притирка?

4.11. Основные правила безопасной работы на токарных станках

Во избежание получения травм и для создания безопасных условий труда токарь, кроме общих правил, должен соблюдать и специфические правила, которые обусловлены особенностями станков токарной группы.

Они заключаются в следующем:

1. Устанавливать и снимать патроны, планшайбы и другие приспособления следует при помощи грузоподъемного устройства, оснащенного специальным захватом.

Перед установкой приспособления шпиндель передней бабки очистить от загрязнений и тщательно протереть.

2. При использовании приспособлений, оснащенных пневматическими, гидравлическими или электромагнитными приводами, тщательно проверять состояние коммуникаций подачи воздуха и жидкости, а также электропроводку. Не допускать воздействия на них движущихся частей станка.

3. Не применять значительно изношенную технологическую оснастку (патроны, центры, переходные втулки и т.п.).

4. Для правильной установки резцов относительно оси центров и надежности их крепления в суппорте использовать мерные шлифованные прокладки, размеры которых соответствуют линейным размерам опорной части державки резцов.

5. Резцы следует закреплять с минимально возможным вылетом из резцедержателя (чтобы он не превышал более чем в 1,5 раза высоту державки резца) и не менее чем двумя болтами.

6. Не оставлять в задней бабке или револьверной головке инструменты, которые не используются при обработке данной заготовки.

7. При обработке пруткового материала его конец, выступающий с противоположного конца шпинделя, должен быть огражден на всю длину. Ограждение должно быть прочным и устойчивым. Длина прутка должна соответствовать паспортным данным станка.

8. Стремиться закреплять заготовку в станочном приспособлении по возможно большей ее длине. Выступающая часть заготовки должна иметь длину, не превышающую двух-трех диаметров, при большом вылете для ее подпора необходимо использовать заднюю бабку.

9. При обработке заготовок, закрепляемых в центрах, применять безопасные поводковые патроны;

при обработке заготовок длиной более двенадцати диаметров, а также при скоростном или силовом точении заготовок длиной более восьми диаметров необходимо использовать люнеты.

10. При обработке вязких материалов, дающих сливную стружку, применять резцы с выкружками, стружкозавивателями или накладными стружколомателями, а также устройства для ее дробления.

11. Для обработки хрупких материалов, дающих отлетающую стружку, а также для дробления сливной стружки в процессе резания применять специальные стружкоотражатели, прозрачные экраны или средства индивидуальной защиты (очки, прозрачные щитки).

12. Удалять стружку со станка только специальным крючком, щеткой или скребком.

13. Следить за правильным подводом СОЖ в зону резания.

14. Применять правильные приемы работы:

подводить режущий инструмент к вращающейся заготовке, а выключать ее вращение после отвода инструмента;

не поддерживать отрезаемую часть заготовки рукой;

при выполнении ручных операций (устранении биения заготовки, опиливании, полировании) отводить суппорт, заднюю бабку (револьверную головку) на безопасное расстояние;

при опиливании и полировании стоять у станка под углом 45° к оси центров с разворотом вправо;

при полировании использовать прижимные колодки.

15. Проверять уровень масла по контрольным глазкам в коробках скоростей, подач и в фартуке;

заливать масло во все масленки, где предусмотрена ручная смазка, в соответствии с паспортом станка.

Проверять состояние направляющих и, при необходимости, очищать их от загрязнений и смазывать.

16. Не брать и не подавать через работающий станок какие-либо предметы, не подтягивать на ходу болты, гайки и другие соединительные узлы станка.

17. Не тормозить вращающийся шпиндель нажимом руки на станочное приспособление или заготовку.

18. Измерять обрабатываемую деталь только после выключения фрикциона, отвода суппорта и задней бабки (револьверной головки) на безопасное расстояние.

19. Не облачиваться на станок и не размещать заготовки, инструменты и другие предметы на направляющих станка.

Контрольные вопросы

1. Что должен делать токарь, чтобы обеспечить безопасность труда?

2. Перечислите правила безопасности труда рабочего при обслуживании токарного станка.

ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ И ТЕХНОЛОГИЯ ФРЕЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

5.1. Основные типы фрезерных станков и их обозначение

Фрезерные станки имеют весьма широкую область применения и разделяются на две основные группы: станки общего назначения и специализированные. К первой группе относятся станки консольные и бесконсольные, продольно-фрезерные, станки непрерывного фрезерования (карусельные и барабанные). Ко второй группе относятся станки копировально-фрезерные, зубофрезерные, резьбофрезерные, шпоночно-фрезерные, шлицефрезерные и др. Типоразмеры станков характеризуются площадью рабочей (крепежной) поверхности стола или размерами обрабатываемой заготовки (при зубо- и резьбообработке). По указанному признаку станки имеют пять градаций:

Размер	Площадь поверхности стола, мм
0	200×800
1	250×1000
2	320×1250
3	400×1600
4	500×2000

Классификация фрезерных станков дана в табл. 1.1, где приведено девять типов станков шестой группы (кроме того, фрезерные станки входят и в пятую группу зубо- и резьбообрабатывающих станков, которые в настоящей книге не рассматриваются). Каждый станок имеет свой шифр, первая цифра в котором обозначает группу станка, вторая — его тип (1 — консольные вертикально-фрезерные (рис. 5.1, а), 2 — непрерывного действия (рис. 5.1, б), 4 — копировальные (рис. 5.1, в) и гравировальные, 5 — вертикальные бесконсольные (рис. 5.1, г) (с крестовым столом), 6 — продольно-фрезерные (рис. 5.1, д), 7 — широкоуниверсальные (рис. 5.1, е), 8 — консольные, горизонтальные (рис. 5.1, ж), 9 — разные). Третья и при необходимости четвертая цифры обозначают характерные размеры станка. Кроме цифр в обозначение модели станка может входить буква. Если буква стоит между первой и второй цифрами, то это означает, что конструкция станка модифицирована. Например, универсальный консольный станок в течение многих лет подвергался усовершенствованию и имел обозначения 682, 6Б82, 6Н82, 6М82, 6Р82 и 6Т82.

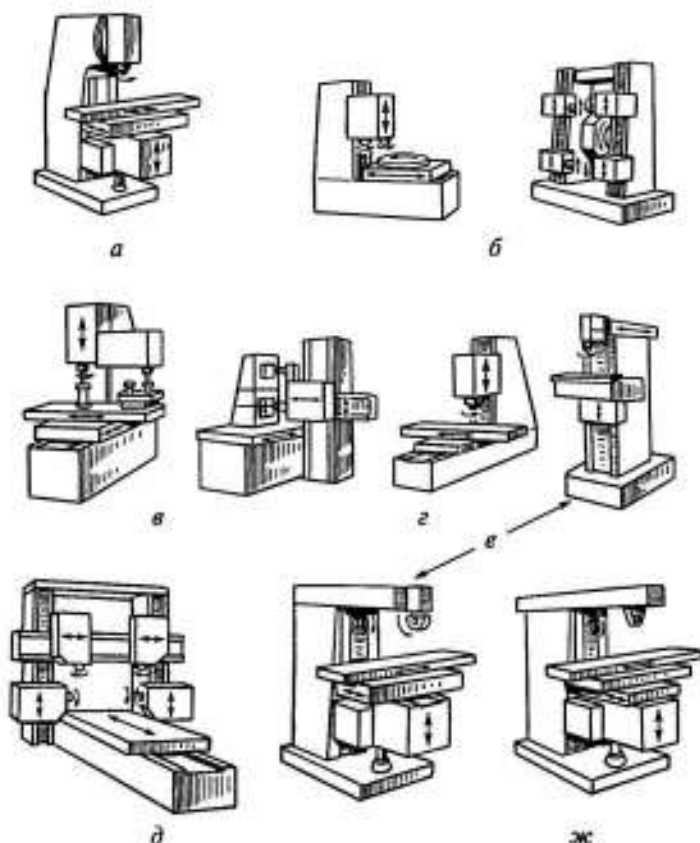


Рис. 5.1. Фрезерные станки:

а — консольные вертикально-фрезерные станки; б — фрезерные станки непрерывного действия (карусельно-фрезерные и барабанны-фрезерные); в — копировальные (вертикальные и горизонтальные) фрезерные станки; г — вертикально-фрезерные бесконсольные станки; д — продольно-фрезерные станки; е — широкоуниверсальные фрезерные станки (консольные и бесконсольные); ж — горизонтальные консольно-фрезерные станки

Если буква стоит в конце шифра станка, то это может означать следующее: 1) конструктивную модификацию основной модели (например 6Р82Г — станок горизонтально-фрезерный, 6Р12Б — быстроходная модель, 6Р82Ш — широкоуниверсальный); 2) различное исполнение станков в зависимости от точности (Н — нормальной точности, П — повышенной, В — высокой, А — особо высокой и С — станки особо точные, называемые мастер-станками); 3) различное исполнение с учетом используемой системы управления станком (см. гл. 8).

1. Какие операции выполняют на фрезерных станках?
2. Расскажите, как расшифровать модель фрезерного станка.

5.2. Устройство консольно-фрезерного станка

Консольно-фрезерные станки — наиболее распространенный тип станков, используемый для фрезерных работ. Отличительная особенность станка — наличие консоли (кронштейна), несущей стол и перемещающейся по направляющим станины вверх и вниз. Существуют горизонтальные, вертикальные, универсальные и широкоуниверсальные консольно-фрезерные станки. В горизонтально-фрезерных станках шпиндель расположен горизонтально и стол перемещается в трех взаимно перпендикулярных направлениях. Отличие универсальных консольно-фрезерных станков от горизонтальных заключается только в возможности поворота стола относительно вертикальной оси, а широкоуниверсальных фрезерных станков от универсальных — в наличии на станине специального хобота, на торце которого установлена дополнительная головка со шпинделем, поворачивающаяся под углом в любом направлении. Вертикально-фрезерные станки отличаются от горизонтально-фрезерных вертикальным расположением шпинделя и отсутствием хобота. В рассматриваемых станках детали и узлы широко унифицированы.

В качестве примера для рассмотрения технической характеристики, компоновки и кинематической схемы выбран универсальный горизонтальный консольно-фрезерный станок (рис. 5.2). Он предназначен для выполнения разнообразных фрезерных работ по чугуну, стали и цветным металлам твердосплавным и быстрорежущим инструментом в условиях мелко- и крупносерийного производства. Наличие в станке возможности поворота стола вокруг своей вертикальной оси позволяет фрезеровать винтовые канавки сверл, червяков и т.д.

Станок имеет следующие технические характеристики:

Рабочая поверхность стола, мм:	
длина	1000
ширина	250
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	50... 2000
Габаритные размеры, мм	1560×2045×1610
Масса, кг	2245

Станок состоит из станины 2, установленной на фундаментной плите 14. На вертикальных направляющих станины расположена консоль 12 с горизонтальными поперечными направляющими, на которых удерживаются салазки 11, а на них — поворот-

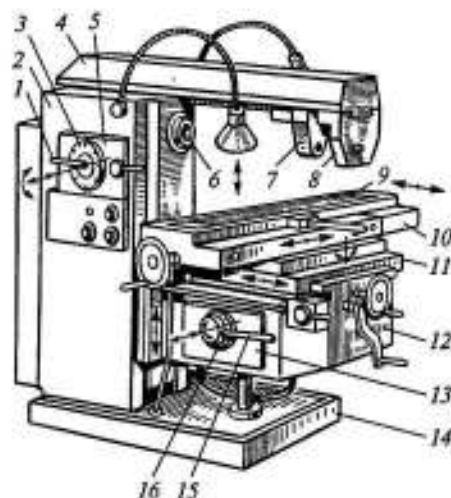


Рис. 5.2. Универсальный консольно-фрезерный станок:

- 1 — рукоятка; 2 — станина; 3 — лимб; 4 — хобот; 5 — коробка скоростей; 6 — шпиндель; 7, 8 — подвески; 9 — стол; 10 — поворотная плита; 11 — салазки; 12 — консоль; 13 — коробка подач; 14 — фундаментальная плита; 15 — рукоятка; 16 — лимб

ная плита 10 с горизонтальными продольными направляющими. На этих направляющих монтируют стол 9. Такая компоновка узлов обеспечивает возможность перемещения стола в трех направлениях (продольном, поперечном и вертикальном). В станине расположена коробка скоростей 5 с рукояткой 1 и лимбом 3 и привод с электродвигателем, обеспечивающим вращение шпинделя. В консоли 12 размещена коробка подач 13 с электродвигателем, лимбом 16 и рукояткой 15 для установки подач. В верхней части станины смонтирован шпиндель 6, а на направляющих выдвижного хобота 4 закреплены подвески (кронштейны) 7 и 8, которые являются опорами фрезерных оправок для установки фрез.

Основные движения в станке. *Главное движение.* Вал IV (рис. 5.3) со шпинделем получает вращение от электродвигателя М1 (мощность двигателя $N = 3$ кВт; частота вращения $n = 1450$ мин⁻¹) через шкивы 100/180 клиноременной передачи и 12-ступенчатую коробку скоростей. От вала II вращение передается валу III посредством передвигжных блоков зубчатых колес $z = 51/51$ или 60/42, 42/60, 34/68, 21/81, 27/75. От вала III вращение зубчатыми колесами $z = 75/41$ или 24/96 передается валу IV. Уравнение кинематической цепи для минимальной частоты вращения шпинделя

$$n_{\min} = 1450 \frac{100}{180} \frac{21}{81} \frac{24}{96} = 52,2 \text{ мин}^{-1}.$$

Изменение направления вращения шпинделя осуществляют реверсированием вращения вала электродвигателя М1.

Движение подачи осуществляется от электродвигателя М2 ($N = 0,3$ кВт; $n = 1450$ мин⁻¹) через коробку подач, обеспечивающую 12 ступеней подачи. От вала VIII через цилиндрические передачи $z = 26/67$ и 36/60 вращение передается валу X, от него через блок

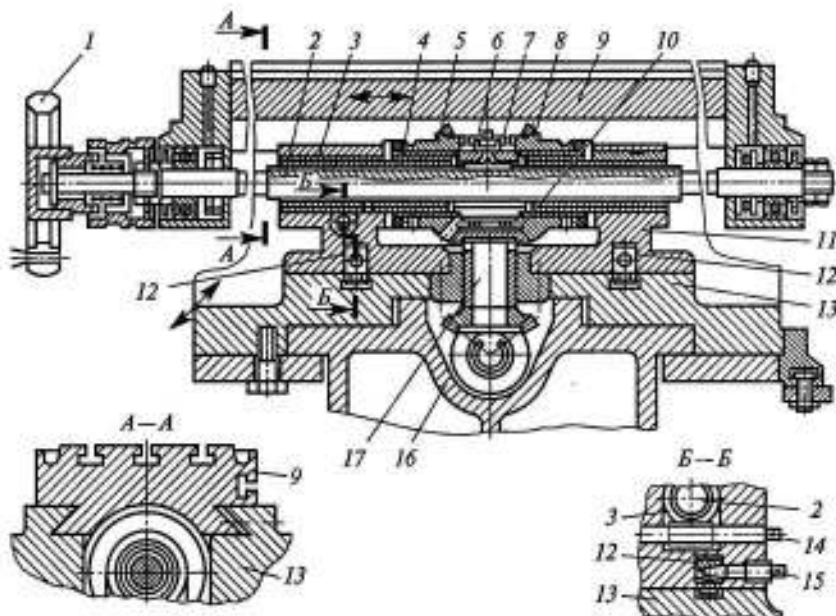


Рис. 5.4. Стол универсального консольно-фрезерного станка:

1 — маховик; 2 — ходовой винт; 3, 4 — тайки; 5, 8 и 10 — зубчатые колеса; 6 — вилка; 7 — муфта; 9 — стол; 11 — поворотная плита; 12 — сухари; 13 — салазки; 14 — червяк; 15 — винты; 16 — консоль; 17 — вал

Поперечные подачи от вала XIV через шестерни $z = 48/52$, $38/54$ передаются на ходовой винт XVIII. Ускоренный ход стола осуществляется от электродвигателя М2 посредством цилиндрических передач $z = 26/67$, $36/60$, $60/30$ через включенную электромагнитную Мз и обгонную Мо муфты и далее через ускоренные передачи рабочих подач. Реверсирование поперечного и вертикального движений подачи происходит при включении муфт Мф1 и Мф2 зубчатых колес $z = 32$ и 50. В этом случае вращение от вала XIV передается ходовому винту XVIII цилиндрическими передачами $z = 32/39$, $39/50$ (см. сеч. А—А), а ходовому винту VI — передачами $z = 32/39$, $39/35$, $52/48$, $25/50$, $24/36$.

Уравнение кинематической цепи продольного движения стола с минимальной скоростью

$$v_{\text{нрmin}} = 1450 \frac{26}{67} \frac{36}{60} \frac{30}{60} \frac{24}{66} \frac{18}{72} \frac{30}{60} \frac{60}{60} \frac{37}{44} \frac{48}{52} \frac{17}{24} \frac{28}{28} 6 \text{ (шаг ходового винта)} = 25,5 \text{ мм/мин.}$$

Так же можно записать уравнения кинематических цепей продольного движения стола с максимальной скоростью подачи,

поперечного и вертикального движений стола с минимальной и максимальной скоростями подачи.

Салазки 13 консольно-фрезерного станка (рис. 5.4) перемещаются на консоли 16 в поперечном направлении. На салазках смонтирована поворотная плита 11, а на ней (в продольных направляющих) — стол 9, перемещающийся ходовым винтом 2, вращаемым вертикальным валом 17 при помощи конических зубчатых колес 10, 5, 8. Реверсирование стола осуществляют, перемещая вилкой 6 муфту 7 вправо и влево, а для отключения движения стола необходимо вилку 6 установить в среднее положение. В крайних положениях муфта соединяется с коническими зубчатыми колесами 5 и 8. На ходовом винте предусмотрен механизм выборки зазора между резьбой винта 2 и гайками 3 и 4, из которых одна (3) может перемещаться в осевом направлении при вращении червяка 14 (см. сеч. Б—Б). Ручная подача стола осуществляется при вращении маховика 1.

Поворотная плита 11 (при необходимости) может быть повернута на вертикальном валу 17 относительно салазок 13 на $\pm 45^\circ$. Плиту 11 центрируют по Т-образному пазу салазок 13 при помощи двух сухарей 12, которые одновременно служат для закрепления плиты на салазках при их подъеме.

Контрольные вопросы

1. Расскажите о конструктивных особенностях консольно-фрезерных станков.
2. Чем отличаются вертикально-фрезерные станки от горизонтально-фрезерных?
3. Покажите на кинематической схеме универсального консольно-фрезерного станка кинематические цепи минимальной частоты вращения шпинделя, продольного движения стола с минимальной и максимальной скоростью.
4. Расскажите о работе стола и салазок консольно-фрезерного станка.

5.3. Организация рабочего места фрезеровщика

Основным оборудованием рабочего места фрезеровщика является фрезерный станок или группа станков с постоянными комплектами принадлежностей к ним. Оргоснастка на рабочем месте размещается в зависимости от расположения фрезерного станка (станков).

На рис. 5.5 приведен пример типовой планировки рабочего места фрезеровщика-универсала. Около станка должна находиться деревянная подножная решетка. Большинство фрезерных станков имеют дублирующие органы управления, поэтому решетка долж-

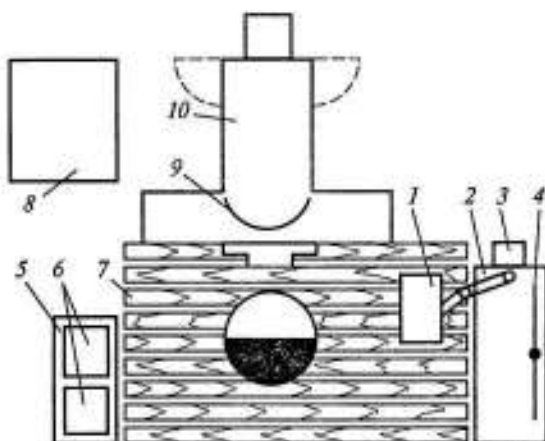


Рис. 5.5. Рабочее место фрезеровщика:

1 — планшет для инструмента; 2 — инструментальная тумбочка; 3 — урна для мусора; 4 — кронштейн для чертежей; 5 — приемный стол; 6 — тара; 7 — решетка; 8 — стеллаж; 9 — ограждение; 10 — станок.

на быть удобной для перемещения рабочего вдоль фасада станка (справа и слева).

При групповом расположении фрезерных станков инструментальные шкафы должны быть вынесены за пределы рабочих мест. В этом случае на рабочем месте устанавливают стеллаж-этажерку для подготовленных к работе инструментов, оснастки и деталей. Такие приспособления, как делительные головки, поворотные столы, пневмотиски, следует хранить на стеллажах и подставках.

Для предотвращения поломки фрез и порчи поверхности стола станка тяжелые фрезы предварительно ставят на специальную деревянную подставку (в крайнем случае на кусок толстой доски) на стол станка. Для центрирования фрезы со шпинделем ее перемещают вместе с подставкой по поверхности стола или без подставки, с помощью стола и консоли станка. Затем ручным перемещением гильзы или ползуна шпинделя (на горизонтальных станках — перемещениями стола) конус оправки фрезы вводят в конусное отверстие шпинделя и закрепляют фрезу ручным завинчиванием (в резьбовое отверстие оправки) или механизированным зажимом.

Набор инструментов и оснастки на рабочем месте фрезеровщика определяется типом станка, номенклатурой обрабатываемых деталей, технологическим процессом и соблюдением требования о наличии на рабочем месте только самых необходимых, постоянно используемых приспособлений и инструментов.

Обработанные детали по мере их накопления следует увозить с рабочего места. Пол должен быть ровным, без выбоин и неровно-

стей, на нем не должно быть потеков и капель масла или СОЖ. Следует своевременно очищать станки от стружки. Уровень шума на рабочем месте должен быть не выше 70 дБ. Оптимальная освещенность — 200 лк. Для защиты глаз от стружки необходимо применять защитные очки, индивидуальные шитки и специальные кожухи для фрез, устанавливаемых на станке.

Эффективная эксплуатация фрезерного станка обеспечивается постоянным уходом за рабочим местом: смазкой узлов станка в соответствии с требованиями, изложенными в руководстве по его эксплуатации; периодической проверкой точности перемещения узлов станка (стола и др.) и при необходимости соответствующей регулировкой. В обязанности фрезеровщика входят уборка стружки и СОЖ, а также контроль исправности электрооборудования и электропроводки.

Правильная организация рабочего места принесет положительные результаты. Фрезеровщик должен быть предельно внимательным, так как станок является зоной повышенной опасности.

Контрольные вопросы

1. Как оборудовано рабочее место фрезеровщика?
2. Какими техническими средствами оснащено рабочее место фрезеровщика?
3. Что должен делать фрезеровщик для эффективной эксплуатации станка?

5.4. Технология фрезерования и оснастка

Фрезерные станки предназначены для обработки наружных и внутренних плоских, цилиндрических и фасонных поверхностей, прямых и винтовых канавок, резьб, зубчатых колес и т.п.

Режущий инструмент — это фрезы: цилиндрические, торцовые, концевые, угловые, шпоночные, фасонные и пр. Виды работ, выполняемых фрезерованием, показаны на рис. 5.6. Схема работы фрезы, ее элементы и геометрия, а также выбор режимов резания при фрезеровании приведены в гл. 2.

При работе на фрезерных станках используют большое количество различных приспособлений, которые служат для установки инструмента и закрепления заготовок, а также для расширения технологических возможностей фрезерных станков.

Инструментальная оснастка. Фрезы закрепляют на оправках и в патронах, которые, в свою очередь, различным образом крепят в шпинделе станка.

На рис. 5.7 показана установка цилиндрической насадной фрезы на длинной оправке. Положение фрезы 6 на оправке 3 регули-

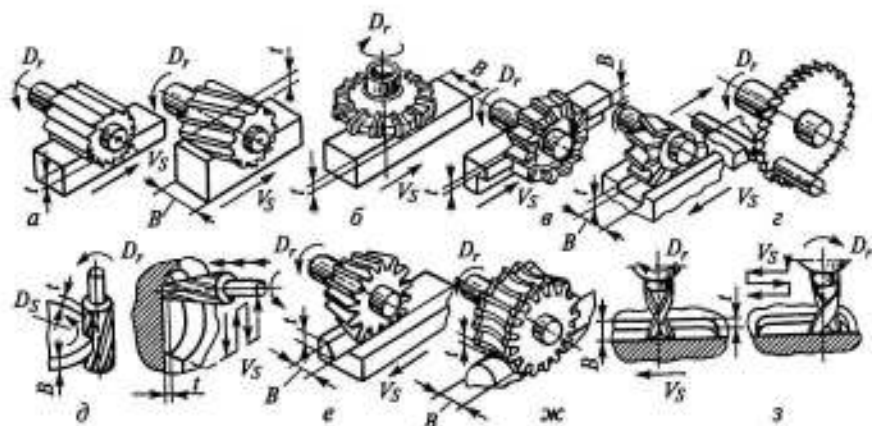


Рис. 5.6. Виды работ, выполняемых фрезерованием, и применяемые фрезы:

a — цилиндрические с прямыми и винтовыми зубьями; *б* — торцовая; *в* — дисковая; *г* — прорезная (отрезная); *д* — концевые; *е* — угловая; *ж* — фасонная; *з* — шпоночная (с обработкой пазов на всю глубину и с маятниковой подачей); *т* — глубина резания, мм; *B* — ширина фрезерования, мм; D_r — направление движения подачи; V_s — направление движения резания; V_s — скорость движения подачи

руется проставочными кольцами 5. Фреза и оправка связаны шпонкой 7. Конический хвостовик оправки, имеющий внутреннюю резьбу, вставляют в отверстие шпинделя 2 станка и затягивают шомполом 1. Для предотвращения проворачивания оправки, в шпиндель устанавливают сухари 4, которые входят в пазы шпинделя и фланца оправки. Свободный конец длинной оправки поддерживает подвеска 8, установленная на хоботе станка.

Торцовые насадные фрезы можно устанавливать на оправках или непосредственно на шпинделе станка (рис. 5.8). Фрезу 1 цилиндрическим пояском надевают на шпиндель 4 станка и притягивают винтами 3. Крутящий момент от шпинделя к фрезе передается торцевой шпонкой 2.

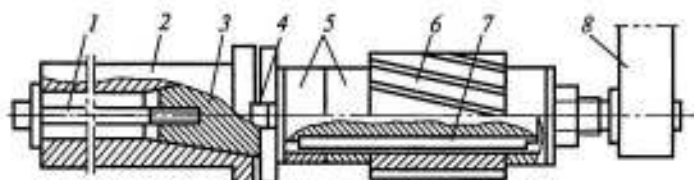


Рис. 5.7. Установка цилиндрической фрезы на длинной оправке:

1 — шомпол; 2 — шпиндель; 3 — оправка; 4 — сухарь; 5 — проставочные кольца; 6 — фреза; 7 — шпонка; 8 — подвеска

Концевые фрезы выпускают с коническим и цилиндрическим хвостовиками. Фрезы с коническим хвостовиком устанавливают в шпиндель станка, используя переходные втулки. Концевые фрезы с цилиндрическим хвостовиком закрепляют в патроне, который коническим хвостовиком вставляют в шпиндель станка. Конструкция одного из таких патронов показана на рис. 5.9. Фрезу 1 устанавливают в цангу 2 и гайкой 3 закрепляют в корпусе патрона 4.

В процессе работы на фрезерных станках много времени занимает затяжка шомпола при креплении инструмента. Для сокращения этих непроизводительных затрат применяют различные быстродействующие зажимные приспособления.

Приспособления для установки и закрепления заготовок на фрезерных станках — это различные прихваты, подставки, угловые плиты, призмы, машинные тиски, столы и вспомогательные инструменты, механизмирующие и автоматизирующие закрепление заготовок и тем самым сокращающие вспомогательное время.

Прихваты (рис. 5.10, а) используют для закрепления заготовок или каких-либо приспособлений непосредственно на столе станка с помощью болтов. Нередко один из концов прихвата 2 опирается на подставку 1 (рис. 5.10, б).

Если при обработке заготовок необходимо получить плоскости, расположенные под углом одна к другой, то применяют уг-

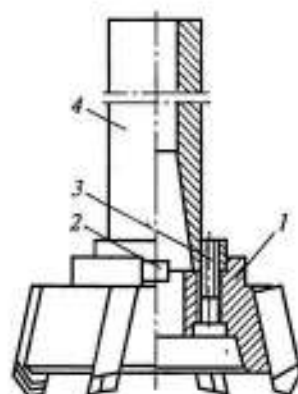


Рис. 5.8. Установка торцовых насадных фрез на шпиндель станка:
1 — фреза; 2 — шпонка; 3 — винт; 4 — шпиндель

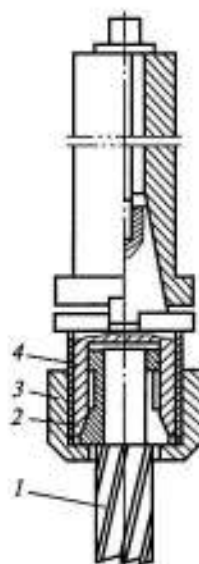


Рис. 5.9. Установка концевых фрез с цилиндрическим хвостовиком в патроне:
1 — фреза; 2 — цанга; 3 — гайка; 4 — патрон

ловые плиты: обычные (рис. 5.11, *а*) и универсальные, допускающие поворот вокруг одной (рис. 5.11, *б*) или двух осей (рис. 5.11, *в*).

Машинные тиски могут быть простыми неповоротными (рис. 5.12, *а*), поворотными (поворот вокруг вертикальной оси, рис. 5.12, *б*), универсальными (поворот вокруг двух осей, рис. 5.12, *в*) и специальными (например, для закрепления валов, рис. 5.12, *г*): с ручным, пневматическим, гидравлическим или пневмогидравлическим приводом.

Столы для установки и закрепления заготовок бывают неповоротными (рис. 5.13, *а*) и поворотными (рис. 5.13, *б*) с ручным, пневматическим, гидравлическим или электрическим приводом. Поворотные столы позволяют обрабатывать на станке фасонные поверхности заготовки, а также применять метод непрерывного фрезерования, когда во время обработки одной заготовки уже готовые детали снимают и на их место устанавливают новые заготовки. Непрерывное вращение стола обеспечивает отдельный привод или привод станка.

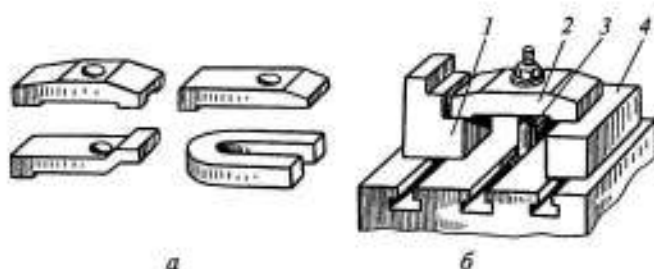


Рис. 5.10. Прихваты и подставка:

а — прихваты для крепления детали непосредственно на столе станка; *б* — прихват, опирающийся на подставку: 1 — подставка; 2 — прихват; 3 — болт; 4 — заготовка

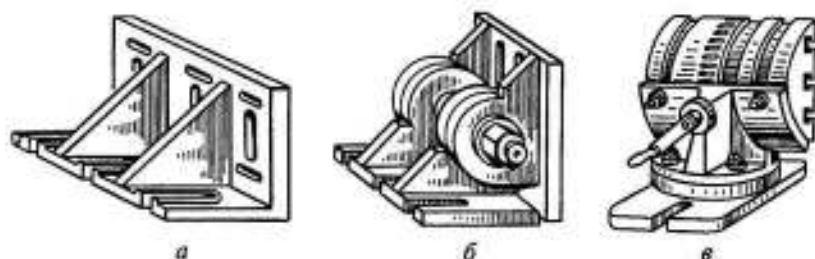


Рис. 5.11. Угловые плиты:

а — обычные; *б* — универсальные, допускающие поворот вокруг одной оси; *в* — универсальные, допускающие поворот вокруг двух осей

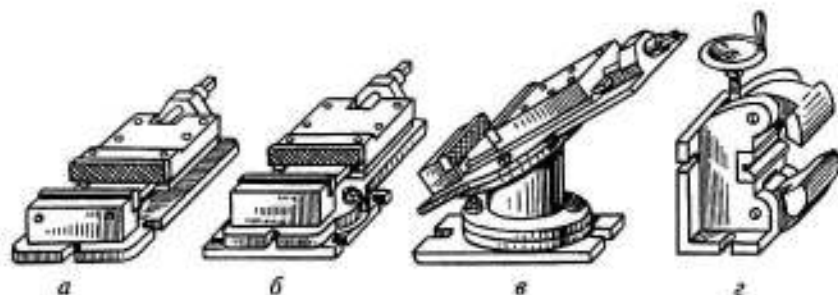


Рис. 5.12. Машинные тиски:

а — неповоротные; *б* — поворотные; *в* — универсальные; *г* — специальные

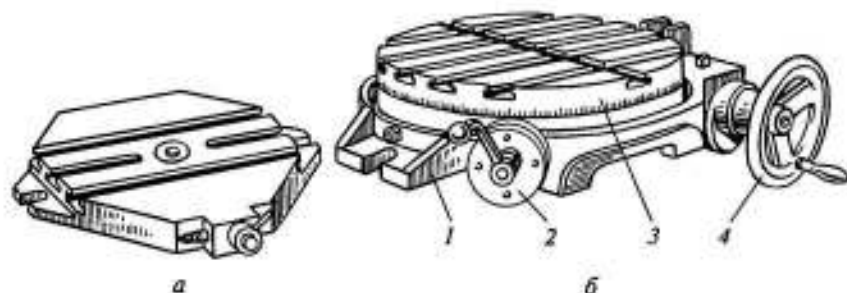


Рис. 5.13. Столы:

а — неповоротный; *б* — поворотный; 1 — кронштейн для крепления стола на станке; 2 — стопор; 3 — шкала отсчета угла поворота; 4 — рукоятка ручного поворота

Нередко на фрезерных станках (как и на токарных) для закрепления заготовок, имеющих цилиндрические поверхности, используют кулачковые поводковые и цанговые патроны (рис. 5.14).

Значительного сокращения вспомогательного времени и повышения производительности труда при фрезеровании достигают благодаря применению механизированных и автоматизированных зажимных приспособлений, которые в условиях крупносерийного производства нередко используют вместе с загрузочными устройствами.

При работе на фрезерных станках для закрепления заготовок широко применяют универсально-сборные приспособления (УСП), которые собирают из готовых нормализованных взаимозаменяемых деталей (рис. 5.15). После обработки на станке партии заготовок такое приспособление разбирают и из его деталей конструируют новые приспособления. Универсально-сборные приспособления позволяют значительно сократить сроки на проектирование и изготовление устройств, необходимых для закрепления за-

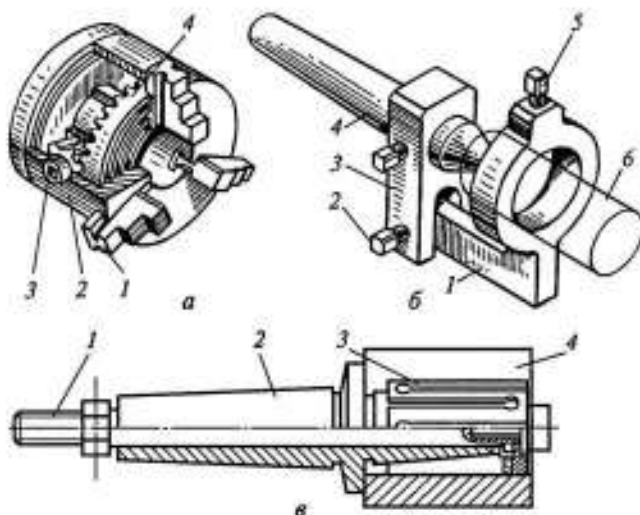


Рис. 5.14. Патроны:

а — кулачковый: 1 — кулачки; 2 — корпус; 3 — коническая шестерня с отверстием под ключ; 4 — зубчатая рейка для перемещения кулачков; *б* — поводковый: 1 — поводок; 2 — винт крепления поводка; 3 — скоба для крепления поводка; 4 — задний центр; 5 — винт крепления заготовки; 6 — заготовка; *в* — цанговый: 1 — винт крепления патрона; 2 — хвостовик; 3 — цанга; 4 — заготовка

готовок, что особенно важно в условиях единичного и мелкосерийного производства.

Приспособления, расширяющие возможности фрезерных станков. Делительные головки используют в основном на консольных и широкоуниверсальных станках для закрепления заготовки и поворота ее на различные углы путем непрерывного или прерывистого вращения. В зависимости от конструкции головки окружность заготовки может быть разделена на равные или неравные части. При нарезании винтовых канавок заготовке сообщаются одновременно непрерывное вращательное и поступательное движения, как, например, при обработке стружечных канавок у сверл, фрез, метчиков, разверток и зенкеров. Такие головки применяют

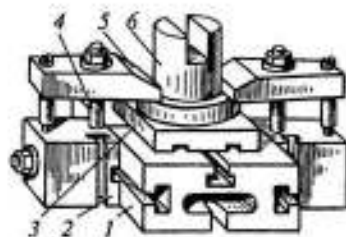
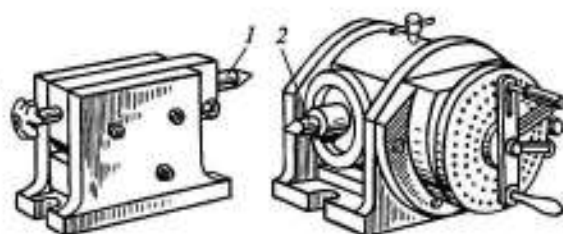


Рис. 5.15. Универсально-сборное приспособление:

1 — базовая плита; 2 — опора; 3 — установочная планка; 4 — крепежный болт; 5 — прихват; 6 — обрабатываемая заготовка

Рис. 5.16. Лимбовая делительная головка:
1, 2 — центры для крепления детали



при изготовлении многогранников, нарезании зубчатых колес и звездочек, прорезании пазов, шлиц и т.п.

По принципу действия делительные головки подразделяют на лимбовые (простые и универсальные), оптические, безлимбовые и с диском для непосредственного деления. Лимбовые делительные головки 2 применяют для выполнения всех видов работ (рис. 5.16).

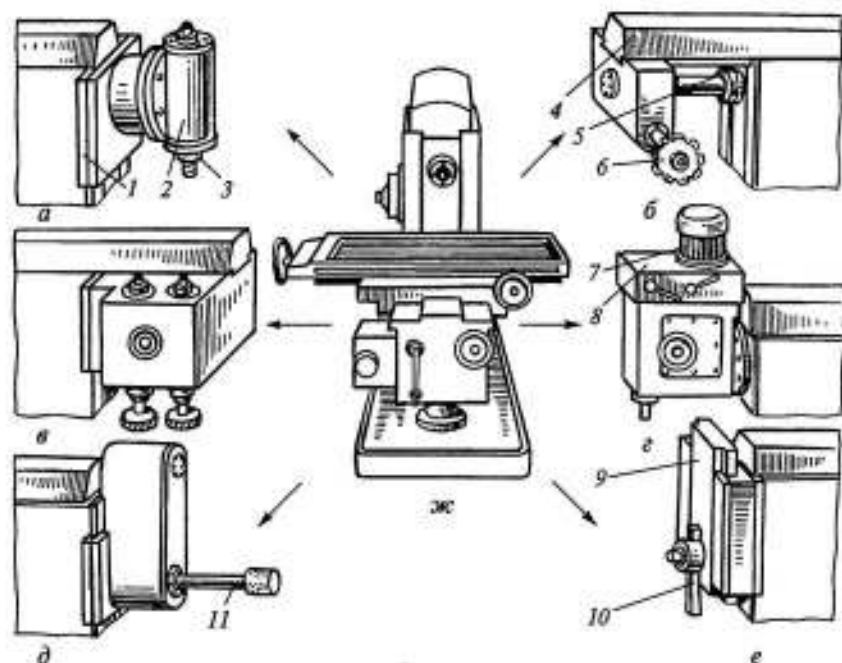


Рис. 5.17. Специальные приспособления, расширяющие технологические возможности фрезерных станков:

а — дополнительная вертикально-фрезерная головка; б — приспособление для фрезерования реек; в — двухшпиндельная фрезерная головка; г — сверлильная головка; д — шлифовальная головка; ж — долбежная головка; ж — общий вид станка; 1 — устройство для крепления на станке; 2 — инструментальная головка; 3 — концевая фреза; 4 — хобот станка; 5 — шпиндель станка; 6 — фреза; 7 — приводной электродвигатель; 8 — корпус головки; 9 — салазка инструмента; 10 — инструментальная оправка; 11 — шпиндель шлифовальной головки

Конструкция лимбовой делительной головки и методы ее наладки подробно рассмотрены в гл. 9.

Специальные приспособления, расширяющие технологические возможности фрезерных станков. Существуют две группы таких приспособлений:

- не изменяющие основное назначение фрезерного станка (дополнительные и многошпиндельные фрезерные головки, головки для фрезерования реек, копировальные приспособления и т. п.);
- в корне меняющие характер выполняемых работ (долбежные, сверлильные и шлифовальные головки).

Некоторые специальные быстросъемные приспособления, монтируемые на горизонтально-фрезерных станках, показаны на рис. 5.17.

Контрольные вопросы

1. Расскажите об инструментальной оснастке фрезерных станков.
2. Какие приспособления для крепления заготовок используют на фрезерных станках?
3. Какие специальные приспособления, расширяющие технологические возможности фрезерных станков, вы знаете?

5.5. Технология фрезерования плоских поверхностей и сколов

Плоскости обычно фрезеруют торцовыми и цилиндрическими фрезами. Диаметр торцовой фрезы D (мм) выбирают в зависимости от ширины B (мм) фрезерования с учетом соотношения $D = (1,3 \dots 1,8)B$. При фрезеровании торцовыми фрезами предпочтение следует отдавать несимметричной схеме резания. Размер смещения (мм) $k = (0,03 \dots 0,06)D$ (рис. 5.18).

Фрезерование плоскостей производят в такой последовательности: подводят заготовку под вращающуюся фрезу до легкого касания, затем отводят из-под фрезы, выключают шпиндель станка, устанавливают лимб вертикальной подачи (при фрезеровании плоской поверхности) или поперечной подачи (при фрезеровании плоской торцовой поверхности) на глубину фрезерования, включают шпиндель станка и перемещают вручную стол с заготовкой до касания с фрезой, после чего включают продольную подачу стола.

При обработке цилиндрическими фрезами длина фрезы должна на 10 ... 15 мм перекрывать требуемую ширину обработки. Диаметр фрезы выбирают в зависимости от ширины фрезерования и глубины резания t (мм).

При черновом фрезеровании обычно достигается точность размеров, соответствующая 11 и 12-му квалитетам, при чисто-

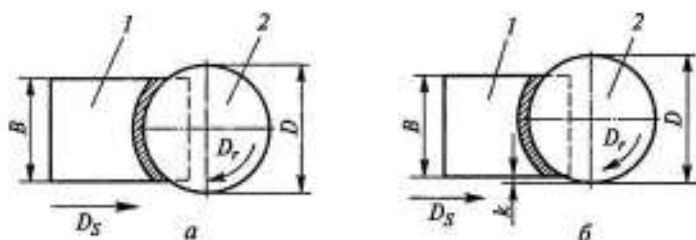


Рис. 5.18. Установка торцевой фрезы относительно заготовки:

a — симметрично (не рекомендуется); *б* — несимметрично (рекомендуется); 1 — заготовка; 2 — фреза; D — диаметр фрезы; B — ширина заготовки; D_r — направление движения резания; D_s — движение подачи; k — смещение центра фрезы относительно оси симметрии заготовки

вом — 8 и 9-му квалитетам. В отдельных случаях при тонком фрезеровании можно получить точность размеров, соответствующую 6 и 7-му квалитетам. Шероховатость обработанной поверхности колеблется от Rz 80 мкм до Ra 0,63 мкм. Наиболее низкие параметры шероховатости (Ra 1,25...0,63 мкм) получают тонким фрезерованием. Другой метод достижения низких параметров шероховатости плоских поверхностей на заготовках — это применение составных фрез, в корпусах которых закреплены черновые и чистовые резцы. Чистовые резцы устанавливают ниже черновых на величину, равную глубине чистового фрезерования. В корпусе фрезы можно устанавливать один или несколько чистовых резцов. При подаче $S_z = 1,5 \dots 2,5$ мм/зуб и скорости резания $v = 240 \dots 250$ м/мин достигается шероховатость поверхности Rz 5...2,5 мкм.

При обработке поверхностей торцевыми фрезами благодаря конструкции крепления инструмента процесс резания происходит спокойнее, чем при фрезеровании цилиндрической фрезой.

Концевыми фрезами можно фрезеровать вертикальные и небольшие горизонтальные плоскости. Применение наборов фрез при фрезеровании плоскостей позволяет повысить производительность процесса обработки и обрабатывать фасонные поверхности. Набор представляет собой группу фрез, установленных и закрепленных на одной оправке.

Плоскую поверхность детали, расположенную под определенным углом к горизонтали, называют наклонной, а наклонную плоскость небольших размеров — скосом.

Для фрезерования наклонных плоскостей и скосов используют следующие инструменты:

- цилиндрические, торцовые и концевые фрезы с поворотом заготовки на требуемый угол с помощью универсальной поворотной плиты (рис. 5.19, *a*);
- торцовые и концевые фрезы с поворотом фрезы на требуемый угол (рис. 5.19, *б*);

- специальные приспособления (рис. 5.19, *в, г*) для обработки цилиндрическими и торцовыми фрезами;
- угловые фрезы.

При фрезеровании с поворотом на требуемый угол заготовку закрепляют в универсальных тисках или на универсальной плите и поворачивают на угол так, чтобы плоскость, подлежащая обработке, располагалась параллельно поверхности стола.

Фрезерование наклонных плоскостей и скосов торцовыми и концевыми фрезами можно производить, поворачивая на требуемый угол не заготовку, а шпиндель инструмента. Это возможно осуществить на вертикально-фрезерных станках, у которых фрезерная головка со шпинделем поворачивается в вертикальной плоскости.

Фрезерование заготовок с наклонными плоскостями и скосами в условиях серийного и массового производства целесообразно производить в специальных приспособлениях, позволяющих устанавливать и закреплять заготовки без выверки.

Угловыми фрезами обрабатывают небольшие наклонные плоскости и скосы. В этом случае нет необходимости в повороте детали и фрезы.

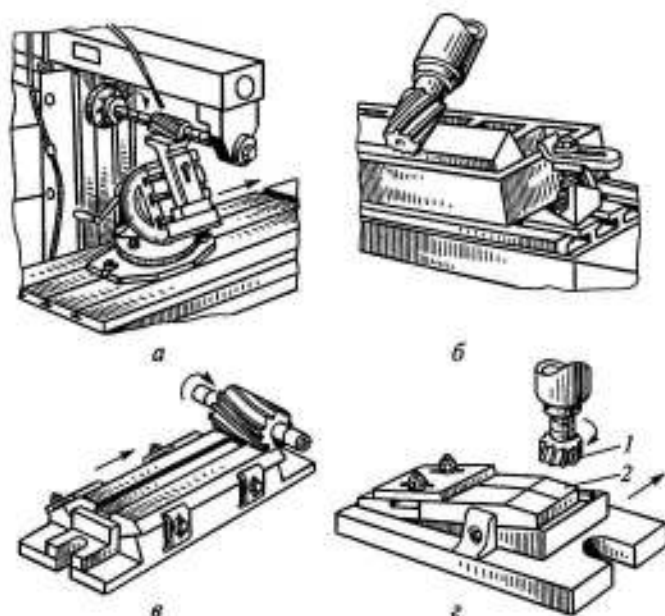
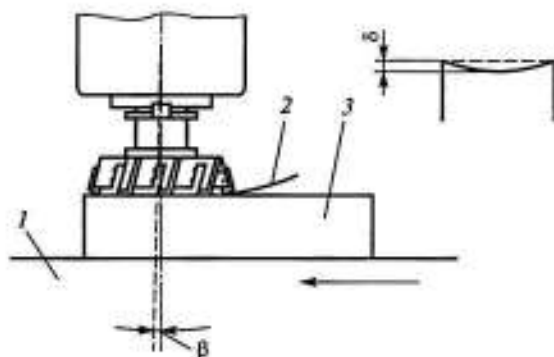


Рис. 5.19. Фрезерование наклонных плоскостей:

а — фрезерование наклонной плоскости на универсальной поворотной плите; *б* — фрезерование наклонной плоскости концевой фрезой; *в* и *г* — обработка наклонных плоскостей в специальных приспособлениях цилиндрической (*в*) и торцовой (*г*) фрезой; 1 — фреза; 2 — заготовка

Рис. 5.20. Неправильная установка торцевой фрезы при обработке плоскостей:

1 — стол станка; 2 — шуп; 3 — контрольная плита; β — угол поворота оси фрезы относительно перпендикуляра к плоскости стола; δ — неплоскостность обработанной заготовки



Погрешность плоскостности при обработке торцевой фрезой возникает, если ось вращения фрезы неперпендикулярна к обрабатываемой поверхности или, иначе, к плоскости стола станка. Плоскость получается вогнутой (рис. 5.20), и тем больше, чем больше угол β и чем меньше диаметр D торцевой фрезы.

При фрезеровании плоскости цилиндрической фрезой (набором фрез) погрешность плоскостности может быть вызвана так называемым подрезанием, которое выражается появлением лунки 1 на обработанной поверхности (рис. 5.21) и является результатом временного прекращения движения подачи, вследствие чего фреза некоторое время работает, вращаясь на одном месте. Упругие силы, действующие между фрезой и заготовкой, стремятся при этом сблизить их, что приводит к непроизвольному появлению лунки («выработки»), и тем большей, чем меньше жесткость системы СИД, чем больше усилие резания и чем дольше находится фреза на одном месте.

Контроль плоскостности обработанной поверхности производят лекальной линейкой. Неплоскостность при обработке торцевых поверхностей проверяют плоским угольником или рейсмасом. Неплоскостностью, или отклонением от плоскостности, называют наибольшее расстояние от реальной обработанной поверхности (плоскости) до прилегающей поверхности в пределах контролируемого участка. Прилегающей называется поверхность, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне

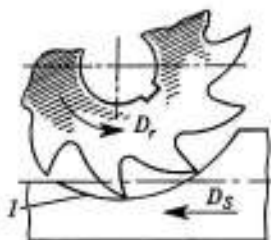


Рис. 5.21. Подрезание плоской поверхности, вызываемое временным прекращением движения подачи цилиндрической фрезой:

1 — лунка; D_r — направление движения резания; D_z — направление движения подачи

материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки обработанной реальной поверхности было минимальным в пределах контролируемого участка.

Наклонные плоскости и скосы контролируют с помощью шаблонов и рейсмахов.

Контрольные вопросы

1. Как производят фрезерование плоскостей?
2. Расскажите, какими фрезами осуществляют обработку плоскостей и в каких случаях.
3. Какие показатели точности размеров и шероховатости поверхности достигаются при фрезеровании?
4. Как осуществляют обработку заготовок с наклонными плоскостями и скосами?
5. Каким мерительным инструментом контролируют обработку плоских и торцовых поверхностей?

5.6. Технология фрезерования деталей, имеющих сопряженные плоскости, и многогранников

Сопряженные поверхности одной детали, т.е. поверхности, расположенные в разных плоскостях, могут быть параллельными, перпендикулярными или располагаться под любым углом. К таким плоскостям относятся смежные грани прямоугольной и квадратной призмы, куба, шестигранника, пирамиды и т.д.

Обработку заготовок, имеющих сопряженные плоскости, осуществляют на вертикально- и горизонтально-фрезерных станках торцовыми, концевыми и цилиндрическими фрезами, а также наборами фрез. На столе станка заготовки закрепляют в универсальных или в специальных приспособлениях.

Фрезерование прямоугольного бруска. Фрезеровщику в процессе работы приходится часто обрабатывать заготовки в виде прямоугольной призмы — бруска (рис. 5.22). В этом случае необходимо правильно выбрать базу и последовательность обработки поверхностей.

При закреплении заготовки в машинных тисках вначале должна быть обработана поверхность 1, имеющая наибольшую площадь (рис. 5.22, а). Заготовку при этом устанавливают в тисках так, чтобы противоположная ее поверхность 4 опиралась на направляющую поверхность тисков или на две параллельные подкладки равной высоты.

Во втором переходе (рис. 5.22, б) заготовку устанавливают обработанной поверхностью 1 к неподвижной губке тисков и при-

жимают к ней либо непосредственно подвижной губкой, либо, как показано на рисунке, используя в качестве прокладки кусок металла круглого сечения 5, расположенный в центре губок. Это исключает возможный перекос заготовки при закреплении. В такой позиции фрезеруют поверхность 2, смежную с базовой поверхностью 1. Второй и третий переходы (рис. 5.22, б) обеспечивают получение прямого угла между поверхностями 1 и 2 и 1 и 3. В последнем переходе (рис. 5.22, в) базой служит все та же поверхность 1. Брусок устанавливают поверхностью 1 на парные (имеющие равную высоту) параллельные подкладки и перед окончательным закреплением в тисках проверяют параллельность базовой поверхности 1 и стола. После этого заготовку окончательно закрепляют. Если все проведено правильно, то поверхности 1 и 4 должны быть параллельны и вместе с тем перпендикулярны к поверхностям 2 и 3.

Приведенная последовательность обработки бруска является рациональной как при черновом, так и при чистовом фрезеровании. При чистовой обработке во избежание повреждения обработанных поверхностей в процессе закрепления заготовки на губки тисков обычно надевают прокладки из листовой латуни или меди.

Обработка многогранников. Фрезерование квадратов. При фрезеровании квадрата из прутка заготовка в зависимости от ее длины может быть закреплена одним из следующих способов:

- в трехкулачковом патроне;
- в трехкулачковом патроне и центре задней бабки;
- в центрах универсальной делительной головки и задней бабки.

Фрезерование граней квадратов производят концевыми, торцовыми, дисковыми фрезами, а также набором дисковых фрез с закреплением заготовки в делительной головке на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках.



Рис. 5.22. Последовательность обработки плоско-параллельных и взаимно-перпендикулярных поверхностей бруска:

а—г — положение заготовки в зажимном приспособлении; 1—4 — обрабатываемые поверхности; 5 — прокладка

Фрезерование шестигранников. При обработке шестигранников можно достичь высокой производительности применением набора дисковых фрез.

Обработку плоскостей, сопряженных под острым и тупым углами, производят так же, как и наклонных плоскостей.

Взаимное расположение сопряженных плоскостей (параллельных и перпендикулярных), обработанных с переустановкой заготовок в тисках универсального горизонтально-фрезерного станка, контролируют штангенциркулями, угольниками, лекальными линейками, рейсмасами. Плоскости, расположенные под тупыми и острыми углами, контролируют шаблонами и рейсмасами, независимо от того, какими фрезами производят эту обработку: цилиндрическими или торцовыми.

Контрольные вопросы

1. Как вы представляете себе деталь, имеющую сопряженные плоскости и многогранники?
2. Расскажите об обработке заготовок, имеющих сопряженные плоскости.
3. Как осуществляют контроль деталей, имеющих сопряженные плоскости и многогранник?

5.7. Технология фрезерования пазов, канавок, уступов, и разрезания заготовок фрезой

Фрезерование пазов. Выемку металла в детали, ограниченную фасонными или плоскими поверхностями, называют пазом. Пазы бывают прямоугольными, Т-образными, типа «ласточкин хвост», фасонными, сквозными, открытыми, закрытыми и др. Обработка пазов является распространенной операцией на фрезерных станках различных типов и осуществляется дисковыми, концевыми и фасонными фрезами (рис. 5.23).

Сквозные прямоугольные пазы чаще всего фрезеруют дисковыми трехсторонними фрезами (рис. 5.23, а), дисковыми пазовыми или концевыми фрезами (рис. 5.23, б). При фрезеровании точных пазов ширина дисковой фрезы (диаметр концевой фрезы) должна быть меньше ширины паза, а фрезерование на заданный размер производят за несколько проходов. Обработка пазов концевыми фрезами требует правильного выбора направления вращения шпинделя станка относительно винтовых канавок фрез. Оно должно быть взаимно противоположным.

Фрезерование замкнутых пазов производят на вертикально-фрезерных станках концевыми фрезами (рис. 5.23, в). Диаметр фрез следует принимать на 1...2 мм меньше ширины паза. Врезание на

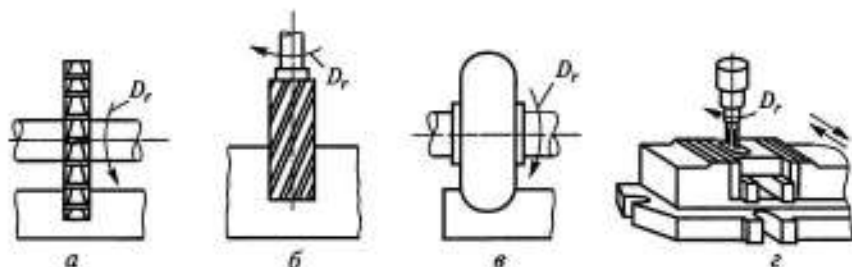


Рис. 5.23. Схемы фрезерования прямоугольных и фасонных пазов:

а — дисковые трехсторонние фрезы; *б* — дисковые пазовые или концевые фрезы; *г* — концевые фрезы; D_r — направление вращения фрезы

заданную глубину резания осуществляют перемещением стола с заготовкой в продольном и вертикальном направлениях, затем включают продольное движение подачи стола и фрезеруют паз на необходимую длину с последующими чистовыми проходами по боковым сторонам паза.

Криволинейные пазы фрезеруют за один рабочий ход на полную их глубину. Соответственно этому условию назначают результирующее движение подачи, равное сумме векторов поперечного и продольного движения подачи. Для уменьшения врезания в местах изменений направлений пазов необходимо вести обработку фрезами с минимальными вылетами и уменьшать скорости подачи.

Фрезерование пазов специальных профилей — Т-образных, типа «ласточкин хвост» — осуществляют на вертикально- или продольно-фрезерных станках за три (Т-образные пазы) или два (пазы типа «ласточкин хвост») перехода. Учитывая неблагоприятные условия работы Т-образных и одноугловых фрез, используемых при выполнении указанных операций, подача на зуб S_z не должна превышать 0,03 мм/зуб; скорость резания — 20...25 м/мин.

Особенности фрезерования шпоночных пазов. Шпоночные пазы на валах подразделяют на сквозные, открытые, закрытые и полузакрытые. Они могут быть призматическими, сегментными, клиновыми и др. (соответственно сечениям шпонок). Заготовки валов удобно закреплять на столе станка в призмах. Для коротких заготовок достаточно одной призмы. При большой длине вала заготовку устанавливают на двух призмах. Правильность расположения призмы на столе станка обеспечивается с помощью шипа в основании призмы, входящего в паз стола (рис. 5.24).

Шпоночные пазы фрезеруют пазовыми дисковыми фрезами, пазовыми затылованными

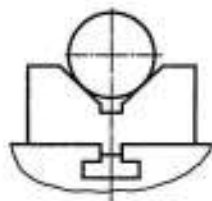


Рис. 5.24. Установка призмы на столе станка

(ГОСТ 8543—71), шпоночными (ГОСТ 9140—78) и насадными фрезами. Пазовая или шпоночная фреза должна быть установлена в диаметральной плоскости заготовки.

Фрезерование открытых шпоночных пазов с выходом канавки по окружности, радиус которой равен радиусу фрезы, производят дисковыми фрезами. Пазы, в которых не допускается выход канавки по радиусу окружности, фрезеруют концевыми или шпоночными фрезами.

Гнезда под сегментные шпонки фрезеруют хвостовыми и насадными фрезами на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках. Направление движения подачи — только к центру вала (рис. 5.25, *а*).

Для получения точных по ширине пазов обработку ведут на специальных шпоночно-фрезерных станках с маятниковой подачей (рис. 5.25, *б*). При этом способе фреза врезается на 0,2...0,4 мм и фрезерует паз по всей длине, затем опять врезается на ту же глубину и фрезерует паз на всю длину, но в другом направлении.

Для фрезерования шпоночных пазов рекомендуется применять шпоночные фрезы с $S_z = 0,02 \dots 0,04$ мм/зуб при скорости резания $v = 15 \dots 20$ м/мин; дисковые пазовые фрезы с $S_z = 0,03 \dots 0,06$ мм/зуб при скорости резания $v = 25 \dots 40$ м/мин.

Операцией, аналогичной фрезерованию пазов, является фрезерование канавок на заготовках режущих инструментов. Канавки могут быть расположены на цилиндрической, конической или торцевой части заготовок. В качестве инструмента для обработки канавок применяют одноугловые или двухугловые фрезы.

При фрезеровании угловых канавок на цилиндрической части режущего инструмента с передним углом $\gamma = 0^\circ$ одноугловыми фрезами вершины зубьев фрез должны проходить через диаметральную плоскость заготовки. Установку фрезы производят с помощью угольника (рис. 5.26, *а*) по центру вставленного в коническое от-

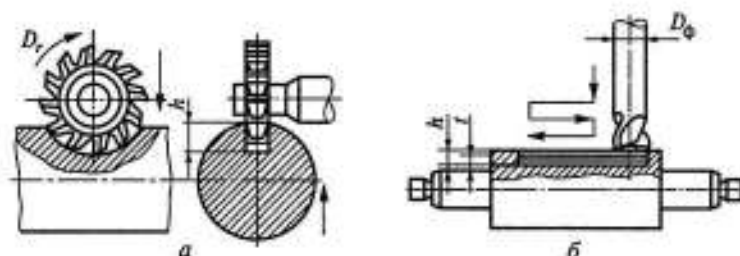


Рис. 5.25. Фрезерование шпоночных пазов:

а — дисковыми фрезами с вертикальным или поперечным движением подачи; *б* — шпоночными фрезами с маятниковым движением подачи; D_r — направление движения резания; h — глубина фрезерования; D_ϕ — диаметр концевой фрезы; t — припуск, снимаемый за один проход инструмента

верстие шпинделя так, чтобы вершины зубьев фрез и центра совместились, а затем перемещают заготовку в поперечном направлении на величину, равную половине ее диаметра, или по проведенной на торце или цилиндрической поверхности заготовки риске, проходящей через ее диаметральный плоскости (рис. 5.26, б).

При обработке угловых канавок с заданным положительным значением переднего угла γ торцовая поверхность одноугловой фрезы должна находиться от диаметральной плоскости на некотором расстоянии x (рис. 5.26, в), которое можно определить по формуле

$$x = D/(2\sin\gamma),$$

где D — диаметр заготовки, мм; γ — передний угол, °.

Вершины зубьев двухугловой фрезы при настройке на обработку угловых канавок следует установить в диаметральной плоскости с помощью одного из рассмотренных выше способов, а затем — сместить заготовку относительно фрезы на величину x (рис. 5.26, г), которая зависит от диаметра заготовки D , глубины профиля канавки h , угла рабочей фрезы δ и переднего угла фрезы γ .

$$x = D/(2\sin(\gamma + \delta) - h\sin\delta/\cos\gamma).$$

При $\gamma = 0^\circ$ $x = (D/2 - h)\sin\delta$.

Заготовка может быть установлена и закреплена одним из следующих способов: в центрах делительной головки и задней бабки или в центрах на оправке.

Угловые фрезы также используют при фрезеровании угловых канавок на конической поверхности. Устанавливают фрезы относительно диаметральной плоскости заготовки так же, как и при фрезеровании угловых канавок на цилиндрической поверхности.

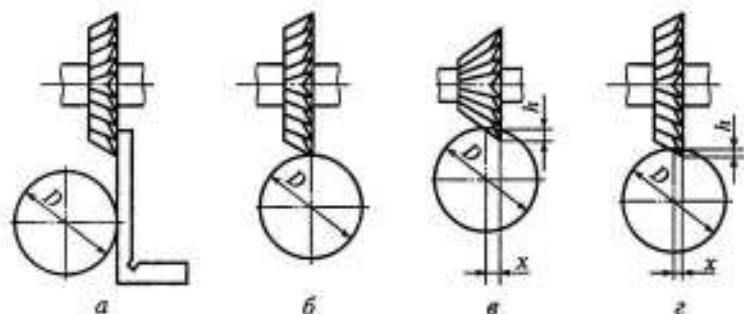


Рис. 5.26. Схема установок фрез при фрезеровании канавок режущих инструментов:

а, б, в, г — переходы при наладке станка; D — диаметр заготовки; h — глубина фрезерования; x — смещение торца фрезы относительно осевой плоскости заготовки

Заготовка при фрезеровании угловых канавок на конической поверхности может быть закреплена в трехкулачковом патроне, на концевой оправке, вставленной в коническое отверстие шпинделя делительной головки или в центры делительной головки и задней бабки. Последний из перечисленных способов установки заготовки используют при небольшом угле конусности.

Фрезерование уступов. Две взаимно-перпендикулярные плоскости образуют уступ. На заготовках может быть один или несколько уступов. Обработка уступов — это распространенная операция, которую и осуществляют дисковыми или концевыми фрезами, или набором дисковых фрез (рис. 5.27, *а — в*) на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках так же, как и обработку пазов. Уступы, имеющие большие размеры, фрезеруют торцовыми фрезами (рис. 5.27, *г*).

Торцовые фрезы используют при фрезеровании заготовок с широкими уступами на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках. Деталь с симметрично расположенными уступами обрабатывают на двухпозиционных поворотных столах. После фрезерования первого уступа деталь в приспособлении поворачивают на 180° .

Для легкообрабатываемых материалов и материалов средней трудности обработки с большой глубиной фрезерования применяют дисковые фрезы с нормальными и крупными зубьями. Фрезерование труднообрабатываемых материалов следует вести фрезами с нормальными и мелкими зубьями. При фрезеровании уступа следует брать дисковую фрезу, ширина которой на 5...6 мм больше ширины уступа. В этом случае точность размера уступа по ширине не зависит от ширины фрезы.

Разрезание заготовок. Операции полного отделения части материала от заготовки, разделения заготовок на отдельные части, а также образования одного или нескольких мерных узких пазов (прорезей, шлицов) осуществляют отрезными и прорезными

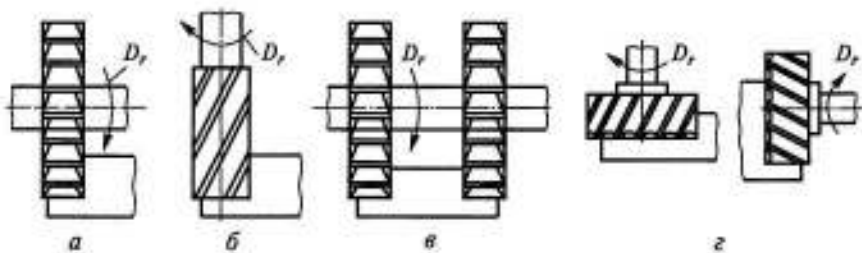


Рис. 5.27. Схема обработки уступов:

а — дисковыми фрезами; *б* — концевыми фрезами; *в* — набором фрез; *г* — торцовыми фрезами; D_f — направление движения резания

ми фрезами. Диаметр отрезной фрезы следует выбирать по возможности минимальным. Чем меньше диаметр фрезы, тем выше ее жесткость и виброустойчивость.

Заготовки чаще всего устанавливают и закрепляют в тисках (рис. 5.28). Отрезку тонкого листового материала и его разрезку на полосы предпочтительнее вести при попутном фрезеровании и небольших подачах ($S_z = 0,01 \dots 0,08$ мм/зуб). Скорости резания при отрезании отрезными и прорезными фрезами из бы-

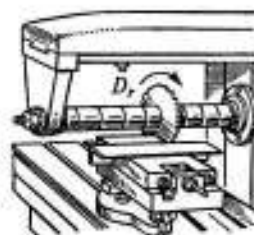


Рис. 5.28. Разрезание заготовок:
 D_r — направление движения резания

Таблица 5.1

Измерительный инструмент для контроля деталей после фрезерования

Вид обрабатываемой поверхности	Режущий инструмент	Станок	Приспособление	Измерительный инструмент
Сквозные прямоугольные пазы	Дисковая трехсторонняя фреза	Горизонтально-фрезерный	Тиски	Штангенциркуль, рейсмас, индикатор, измерительная линейка, шаблон
	Концевая фреза	Вертикально-фрезерный		
Шпоночные пазы	Дисковая трехсторонняя фреза	Горизонтально-фрезерный	Специальные тиски, призмы, прихваты	Штангенциркуль, рейсмас, шаблон, угольник
	Шпоночная фреза	Вертикально-и горизонтально-фрезерный		
Уступ с одной или с двух сторон	Дисковая двух- и трехсторонняя фреза	Горизонтально-фрезерный	Тиски	Штангенциркуль, рейсмас, измерительная линейка
		Вертикально-фрезерный		
Разрезание заготовок	Дисковая отрезная фреза	Горизонтально-фрезерный	Тиски	Рейсмас, измерительная линейка, штангенциркуль, угольник

строрежущей стали в зависимости от глубины фрезерования и подачи на зуб фрезы составляют: при обработке заготовок из серого чугуна $v = 12 \dots 65$ м/мин; из ковкого чугуна — $27 \dots 75$ м/мин; из стали — $24 \dots 60$ м/мин.

Контроль пазов, уступов и разрезанных заготовок. Эту операцию производят измерительным инструментом (табл. 5.1).

Контрольные вопросы

1. Расскажите о технологии фрезерования пазов.
2. Каковы особенности фрезерования шпоночных пазов на валах?
3. Что вы знаете о технологии фрезерования канавок?
4. Какие особенности технологии фрезерования уступов вам известны?
5. Расскажите о технологии разделения заготовок на фрезерных станках.
6. Как производится контроль пазов, уступов и разрезанных заготовок?

5.8. Технология фрезерования фасонных поверхностей

Общие правила. Обработку фасонных поверхностей на фрезерных станках можно осуществлять различными способами. Простейшим из них является фрезерование фасонных поверхностей фасонными фрезами (одной фрезой (рис. 5.29) или набором фрез (рис. 5.30).

Особенности фрезерования фасонных поверхностей штампов и пресс-форм. При обработке фасонных поверхностей особое внимание уделяют деталям штампов и пресс-форм, профили которых представляют собой сложное сочетание дуг окружностей с прямыми. Примером может служить обработка поверхности с использованием в качестве делительного приспособления головки и контроль профиля пуансона (рис. 5.31, а). Проверку взаимного расположения наклонной поверхности и цилиндрического пуансона производят с помощью двух роликов. Контрольный размер M определяют следующим образом:

$$M = d + O_1 O_2,$$

где d — диаметр контрольных роликов; O_1, O_2 — расстояние между центрами роликов.

$$O_1 O_2 = \sqrt{O_1 K^2 + O_2 K^2}; \quad O_1 K = 0,5d + AO + OB;$$

$$OB = \sqrt{(OO_2)^2 - (O_2 B)^2} = \sqrt{(R + 0,5d)^2 - (0,5H_1 + 0,5d)^2};$$

$$O_2K = 0,5d + 0,5H_1 + 0,5H_2 + CD + DE;$$

$$CD = L_1 \operatorname{tg} \varphi; DE = 0,5d \operatorname{tg}(45 + \varphi/2).$$

Рассмотрим пример использования формул для контроля результатов фрезерования.

Пример. Требуется проверить правильность выполнения профиля пуансона, если известно, что $R = 26$ мм; $L_1 = 30$ мм; $L_2 = 10$ мм; $H_1 = 16$ мм; $H_2 = 20$ мм; $\varphi = 15^\circ$; $d = 20$ мм.

$$DE = 0,5 \cdot 20 \cdot 1,3 = 13,03 \text{ мм}; CD = 30 - 0,2679 = 8,038 \text{ мм};$$

$$O_2K = 0,5 \cdot 20 + 0,5 \cdot 16 + 0,5 \cdot 20 + 13,03 + 8,038 = 49,068 \text{ мм};$$

$$OB = \sqrt{(26 + 0,5 \cdot 20)^2 - (0,5 \cdot 16 + 0,5 \cdot 20)^2} = 31,17 \text{ мм};$$

$$O_1K = 0,5 \cdot 20 + 10 + 31,17 = 51,17 \text{ мм};$$

$$O_1O_2 = \sqrt{(51,17)^2 + (49,068)^2} = 70,89 \text{ мм}; M = 20 + 70,89 = 90,89 \text{ мм}.$$

Операция фрезерования профиля пуансона осуществляется следующим образом. На стол 2 вертикально-фрезерного станка (рис. 5.31 а и б) устанавливают и закрепляют болтами 3 нижнюю плиту 1 синусных тисков δ , в которых устанавливают заготовку пуансона 5, предварительно отфрезерованную с припуском под дальнейшую обработку. Затем в шпиндель 7 вертикальной головки станка устанавливают фрезу 6. После этого подводят фрезу 6 к заготовке (позиции I и II) и снимают припуск, выдерживая раз-

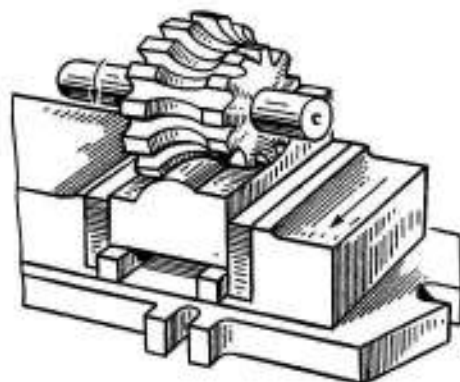


Рис. 5.29. Фрезерование фасонной поверхности фасонной фрезой

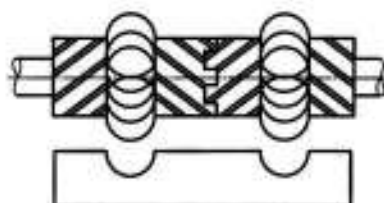


Рис. 5.30. Фрезерование фасонной поверхности набором фрез

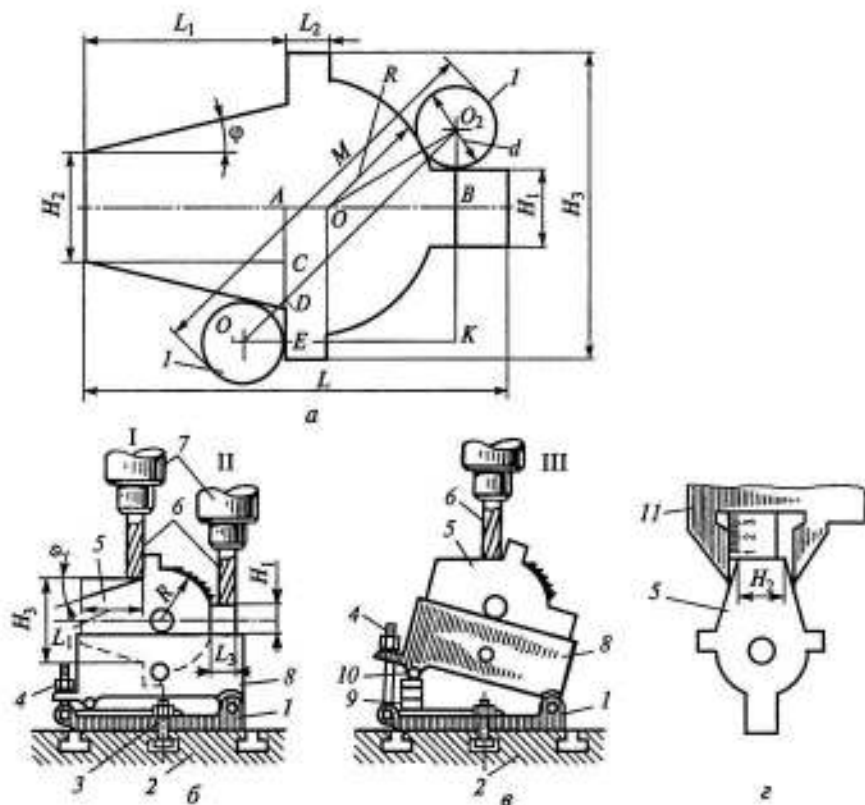


Рис. 5.31. Обработка сложного профиля пуансона вырубного штампа:

а — профиль пуансона: H_1 , H_2 , H_3 , B , A , O , C , D , E , K , L_1 , L_2 , M , R , ϕ — размеры пуансона; 1 — измерительные рамки; б — фрезерование параллельных поверхностей в синусных тисках; в — фрезерование наклонной поверхности в синусных тисках; г — контроль профиля пуансона штангенциркулем; 1 — нижняя плита тисков; 2 — стол станка; 3, 4 — болты; 5 — заготовка пуансона; 6 — фреза; 7 — шпиндель инструмента; 8 — синусные тиски; 9 — плитки концевых мер; 10 — ролик; 11 — штангенциркуль; ϕ , R , L_1 , H_1 , L_3 , H_2 — размеры пуансона

меры $H_1/2$, $H_3/2$, L_1 и L_3 . Затем заготовку пуансона 5, установленную в тисках, переворачивают на вторую сторону и фрезеруют те же поверхности, выдерживая размеры H_1 , H_2 , L_1 и L_3 . После этого, не меняя положение заготовки, синусные тиски 8 слегка поднимают и между роликом 10 (рис. 5.31, в, позиция III) и плоскостью плиты 2 укладывают два блока плиток концевых мер 9 и закрепляют их болтами 4. К заготовке пуансона 5 подводят фрезу 6 и фрезеруют наклонную поверхность под углом ϕ . Затем заготовку пуансона переворачивают и фрезеруют вторую наклонную поверхность; при этом периодически контролируют наклонные плос-

кости, выдерживая размер H_2 с помощью штангензубомера 11 (рис. 5.31, *з*).

Синусные тиски снимают со стола 1 станка, устанавливают делительное приспособление 2 (рис. 5.32), заднюю бабку 8 и закрепляют ее болтами 11 и 13. Затем в трехкулачковом патроне делительного приспособления 2 закрепляют хвостовик заготовки пуансона 5, а другой хвостовик прижимают центром 7 пиноли, вращая маховик 9, и закрепляют рукояткой 10. После этого фрезу 6 подводят к заготовке пуансона 5 и слегка освобождают шпиндель головки от зажима рукояткой 12. Вращая левой рукой рукоятку 3 поворотного диска шпинделя головки 2, фрезеруют сначала одну цилиндрическую поверхность, а затем — другую. При этом поворот заготовки пуансона 5 в центрах контролируют по угломерной шкале и нониусу 4 делительного приспособления, следя за тем, чтобы фреза не врезалась в поверхности шлицевых выступов.

На рис. 5.32, *б* показан способ измерения профиля пуансона 5 с помощью двух роликов и микрометра.

В практике инструментального производства приходится обрабатывать пуансоны и матрицы штампов и пресс-форм, профиль которых имеет большие радиусные поверхности (от 200 мм и бо-

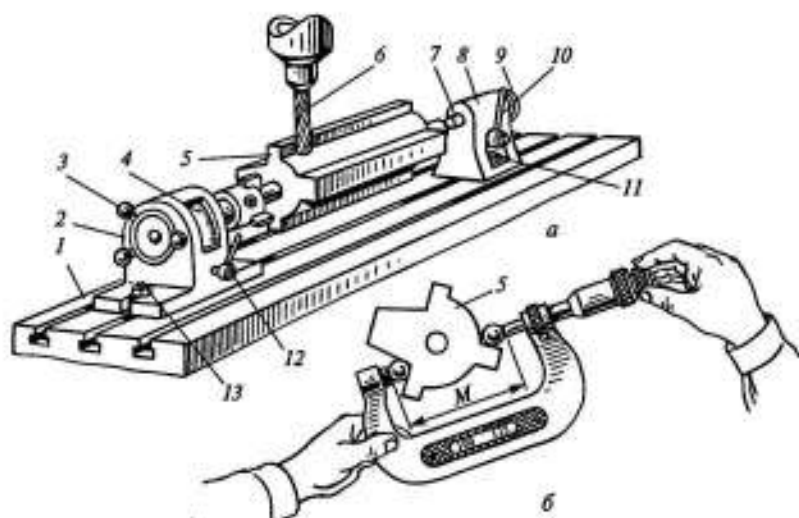


Рис. 5.32. Обработка цилиндрической поверхности пуансона в делительном приспособлении:

а — фрезерование, *б* — контроль обработанной поверхности; 1 — стол станка; 2 — делительное приспособление; 3 — рукоятка; 4 — нониус делительного приспособления; 5 — заготовка пуансона; 6 — фреза; 7 — центр; 8 — задняя бабка; 9 — маховик; 10 — рукоятка зажима; 11, 13 — болты; 12 — рукоятка; *М* — измеряемый размер

лее). Для обработки таких деталей используют поворотный стол, который устанавливают на стол фрезерного станка.

На рис. 5.33 показаны приемы фрезерования на вертикально-фрезерном станке большой заготовки пуансона гибочного штампа для получения выпуклых и вогнутых поверхностей.

Перед началом работы необходимо установить (предварительно) и слегка закрепить болтами 3 угольник 2 на поворотном столе 1 (рис. 5.33, б) вертикально-фрезерного станка. Затем к угольнику 2 прикладывают заготовку пуансона 4 и закрепляют ее с двух сторон струбцинами 5. В шпиндель 7 головки вставляют концевую фрезу 6, прикладывают к ее боковой части иглу (рис. 5.33, а) и приклеивают мастикой.

С помощью маховичков продольного и поперечного перемещений стола (см. рис. 5.33, б) и маховичка вертикальной шпиндельной головки подводят иглу к размеченной на заготовке пуансона 4 дуге окружности, но острие иглы чертилки не доводят до поверхности заготовки на 0,5...1 мм (см. рис. 5.33, а).

Вращением маховичка головки поворотного стола 1 (см. рис. 5.33, б) поворачивают стол с заготовкой и, слегка передвигая по столу 1 угольник 2 с заготовкой, устанавливают его в такое положение, чтобы риска расположилась под острием иглы. После этого окончательно закрепляют болтами 3 угольник 2 на столе станка и приступают к обработке профиля пуансона, при этом периодически проверяют его радиус по шаблону, а высоту профиля — микрометром.

На рис. 5.33, в показан прием фрезерования вогнутой поверхности на заготовке вкладыша 7 пресс-формы, который крепится болтами 3 на угольнике 2, расположенном на столе 1 и закрепленном на нем болтами. В шпиндель 5 вертикальной головки 6 вставляют концевую радиусную фрезу 4, прикладывают между ее зубьями изогнутый кусочек латунной проволоки диаметром 1,5 мм с запиленным острым концом (рис. 5.33, г) и приклеивают его мастикой. На заготовку устанавливают угольник 9 и прикладывают его к режущей части фрезы 4. Слегка отгибают проволоку так, чтобы ее острый конец коснулся плоскости угольника 9. Убедившись, что конец отогнутой проволоки находится в одной плоскости с фрезой 4, не меняя установку фрезы с иглой, снимают угольник 9, и с помощью маховичков продольного и поперечного перемещений стола 1 и маховичка вертикальной подачи шпиндельной головки 6 подводят острый конец проволоки к заготовке вкладыша 7 и, вращая рукой поворотный стол 1, слегка перемещают по столу угольник 2 до тех пор, пока острый конец проволоки не совместится с размеченной риской на заготовке. После этого окончательно закрепляют болтами 8 угольник на поворотном столе 1 и приступают к обработке вогнутой цилиндрической поверхности вставки матрицы пресс-формы.

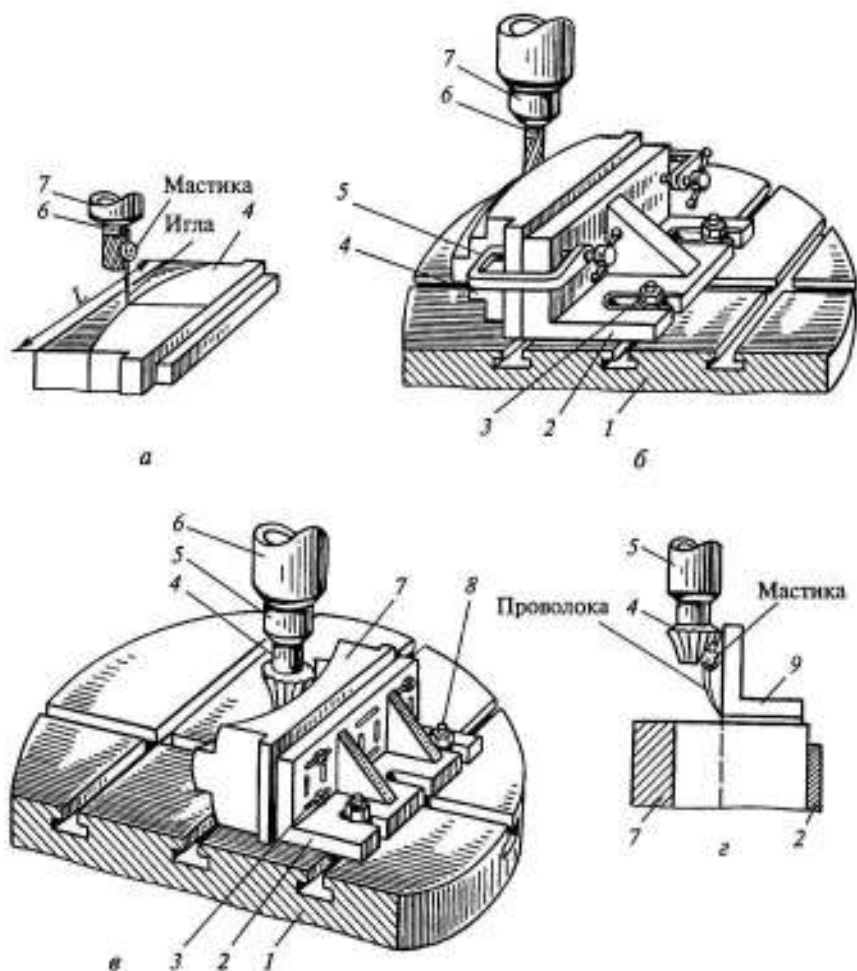


Рис. 5.33. Приемы фрезерования больших заготовок для получения выпуклых и вогнутых поверхностей:

а, б — фрезерование выпуклых поверхностей: 1 — поворотный стол; 2 — угольник; 3 — болты; 4 — заготовка лунсона; 5 — струбины; 6 — концевая фреза; 7 — шпиндель; *в, г* — фрезерование вогнутых поверхностей: 1 — стол; 2 — угольник; 3 — болты; 4 — концевая фреза; 5 — шпиндель; 6 — инструментальная головка; 7 — заготовка; 8 — болты; 9 — угольник

Особенности технологии копировально-фрезерной обработки. Для изготовления объемных изделий с плавными переходами используют копировально-фрезерные станки. Они имеют задающее устройство (копир, шаблон, эталонную деталь, чертеж, модель и др.), связанное через копировальное устройство (шуп, копировальный палец, копировальный ролик, фо-

тоэлемент) с исполнительным органом, который повторяет движение копировального устройства для воспроизведения режущим инструментом заданной формы изделия.

Существуют две схемы работы копировально-фрезерных станков: со следящей системой и без нее. При работе по первой схеме согласование положения шупа (копировального пальца) осуществляется с помощью жесткой связи между задающим и исполнительными устройствами. Вторая схема имеет следящий механизм в системе исполнения команд. В задающем устройстве образуются управляющие сигналы, поступающие в следящий механизм, который сравнивает заданную программу с выполненной и при их расхождении подает сигнал исполнительному устройству для корректирования траектории режущего инструмента.

Контрольные вопросы

1. Как обрабатывают фасонные поверхности на различных фрезерных станках?
2. В чем заключаются особенности обработки сложных фасонных поверхностей деталей штампов и пресс-форм?
3. Какие приемы фрезерования выпуклых и вогнутых поверхностей на вертикально-фрезерном станке вы знаете?
4. Расскажите об особенностях копировально-фрезерной обработки.
5. Как производят контроль некоторых фасонных поверхностей, полученных фрезерованием?

5.9. Основные правила безопасной работы на фрезерных станках

Во избежание получения травм фрезеровщик, кроме общих правил безопасной работы на станках, должен соблюдать следующие специфические правила, обусловленные особенностями фрезерных станков:

- надежно и жестко закреплять приспособления, фрезу и заготовки на станке;
- обязательно применять ограждения и приспособления для улавливания и отвода стружки, а в случае невозможности их использования — применять средства индивидуальной защиты (очки или щитки);
- использовать для снятия заусенцев слесарный инструмент либо абразивный брусок для предотвращения ранения рук о заусенцы или острые кромки при снятии обработанной детали, а также при ее измерении;
- запрещается обдувка стола сжатым воздухом и использование металлических щеток и крючков на работающем станке;

- удалять стружку в процессе работы только кисточкой, длина ручки которой должна быть не менее 250 мм. Не допускать наличие разбросанной по полу стружки;

- удалять стружку с приспособления, со стола и станины щеткой, а очищать от стружки и загрязнений пазы стола и другие труднодоступные места — кисточкой или заостренной деревянной палочкой. Собирать стружку с основания станка и убирать ее в специальный ящик;

- не нарушать правило, запрещающее работать на станке в рукавицах или перчатках, а также с забинтованными пальцами, не защищенными резиновыми напальчниками.

Запрещается измерять заготовку в процессе ее фрезерования.

Контрольные вопросы

1. Расскажите о специфических правилах безопасности работы на фрезерных станках.
2. Почему нельзя обдуть стол фрезерного станка сжатым воздухом?
3. Можно ли работать на станке с забинтованными пальцами?

Глава 6

СВЕРЛИЛЬНЫЕ СТАНКИ И ТЕХНОЛОГИЯ СВЕРЛИЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ

6.1. Основные типы сверлильных станков и их обозначение

Сверлильные станки предназначены для обработки отверстий в сплошном материале, рассверливания, зенкерования и развертывания уже существующих в заготовке отверстий, нарезания внутренних резьб, вырезания дисков из листового материала и выполнения подобных операций сверлами, зенкерами, развертками, метчиками и другими инструментами.

Основными параметрами станка являются наибольший условный диаметр сверления отверстия (по стали), вылет и максимальный ход шпинделя и т. д.

В зависимости от области применения различают станки универсальные и специальные, предназначенные для обработки конкретных изделий, например, путем их оснащения многошпиндельными сверлильными и резьбонарезными головками и автоматизации цикла работы с помощью электрических, гидравлических и других устройств (механизмов смены инструментов, на-

пример револьверных головок; многопозиционных поворотных столов с автоматически действующими зажимными приспособлениями; устройств контроля целостности инструмента; других устройств, обеспечивающих надежную работу в условиях автоматизированного производства).

Существуют следующие основные типы универсальных станков: вертикально-сверлильные одно- и многошпиндельные (рис. 6.1); радиально-сверлильные (рис. 6.2); горизонтально-сверлильные для глубокого сверления (рис. 6.3) и горизонтально-центровальные.

Сверлильно-расточные станки на основании классификации, приведенной в табл. 1.1, отнесены ко второй группе, внутри которой их делят на типы (см. табл. 1.1): 1 — вертикально-сверлильные; 2 — одношпиндельные полуавтоматы; 3 — многошпиндельные полуавтоматы; 5 — радиально-сверлильные; 8 — горизонтально-сверлильные; 9 — разные сверлильные.

Модели станков обозначают буквами и цифрами. Первая цифра обозначает, к какой группе относится станок, вторая — к какому типу, третья и четвертая цифры характеризуют размер станка или обрабатываемой заготовки. Буква, стоящая после первой цифры, означает, что данная модель станка модернизирована (улучшена). Если буква стоит в конце, то это означает, что на базе основной модели изготовлен отличный от него станок.

Например, станок модели 2Н118 — вертикально-сверлильный, максимальный диаметр обрабатываемого отверстия 18 мм, улучшен по сравнению со станками моделей 2И18 и 2А118. Станок модели 2Н118А также вертикально-сверлильный, диаметр обрабатываемого отверстия 18 мм, но он автоматизирован и предназ-

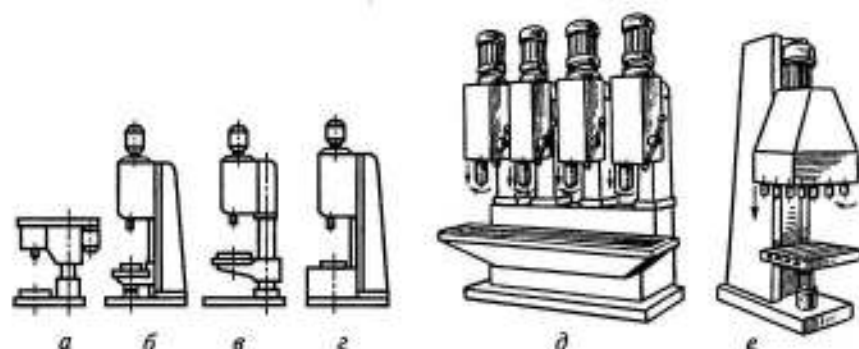


Рис. 6.1. Вертикально-сверлильные станки:

одношпиндельные: а — настольный; б — средних размеров на коробчатой основе; в — средних размеров на круглой колонне; г — тяжелый; многошпиндельные: д — станки с постоянными шпинделями, имеющими одну общую станину; е — станки с переставными шарнирно соединенными шпинделями

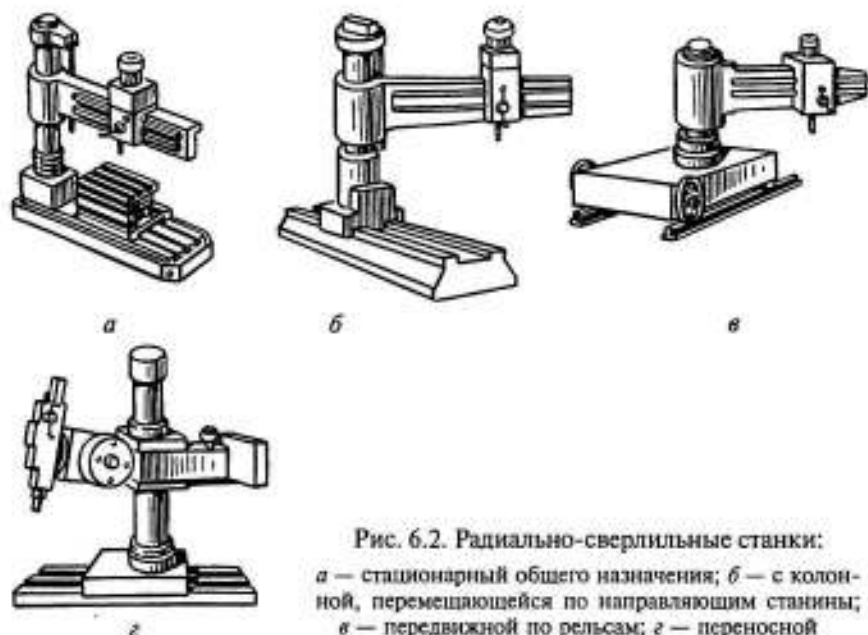


Рис. 6.2. Радиально-сверлильные станки:
а — стационарный общего назначения; *б* — с колонной, перемещающейся по направляющим станины;
в — передвижной по рельсам; *г* — переносной

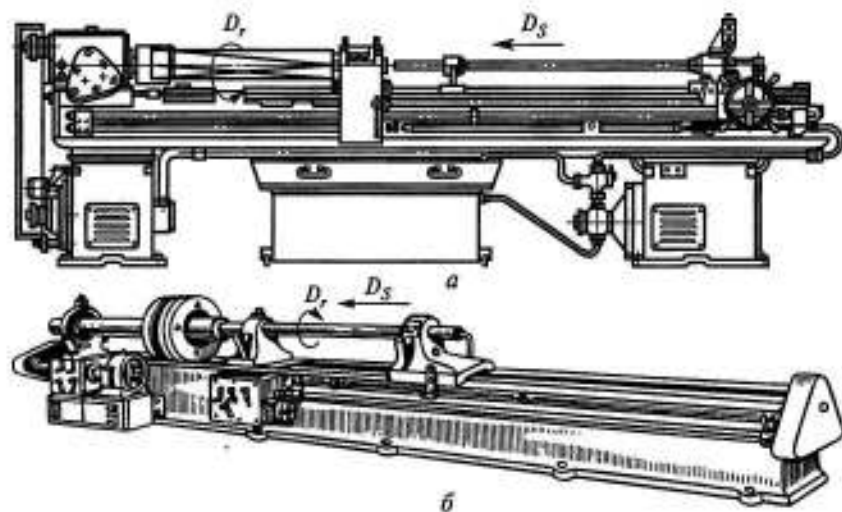


Рис. 6.3. Станки для глубокого сверления:
а — горизонтально-сверлильный для глубокого сверления вращающихся деталей;
б — горизонтально-сверлильный для глубокого сверления неподвижных деталей;
 D_r — направление движения резания; D_s — направление движения подачи

начен для работы в условиях мелкосерийного и серийного производства.

Кроме станков, изготавливаемых серийно, станкостроительные заводы выпускают много специальных станков. Эти станки, как правило, обозначают условными заводскими номерами.

Контрольные вопросы

1. В каких случаях применяют сверлильные станки?
2. Расскажите об основных типах сверлильных станков.
3. Расшифруйте модель сверлильного станка 2Н135А.

6.2. Устройство вертикально-сверлильного станка

В вертикально-сверлильных станках главным движением является вращение шпинделя с закрепленным в нем инструментом, а движением подачи — вертикальное перемещение шпинделя. Заготовку обычно устанавливают на стол станка или на фундаментную плиту, если она имеет большие габаритные размеры. Соосность отверстий заготовки и шпинделя достигается перемещением заготовки.

На станине (колонне) 1 станка (рис. 6.4) размещены основные узлы. Станина имеет вертикальные направляющие, по которым перемещается стол 9 и сверлильная головка 3, несущая шпиндель 7 и двигатель 2. Управление коробками скоростей и подач осуществляют рукоятками 4, ручную подачу — штурвалом 5. Контроль глубины обработки производят по лимбу 6. В нише размещают электрооборудование и противовес. В некоторых моделях для электрооборудования предусмотрен шкаф 12. Фундаментная

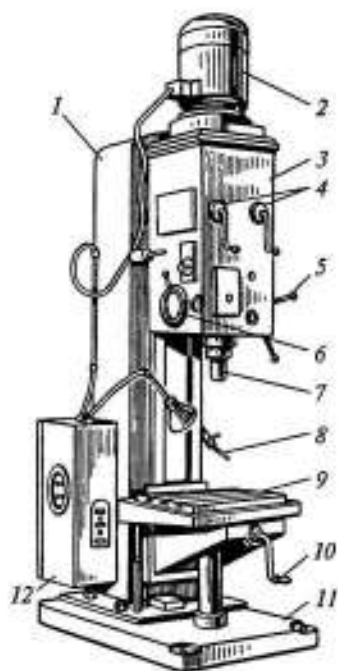


Рис. 6.4. Вертикально-сверлильный станок модели 2Н125

1 — колонна (станина); 2 — двигатель; 3 — сверлильная головка; 4 — рукоятки переключения коробок скоростей и подач; 5 — штурвал ручной подачи; 6 — лимб контроля глубины обработки; 7 — шпиндель; 8 — сопло охлаждения; 9 — стол; 10 — рукоятка подъема стола; 11 — фундаментная плита; 12 — шкаф электрооборудования

плита 11 служит опорой станка. В средних и тяжелых станках ее верхнюю плоскость используют для установки заготовок. Иногда внутренние полости фундаментной плиты являются резервуаром для СОЖ. Стол станка служит для закрепления заготовки. Он может быть подвижным (от рукоятки 10 через коническую пару зубчатых колес и ходовой винт), неподвижным (съёмным) или поворотным (откидным). Стол монтируют на направляющих станины или изготавливают в виде тумбы, установленной на фундаментной плите.

Охлаждающая жидкость подается электронасосом по шлангу 8. Смазывание узлов сверлильной головки также производят с помощью насоса. Остальные узлы смазывают вручную.

Сверлильная головка (рис. 6.5) представляет собой чугунную отливку, в которой смонтированы коробки скоростей и подач, шпиндель и другие механизмы. Коробка скоростей включает в себя двух- и трехвенцовый блок зубчатых колес, которые переключают с помощью рукоятки 15 и сообщают шпинделю различные угловые скорости. Это выполняется кулачково-зубчатым механизмом, передающим движение шлангам, на которых укреплены вилки, связанные с переключаемыми блоками. Например, шпиндель станка модели 2Н135 имеет двенадцать ступеней частоты вращения (от 31,5 до 1400 мин⁻¹), обеспечиваемых коробкой скоростей и двухскоростным электродвигателем 16. Коробку скоростей крепят к сверлильной головке 4 сверху.

Шпиндель станка получает вращение от шлицевой передачи, входящей в коробку скоростей 1, что позволяет шпинделю одновременно вращаться и перемещаться в осевом направлении совместно с гильзой. Осевые нагрузки, возникающие при сверлении, воспринимаются подшипниками, смонтированными в гильзе шпинделя.

Уравнение кинематической цепи вращения шпинделя

$$n_{\text{шп}} = 1450 \frac{30}{45} \left(\frac{25}{35} \text{ или } \frac{30}{30} \text{ или } \frac{35}{25} \right) \left(\frac{15}{42} \text{ или } \frac{35}{35} \right) \frac{25}{50} \left(\frac{15}{60} \text{ или } \frac{50}{25} \right) \text{ мин}^{-1}.$$

Коробка подач 2 обеспечивает девять подач в диапазоне 0,1 ... 1,2 мм/об. Переключение подач осуществляется рукояткой 3. Коробка подач получает вращение от вала VIII коробки скоростей, связанного со шпинделем постоянной передачей с зубчатыми колесами $z = 34$ и $z' = 60$.

Уравнение кинематической цепи движения подачи шпинделя

$$S_{\text{шп}} = 1 \text{ об. шп.} \cdot \frac{34}{60} \frac{19}{54} \left(\frac{16}{45} \text{ или } \frac{31}{31} \text{ или } \frac{45}{16} \right) \left(\frac{26}{36} \text{ или } \frac{31}{31} \text{ или } \frac{36}{26} \right) \times \\ \times \frac{1}{60} \pi \cdot 3 \cdot 13 \text{ мм/об.}$$

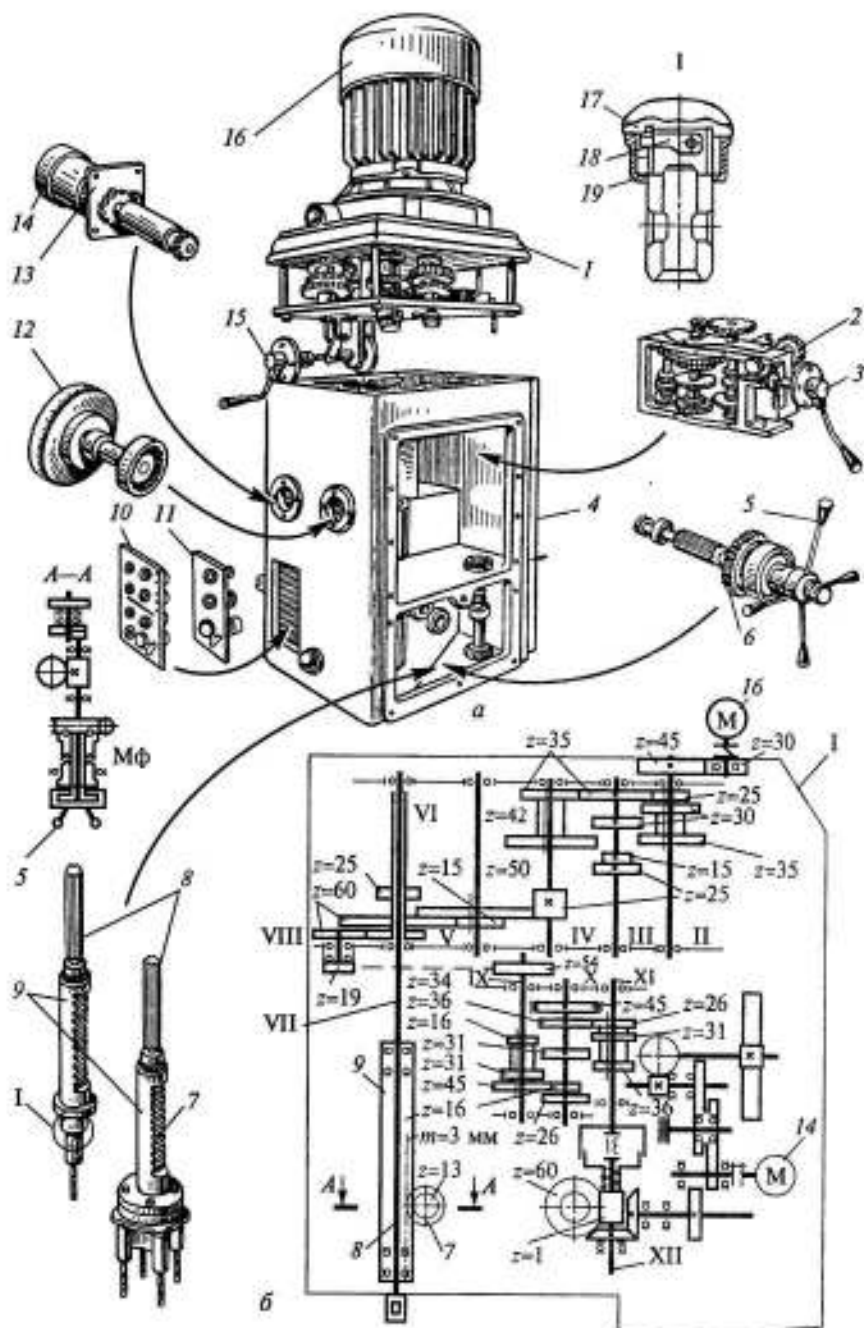


Рис. 6.5. Сверлильная головка:

а — общий вид; *б* — кинематическая схема; 1 — коробка скоростей; 2 — коробка подачи; 3 — рукоятка; 4 — корпус головки; 5 — штурвал; 6 — механизм; 7 — реечная передача; 8 — шпиндель для одного или нескольких инструментов; 9 — гильза; 10 — панель управления автоматизированным станком; 11 — кнопочная станция управления универсальным станком; 12 — механизм установки глубины обработки; 13 — механизм ускоренного перемещения шпинделя; 14 — электропривод ускоренного перемещения шпинделя; 15 — рукоятка; 16 — двухскоростной электродвигатель; 17 — обойма; 18 — кулачок; 19 — кожух; Мф — муфта

Передача движения от штурвала 5 механизма 6 через реечную передачу 7 непосредственно на гильзу 9 шпинделя 8 осуществляется при включенной муфте Мф. На рисунке показан шпиндель станка с установленной на нем четырехшпиндельной головкой.

Для извлечения инструмента из конуса шпинделя применяют специальный механизм, состоящий из выбивного кулачка 18, обоймы 17 и кожуха 19. При подъеме шпинделя обойма задерживается нижней стенкой корпуса сверлильной головки, а шпиндель, продолжая уходить вверх, увлекает за собой кулачок, который закреплен в нем шарнирно. Конец кулачка упирается в остановившуюся обойму, кулачок поворачивается и выдавливает инструмент из конуса шпинделя.

Станки снабжают устройствами для автоматического выключения механической подачи при достижении заданной глубины обработки. Глубина обработки устанавливается с помощью механизма 12, смонтированного на левой стороне головки. Механизм приводится в действие зубчатой парой и имеет диск с кулачками для установки глубины сверления и автоматического выключения с реверсом, а также лимб для визуального отсчета.

Затраты времени на вспомогательные ходы сокращаются благодаря механизму 13 ускоренного перемещения шпинделя с электроприводом 14. Управление универсальным станком осуществляется с помощью кнопочной станции 11, а автоматизированным станком — панели 10.

Контрольные вопросы

1. Расскажите об основных узлах вертикально-сверлильного станка.
2. Покажите на рис. 6.5, *б* кинематические цепи вращения шпинделя и движения его подачи.

6.3. Устройство радиально-сверлильного станка

В радиально-сверлильных станках (см. рис. 6.2) совмещение оси отверстия заготовки с осью шпинделя достигается перемещением шпинделя относительно неподвижной заготовки. По конструкции радиально-сверлильные станки подразделяют на станки общего

назначения; переносные для обработки отверстий в заготовках с большими габаритными размерами (станки переносят подъемным краном к заготовке и обрабатывают вертикальные, горизонтальные и наклонные отверстия) и самоходные, смонтированные на тележках закрепляемые при обработке с помощью башмаков.

Заготовку закрепляют на фундаментной плите *Б* (рис. 6.6) или приставном столе *А*. В цоколе плиты смонтирована поворотная колонна *В*, на которой размещен рукав *Е*, перемещающийся по колонне с помощью механизма подъема *Г*. Сверлильную головку *Д*, включающую в себя коробки скоростей и подач, перемещают по рукаву вручную. Совмещение инструмента и заготовки осуществляется поворотом рукава и перемещением по нему сверлильной головки.

Главное движение — это вращение шпинделя от электродвигателя М1 через зубчатую передачу $z = 33/39$, фрикционную муфту Мф1 и коробку скоростей с тремя двойными блоками Б1, Б3, Б4 и одним тройным Б2, которые обеспечивают заданный диапазон частот вращения шпинделя (24 теоретических значения и 21 практическое). Блок Б4 может занять положение, при котором оба колеса зубчатой передачи выведены из зацепления; в этом случае шпиндель легко поворачивается от руки. С помощью муфты Мф1 происходит реверсирование шпинделя.

Уравнение кинематической цепи привода шпинделя с максимальной частотой вращения можно представить в следующем виде:

$$n_{\max} = 1500 \left(\frac{33 \ 33 \ 29 \ 37 \ 48}{39 \ 35 \ 37 \ 28 \ 30} \right) = 2000 \text{ мин}^{-1}.$$

Движение подачи — это осевое перемещение шпинделя через зубчатую передачу $z = 33/54$, которое получает вал VI коробки подач, обеспечивающей 12 значений подач при переключении блоков Б5 и Б6 и муфты Мф3 в переборном блоке Б7. При включении муфты Мф4 на валу X получает вращение червячная передача $z = 2/38$ и реечное колесо $z = 13$, перемещающее рейку, нарезанную на гильзе шпинделя. Ручную подачу осуществляют вращением маховика 4. Перемещая штурвал 5 «от себя», включают муфту Мф5 и сообщают шпинделю механическую или ручную подачу. В положении штурвала «на себя» шпинделю можно сообщить большую ручную подачу. Уравнения кинематической цепи для определения минимальной $S_{\min}$ и максимальной $S_{\max}$ подач шпинделя можно представить в следующем виде:

$$S_{\min} = 1 \text{ об. шп.} \cdot \left(\frac{33 \ 17 \ 22 \ 18 \ 17 \ 2}{54 \ 48 \ 44 \ 49 \ 50 \ 38} \pi \cdot 3 \cdot 13 \right) = 0,056 \text{ мм/об.};$$

$$S_{\max} = 1 \text{ об. шп.} \cdot \left(\frac{33 \ 27 \ 38 \ 2}{54 \ 38 \ 27 \ 38} \pi \cdot 3 \cdot 13 \right) = 2,5 \text{ мм/об.}$$

Для получения подачи $S_{\max}$ включают муфту Мф3.

Вспомогательные движения. Перемещение сверильной головки осуществляют маховиком b через зубчатое колесо $z=16$ (см. разрез $A-A$) и накидное колесо $z=24$, соединенное с рейкой, укрепленной на рукаве. Зажим головки — гидравлический.

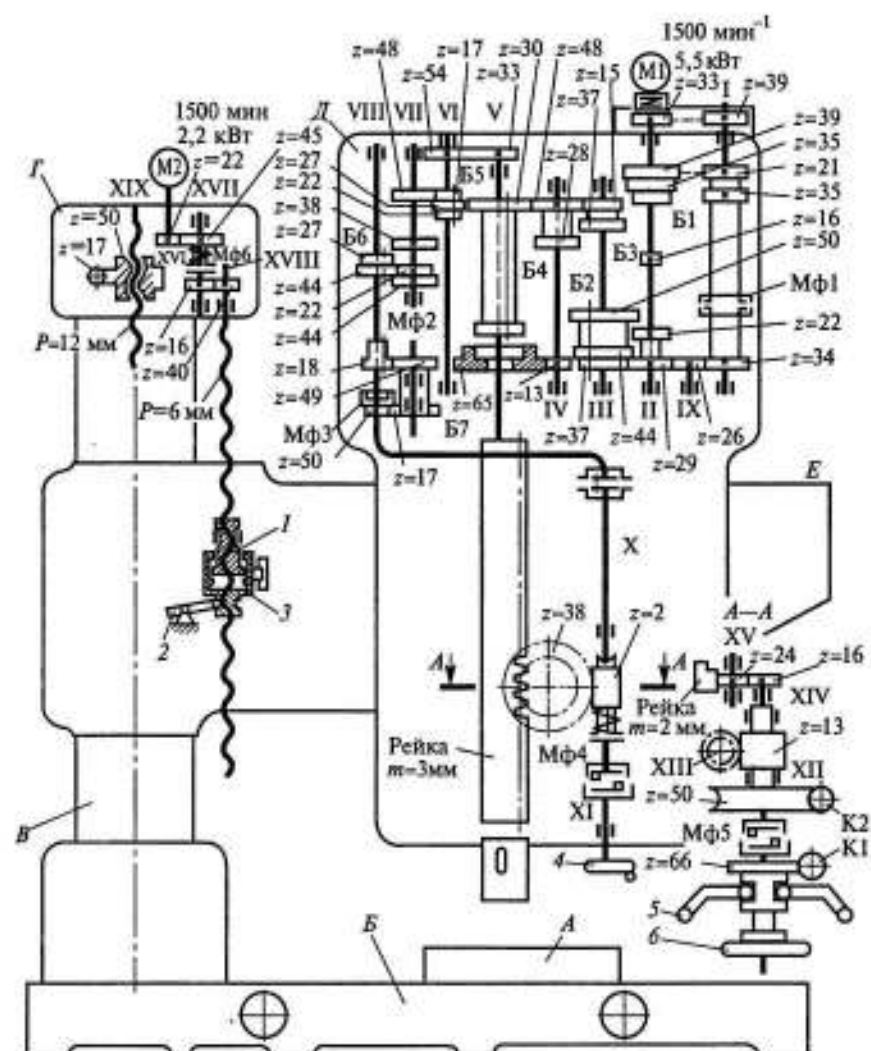


Рис. 6.6. Кинематическая схема радиально-сверильного станка:

A — приставной стол; B — фундаментная плита; B — поворотная колонна; Γ — механизм подъема; Δ — сверильная головка; E — рукав; $B_1, \dots, B_7$ — блоки; 1 — гайка подъема; 2 — система рычагов; 3 — гайка зажима; 4, 6 — маховики; 5 — штурвал; Мф1, ..., Мф6 — муфты; М1, М2 — электродвигатели; К1, К2 — червяки

Вертикальное перемещение рукава осуществляется от реверсивного электродвигателя М2 через зубчатые передачи $z = 22/45$; $16/40$ на ходовой винт с двумя гайками: подъема 1 и зажима 3. При вращении ходового винта гайка 1 вращается свободно, а гайка 3 перемещается вверх по винту, освобождая зажимное устройство рукава. При дальнейшем движении торцовые зубья гайки 3 входят в зацепление с зубьями гайки 1, вращение гайки 1 прекращается и она начинает перемещаться вверх или вниз (в зависимости от направления вращения электродвигателя) вместе с рукавом. При достижении гайкой (и рукавом) нужной высоты электродвигатель изменяет направление вращения; гайка зажима 3 движется в противоположном направлении, выходит из зацепления с гайкой 1, доходит до нейтрального положения и зажимает рукав через систему рычагов 2. Муфта Мфб предохраняет привод механизма подъема от перегрузки.

Зажим колонны — гидравлический, от плунжера (на рисунке не показан).

Контрольные вопросы

1. Расскажите об основных узлах радиально-сверлильного станка.
2. Покажите на рис. 6.6 кинематические цепи вращения шпинделя и движения его подачи.

6.4. Организация рабочего места сверловщика

Рациональная организация рабочего места сверловщика предусматривает обеспечение полной безопасности работы, установление порядка и нормальных условий труда, а также поддержание чистоты на рабочем месте.

На рис. 6.7 показано рабочее место сверловщика, работающего на вертикально-сверлильном станке, а на рис. 6.8 — на радиально-сверлильном станке.

Кроме сверлильного станка 1 (см. рис. 6.7) на рабочем месте расположен приемный столик 2, на котором устанавливают тару 5 с заготовками, подлежащими обработке, а также предусмотрены стеллаж 3 для хранения приспособлений, инструментальная тумбочка 8 для режущего, измерительного и вспомогательного инструментов, стеллаж-подставка под настольное оборудование 4.

На инструментальной тумбочке установлен планшет 6 для рабочих чертежей и технологической документации. Около станка кладут деревянную решетку 7 под ноги, на которой устанавливают вращающийся, с регулируемой высотой стул для станочника.

Рабочее место сверловщика, работающего на радиально-сверлильном станке (см. рис. 6.8), организовано так же, как предыду-

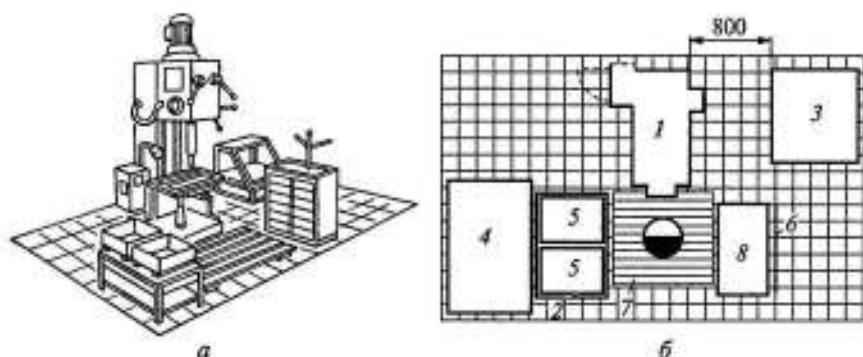


Рис. 6.7. Рабочее место сверловщика, работающего на вертикально-сверлильном станке:

a — общий вид; *б* — вид в плане; 1 — сверлильный станок; 2 — приемный столик; 3 — стеллаж; 4 — стеллаж-подставка под настольное оборудование; 5 — тара с заготовками; 6 — планшет; 7 — деревянная решетка; 8 — инструментальная тумбочка

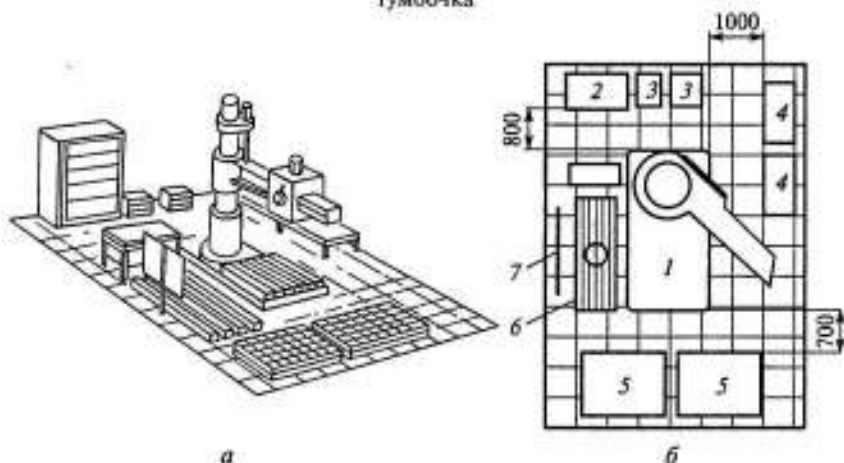


Рис. 6.8. Рабочее место сверловщика, работающего на радиально-сверлильном станке:

a — общий вид; *б* — вид в плане; 1 — радиально-сверлильный станок; 2 — инструментальный шкаф; 3 — стеллажи; 4 — передвижной приемный столик; 5 — подставки для корпусных деталей; 6 — деревянная решетка; 7 — планшет

щее. Помимо радиально-сверлильного станка 1 оно оснащено инструментальным шкафом для хранения инструмента 2, передвижным приемным столиком 4, подставками для корпусных деталей 5, стеллажами для хранения приспособлений 3, деревянной решеткой под ноги сверловщика 6 и планшетом 7 для рабочих чертежей и технологической документации. На деревянной решетке установлен вращающийся стул для сверловщика.

1. Как правильно организовать рабочее место сверловщика на вертикально-сверлильном станке?
2. Как правильно организовать рабочее место сверловщика на радиально-сверлильном станке?

6.5. Технология обработки на сверлильных станках и оснастка

На сверлильных станках можно выполнять не только сверление, но и другие технологические операции дальнейшей обработки отверстий. На современных сверлильных станках осуществляют следующие работы:

- сверление сквозных и глухих отверстий (рис. 6.9, *а*);
- рассверливание отверстий на больший диаметр (рис. 6.9, *б*);
- зенкерование, выполняемое для получения отверстия с высокими квалитетом и параметром шероховатости поверхности (рис. 6.9, *в*);
- зенкование, выполняемое для образования в основании просверленного отверстия гнезд с плоским дном под головки винтов и болтов (рис. 6.9, *г*);

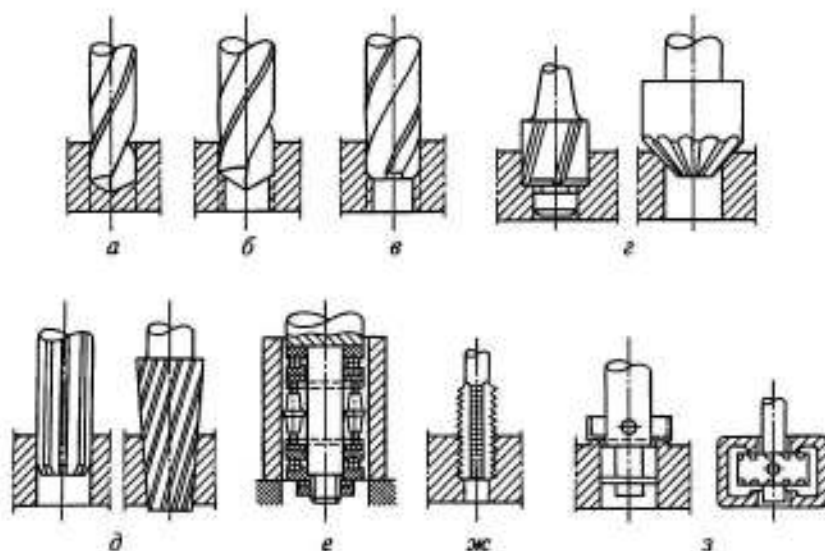


Рис. 6.9. Работы, выполняемые на сверлильных станках:

- а* — сверление; *б* — рассверливание; *в* — зенкерование; *г* — зенкование; *д* — разсвертывание; *е* — раскатывание; *ж* — нарезание внутренней резьбы; *з* — подрезание (цекование) торцов

- развертывание цилиндрических и конических отверстий, обеспечивающее высокую точность и шероховатость обрабатываемой поверхности (рис. 6.9, д);

- раскатывание отверстий специальными оправками со стальными закаленными роликами или шариками для получения плотной и гладкой поверхности отверстия, а также шероховатости Ra 0,63...0,08 мкм (рис. 6.9, е);

- нарезание внутренних резьб метчиками (рис. 6.9, ж);

- подрезание (цекование) торцов наружных и внутренних приливов для получения ровной поверхности, перпендикулярной к оси отверстия (рис. 6.9, з).

Технологические возможности сверлильных станков не исчерпываются перечисленными работами. На них можно развальцовывать полые заклепки, обрабатывать многогранные отверстия, а также выполнять другие операции.

Отверстия на сверлильных станках обрабатывают различными режущими инструментами: сверлами, зенкерами, зенковками, развертками, резцами и метчиками.

Классификация инструментов для обработки отверстий на сверлильных станках и режимы резания ими подробно приведены в гл. 2.

Для крепления сверл, разверток, зенкеров и других режущих инструментов в шпинделе сверлильного станка применяют следующие вспомогательные инструменты: переходные сверлильные втулки, сверлильные патроны, оправки и т.д.

Переходные конические втулки служат для крепления режущего инструмента с коническим хвостовиком, когда номер конуса хвостовика инструмента не соответствует номеру конуса в шпинделе станка, например на токарно-винторезных станках (см. гл. 4).

Наружные и внутренние поверхности переходных втулок выполняют с конусом Морзе семи номеров от (0 до 6) по ГОСТ 8522—70. Втулку вместе со сверлом вставляют в конусное гнездо шпинделя станка. Если одной втулки недостаточно, то применяют несколько переходных втулок, вставляя одну в другую.

Сверлильные патроны используют для крепления режущих инструментов с цилиндрическим хвостовиком диаметром до 20 мм.

В трехкулачковом сверлильном патроне инструменты закрепляют ключом (рис. 6.10, а). Внутри корпуса патрона (рис. 6.10, б) наклонно расположены три кулачка 1 с резьбами, объединенные гайкой 2. Обойму 3 вращают специальным ключом 4, вставленным в отверстие корпуса патрона. При вращении обоймы по часовой стрелке одновременно с ней вращается гайка.

Зажимные кулачки, опускаясь вниз, постепенно сходятся и зажимают цилиндрический хвостовик сверла или другого режу-

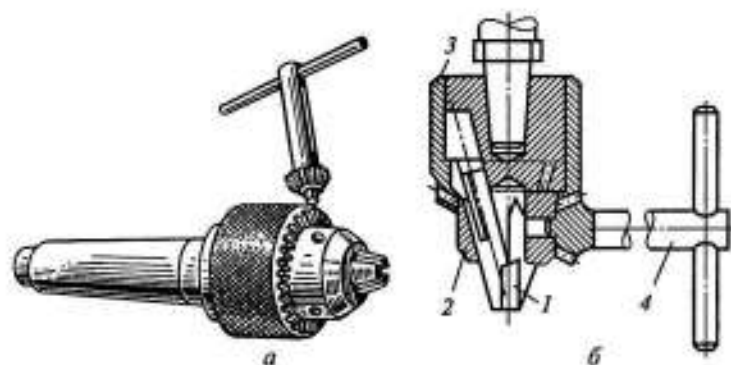


Рис. 6.10. Сверлильный патрон для закрепления сверл с цилиндрическим хвостовиком:

а — общий вид патрона с ключом для зажима заготовки; *б* — устройство патрона: 1 — кулачки; 2 — гайка; 3 — обойма; 4 — ключ

шего инструмента. При вращении обоймы против часовой стрелки кулачки, поднимаясь вверх, расходятся и освобождают зажатый инструмент.

В двухкулачковом сверлильном патроне хвостовик инструмента зажимают, перемещая в Т-образных пазах корпуса два кулачка. Эти кулачки сближают и разводят ключом при помощи винта, имеющего правую и левую резьбу.

Для зажима сверл малого диаметра с цилиндрическими хвостовиками часто используют цанговые патроны.

Быстросменные сверлильные патроны применяют для сокращения вспомогательного времени при работе на сверлильных станках. Они позволяют быстро менять режущий инструмент, не выключая станок. Один из таких патронов, предназначенный для крепления режущих инструментов с коническими хвостовиками, изображен на рис. 6.11, *а*. Для крепления сверл с цилиндрическими хвостовиками в коническое отверстие *б* патрона вставляют переходную коническую разрезную втулку (рис. 6.11, *б*). В последнее время в серийном и массовом производствах широко применяют такие втулки для крепления сверл с цилиндрическими хвостовиками диаметром до 10 мм. Эта втулка, вставленная в шпиндель сверлильного станка, обеспечивает прочное закрепление сверла.

Самоустанавливающиеся сверлильные патроны применяют при обработке предварительно просверленных отверстий. Патроны позволяют центрировать режущий инструмент по оси обрабатываемого отверстия.

Предохранительные патроны служат для крепления метчиков при нарезании резьбы на сверлильных станках. Применение таких патронов улучшает качество нарезаемой резьбы и предохраняет

метчик от поломок (рис. 6.12). Ведущая кулачковая полумуфта 5 пружиной 6 прижимается к ведомым полумуфтам 2 и 4, свободно сидящим на оправке 7. При этом кулачки 3, расположенные на торце полумуфты 4, входят во впадины полумуфт 2 и 5 и приводят их в движение. По окончании нарезания резьбы в отверстии полумуфты 2 и 4 вместе с метчиком прекращают вращение, а полумуфта 5, выйдя из зацепления с полумуфтами 2 и 4 и продолжая вращаться, начинает проскальзывать (шелкать). Метчик

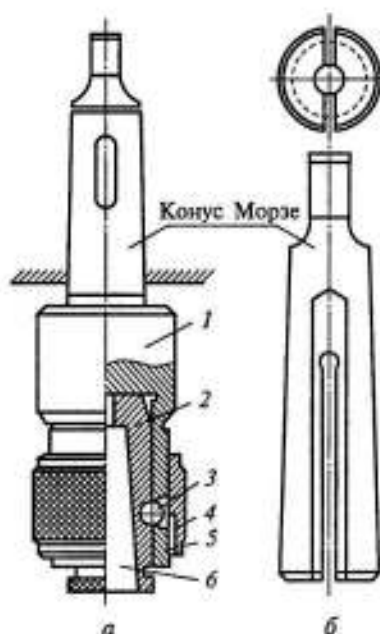
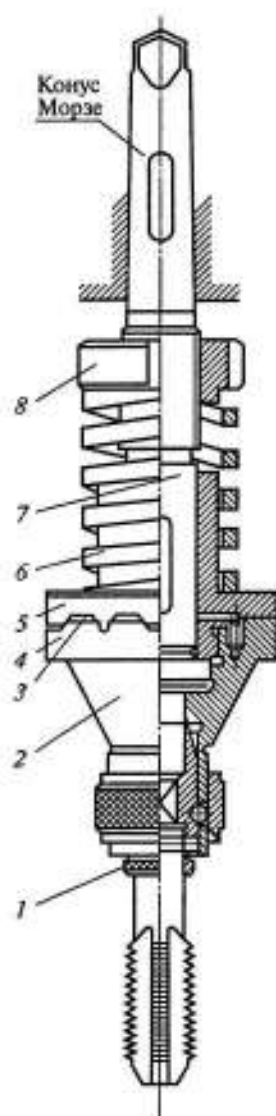


Рис. 6.11. Быстросменный сверлильный патрон (а) и коническая втулка для крепления сверл с цилиндрическими хвостовиками (б):

1 — корпус патрона; 2 — сменная втулка; 3 — шарики; 4 — муфта; 5 — кольцо; 6 — оправка

Рис. 6.12. Предохранительный патрон для нарезания резьбы в глухих и сквозных отверстиях:

1 — кольцо для крепления метчика; 2, 4 — ведомые полумуфты; 3 — кулачки муфты; 5 — ведущая кулачковая полумуфта; 6 — пружина; 7 — оправка; 8 — гайка регулировочная



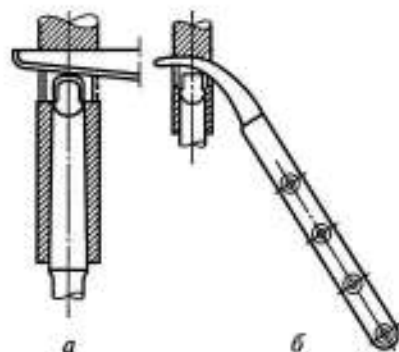


Рис. 6.13. Клинья для удаления инструмента из шпинделя станка:
а — плоский клин; б — радиусный клин

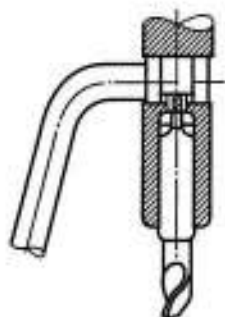


Рис. 6.14. Эксцентриковый ключ для удаления режущего инструмента из шпинделя станка

из нарезанного отверстия вывертывают обратным вращением шпинделя станка. Кольцо 1 служит для закрепления метчика в патроне.

Реверсивные патроны используют при нарезании резьбы на сверлильном станке, который не имеет реверса (устройства для переключения на обратное вращение шпинделя). С их помощью метчики вывертывают из нарезанного отверстия.

Для разверток, закрепляемых в шпинделе сверлильного станка, применяя качающиеся оправки, позволяющие инструменту занимать положение, совпадающее с осью обрабатываемого отверстия.

Удалять режущий инструмент, переходные втулки и сверлильные патроны из отверстия шпинделя станка рекомендуется с помощью специальных клиньев (рис. 6.13) или эксцентрикового ключа (рис. 6.14).

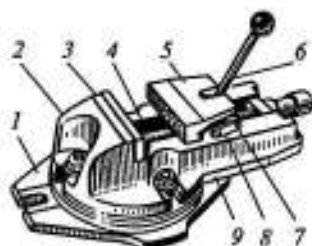
Для правильной установки и закрепления обрабатываемых заготовок на столе сверлильного станка применяют различные приспособления, из которых наиболее распространенными являются тиски машинные (винтовые, эксцентриковые и пневматические), призмы, упоры, угольники, кондукторы, специальные приспособления и др.

Винтовые машинные тиски широко используют в единичном производстве, а пневматические — применяют чаще всего в серийном и массовом производствах при работе на станках различных групп.

Быстродействующие машинные тиски с рычажно-кулачковым зажимом (рис. 6.15) используют при работе на сверлильных станках. Они обеспечивают быстрый зажим заготовок. На плоских направляющих поворотной части 2 смонтировано основание 9 подвижной губки 5. Расстояние между губками тисков в зависимости от размеров обрабатываемой заготовки регулируется

Рис. 6.15. Быстродействующие машинные тиски с рычажно-кулачковым зажимом:

1 — корпус; 2 — поворотная часть; 3 — неподвижная губка; 4 — винт; 5 — губка; 6 — рукоятка; 7 — эксцентриковый вал; 8 — двойной кулачок; 9 — основание



установочным винтом 4, имеющим трапецеидальную резьбу. Губка 5 выполнена в виде рычага, на конец которого действует двойной кулачок 8 эксцентрикового валика 7, перемещаемого рукояткой 6. Основание 9 представляет собой опору для губки 5 рычага и кулачка 8. Для зажима обрабатываемой заготовки рукоятку 6 нужно перевести в горизонтальное положение.

Для закрепления заготовок и обеспечения правильного положения инструмента относительно оси обрабатываемого отверстия на сверлильных станках используют специальные приспособления — кондукторы.

Для направления режущего инструмента в корпусе кондуктора имеются кондукторные втулки, которые обеспечивают точную обработку отверстий в соответствии с чертежом. Конструкция и размеры этих втулок стандартизованы. Существуют постоянные (рис. 6.16, а) втулки (применяются в кондукторах для мелкосерийного производства при обработке отверстия одним инструментом) и быстросменные (рис. 6.16, б) с замком (для кондукторов массового и крупносерийного производства). Втулки изготовляют из стали У10А или 20Х и подвергают термической обработке для придания им необходимой твердости.

Для уменьшения износа втулок и смещения оси обрабатываемого отверстия из-за возможного перекоса инструмента во втулке между ее нижним торцом и поверхностью заготовки оставляют зазор. В результате этого стружка не проходит через втулку и сбрасывается в сторону. При сверлении чугуна устанавливают зазор $0,3 \dots 0,5d$, где d — диаметр отверстия во втулке.

При сверлении стали и вязких материалов (меди, алюминиевых и других сплавов) зазор увеличивают (до диаметра отверстия во втулке).

Кондукторные плиты служат для установки в их отвер-

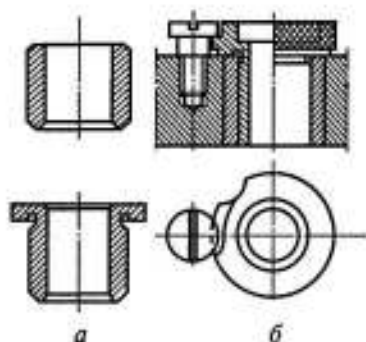


Рис. 6.16. Кондукторные втулки: а — постоянные; б — быстросменные

ствиях кондукторных втулок. В зависимости от способа соединения с корпусом кондуктора кондукторные плиты подразделяют на постоянные, поворачиваемые, съемные, подвесные и подъемные. Постоянные плиты изготавливают как единое целое с корпусом кондуктора или жестко соединяют с ним сваркой или винтами. Поворачиваемые плиты вращаются на оси относительно корпуса кондуктора при установке и снятии обрабатываемой детали. Съемные плиты изготавливают отдельно от корпуса.

Подвесные кондукторные плиты устанавливают на нижних концах двух направляющих скалок и закрепляют гайками. Верхние концы скалок свободно входят в отверстия втулок, запрессованных в отверстия корпуса многошпиндельной сверлильной головки, которая закреплена на гильзе шпинделя станка. Подъемные кондукторные плиты по краям имеют два отверстия, которые используют при их установке на верхние концы двух направляющих скалок. Установленные плиты закрепляют гайками. Нижние концы направляющих скалок входят в отверстия корпуса кондуктора. Подъем и опускание направляющих скалок с кондукторной плитой производится от пневмопривода.

Применение кондукторов устраняет необходимость в разметке, нанесении центровых отверстий, выверке заготовок при креплении и других операциях, связанных со сверлением по разметке, снижает утомляемость рабочего и т.д. Поэтому их широко используют в серийном и массовом производстве. В зависимости от конструкции различают накладные, скользящие, опрокидываемые и поворотные кондукторы.

Рассмотрим в качестве примера накладные кондукторы, называемые так потому, что их накладывают на обрабатываемую заготовку. Существуют два вида накладных кондукторов: закрепляемые и незакрепляемые. На рис. 6.17 дана схема незакрепляемого накладного кондуктора для сверления четырех отверстий 6. Обрабатываемая заготовка устанавливается базовой поверхностью на поверхности приспособления 5 так, чтобы оси просверливаемых отверстий расположились вертикально, соответственно направлению рабочей подачи сверла. После закрепления в таком положении на заготовку накладывают кондукторную плиту 4. Два фиксирующих пальца 1 и 2 обеспечивают правильное положение направляющих втулок 3 относительно осей отверстий.

К поворотным и передвижным приспособлениям, используемым на сверлильных станках, относятся нормализованные стойки, поворотные и передвижные столы, обычно применяемые для обработки отверстий вместе со съемными рабочими приспособлениями — поворотными кондукторами для установки и закрепления обрабатываемой заготовки и направления режущего инструмента. Поворотные приспособления, имеющие горизонтальную ось вращения делительной планшайбы, принято

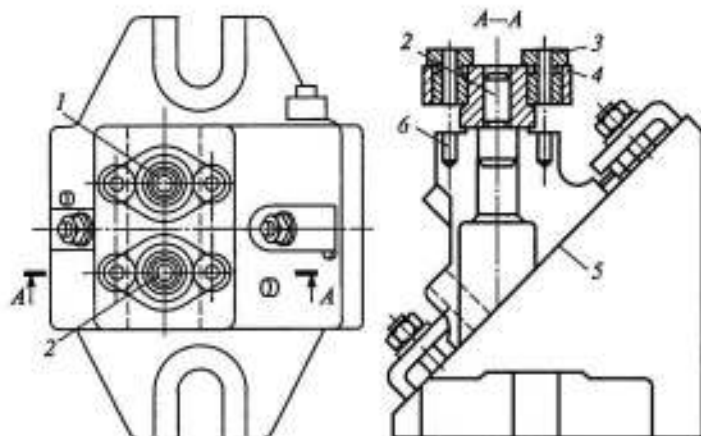


Рис. 6.17. Незакрепляемый накладной кондуктор:

1 и 2 — фиксирующие пальцы; 3 — направляющие втулки; 4 — кондукторная плита; 5 — базовая поверхность приспособления; 6 — отверстия

называть поворотными стойками, а приспособления с вертикальной осью вращения — поворотными столами.

Универсально-сборные приспособления (УСП) широко применяются на многих заводах и служат для крепления заготовок при их обработке на различных металлорежущих станках (например, для обработки отверстий на сверлильных станках). Применение УПС дает большую экономию времени и средств.

Многошпиндельные сверлильные головки являются дополнительным приспособлением к сверлильному станку. Эти головки позволяют одновременно обрабатывать несколько отверстий различными инструментами, что значительно увеличивает производительность сверлильных станков.

На рис. 6.18 показана конструкция шестишпиндельной револьверной головки для последовательной обработки отверстий в деталях различными режущими инструментами. В головке устанавливают сменные шпиндели, приводы которых имеют различные передаточные числа. Такая конструкция головки позволяет без остановки и переналадки вертикально-сверлильного станка при последовательном повороте шпинделей выполнять различные виды обработки отверстия: сверление, зенкерование, развертывание, нарезание резьбы и цекование торцов.

Каждый шпindel головки поворачивается в вертикальное положение для последующей обработки отверстия соответствующим режущим инструментом автоматически, без остановки станка и переключения скорости. Для включения в работу очередного шпинделя с инструментом револьверная головка, закрепленная на пинноли станка, поднимается.

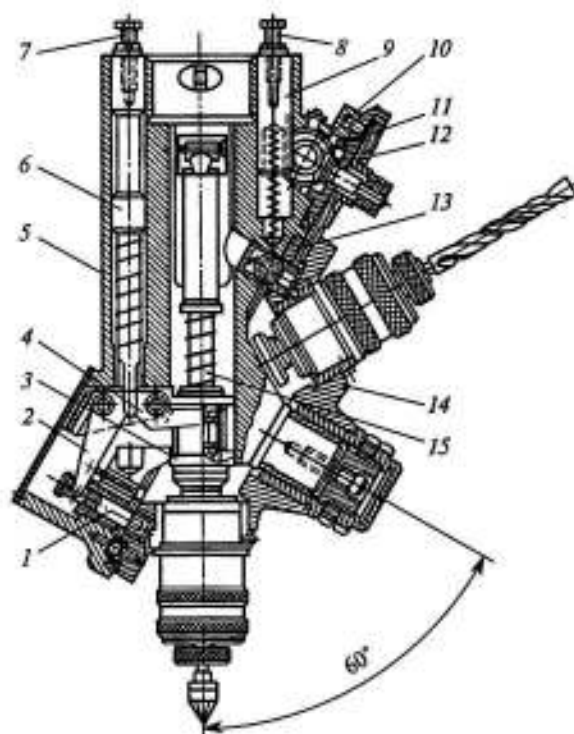


Рис. 6.18. Шестишпиндельная револьверная головка:

1 — фиксатор; 2 — рычаг фиксатора; 3 — ведущая полумуфта; 4 — рычаг муфты; 5 — корпус основной; 6 — стержень; 7, 8 — упорные винты; 9 — рейка; 10 — зубчатое колесо; 11 — коническая зубчатая передача; 12 — храповой механизм; 13 — зубчатый венец; 14 — поворотный корпус; 15 — шпиндель головки

При работе на сверлильных станках сверловщик часто использует измерительный инструмент для контроля диаметров и глубины отверстий, а также других размеров обрабатываемых заготовок.

Размеры отверстий измеряют и проверяют различными контрольно-измерительными инструментами, которые выбирают в зависимости от требуемой точности измеряемого размера и характера производства. Наиболее часто сверловщик использует следующие измерительные инструменты: измерительную линейку, нутромер, угольники, штангенциркуль, калибры гладкие и резьбовые, штангенглубиномер. Рассмотрим некоторые из них.

Измерительная линейка представляет собой жесткую стальную ленту длиной от 150 до 1000 мм и более с нанесенными на нее делениями через 1 мм и используется для приближенных измерений габаритных размеров обрабатываемых заготовок, расстояний между центрами отверстий, диаметров отверстий и т.д. Точность измерения линейкой — 0,5 мм.

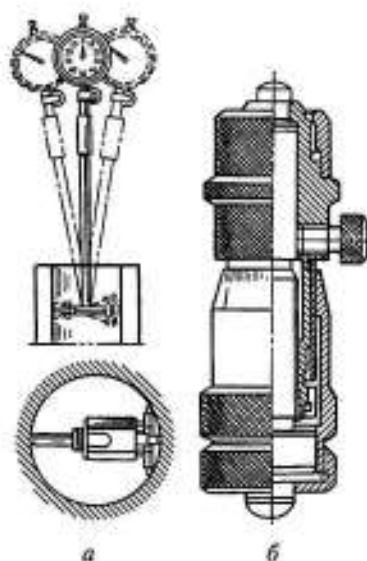


Рис. 6.19. Нутромеры:
а — индикаторный; б — микрометрический

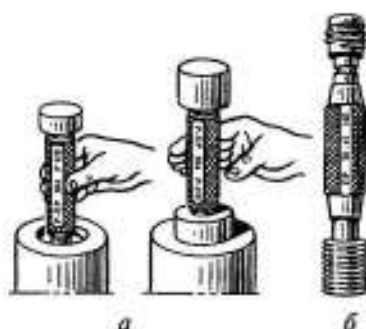


Рис. 6.20. Калибр пробки:
а — гладкая предельная; б — резьбовая двух-
сторонняя

Индикаторный нутромер (рис. 6.19, а) применяют для измерения точных отверстий диаметром от 6 мм и более. Погрешность показаний нутромера $\pm 0,15$ мм; цена деления 0,01 мм. В комплект нутромеров входит набор сменных вставок, с помощью которых устанавливают нужные пределы измерения.

Для проверки точных отверстий применяют микрометрические нутромеры с ценой деления 0,01 мм и погрешностью показаний $\pm 0,006$ мм (рис. 6.19, б).

Гладкие калибры — бесшкальные измерительные инструменты — используют главным образом в серийном или массовом производстве для контроля правильности изготовления отверстий.

В настоящее время применяют в основном предельные двухсторонние калибры, у которых одна сторона имеет наибольшие предельные размеры детали и называется проходной (ПР), а вторая — наименьшие предельные размеры и называется непроходной (НЕ). К предельным гладким калибрам относятся гладкие пробки (рис. 6.20, а).

Изделия, имеющие внутренние резьбы, контролируют резьбовыми калибрами — прототипами сопрягаемых изделий. Рабочими калибрами для контроля внутренних резьб являются резьбовые пробки: проходная ПР и непроходная НЕ (рис. 6.20, б).

Контрольные вопросы

1. Какие виды работ выполняют на сверлильных станках?
2. Перечислите основные вспомогательные инструменты, применяемые сверловщиком.

3. Какие приспособления применяют при обработке на сверлильных станках?
4. Какие инструменты применяют для контроля диаметров отверстий?
5. В каких случаях применяют гладкие резьбовые калибр-пробки? Как ими пользуются?

6.6. Технология сверления и рассверливания отверстий

В зависимости от требуемого качества и числа обрабатываемых заготовок сверление отверстий производят по разметке или кондуктору. В процессе работы необходимо соблюдать следующие основные правила:

- при сверлении сквозных отверстий в заготовках необходимо обращать внимание на способ их закрепления; если заготовка крепится на столе, то нужно установить ее на подкладку, чтобы обеспечить свободный выход сверлу после окончания обработки;
- сверло следует подводить к заготовке только после включения вращения шпинделя так, чтобы при касании поверхности заготовки нагрузка на него была небольшой, иначе могут быть повреждены режущие кромки сверла;
- не следует останавливать вращение шпинделя, пока сверло находится в обрабатываемом отверстии. Сначала надо вывести сверло, а затем прекратить вращение шпинделя или остановить станок, в противном случае сверло может быть повреждено;
- в случае появления во время сверления скрежета, вибраций, возникающих в результате заедания, перекоса или износа сверла следует немедленно вывести его из заготовки и после этого остановить станок;
- при сверлении глубоких отверстий ($l > 5d$, где l — глубина отверстия, мм; d — диаметр отверстия, мм) необходимо периодически выводить сверло из обрабатываемого отверстия для удаления стружки, а также для смазки сверла. Этим существенно уменьшается вероятность поломки сверла и преждевременного его затупления;
- отверстие диаметром более 25 мм в сплошном металле рекомендуется сверлить за два перехода (с рассверливанием или зенкерованием);
- сверление следует выполнять только по режимам, указанным в технологических картах или в таблицах справочников, а также по рекомендациям мастера (технолога);
- при сверлении отверстий в заготовках из стали или вязких материалов обязательно применять СОЖ для предохранения режущего инструмента от преждевременного износа и увеличения режимов резания.

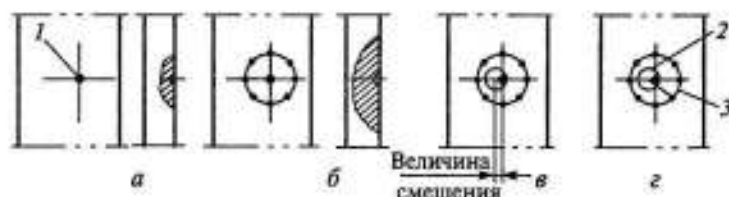


Рис. 6.21. Сверление отверстий по разметке:

а — разметка и кернение центра отверстия; *б* — разметка и кернение контрольной окружности; *в* — увод сверла от центра отверстия; *г* — исправление направления сверла; 1 — след от кернера; 2 — канавка от предварительно просверленного отверстия; 3 — обработанное отверстие

Сверление по разметке применяют в единичном и мелкосерийном производствах, когда изготовление кондукторов экономически неоправданно из-за небольшого числа обрабатываемых деталей. В этом случае к сверловщику поступают размеченные заготовки с нанесенными на них контрольными окружностями и центром будущего отверстия (рис. 6.21, *а*). В некоторых случаях разметку производит сверловщик.

Сверление по разметке производят в два этапа: сначала предварительное сверление, а затем — окончательное. Предварительное сверление производят с ручной подачей, высверливая небольшое отверстие ($0,25d$). После этого отводят обратно шпиндель и сверло, удаляют стружку, проверяют совмещение окружности надсверленного отверстия с разметочной окружностью.

Если предварительное отверстие просверлено правильно (рис. 6.21, *б*), сверление следует продолжить и довести до конца, а если отверстие ушло в сторону (рис. 6.21, *в*), то производят соответствующую корректировку: прорубают узким зубилом (крейцмейселем) две-три канавки 2 с той стороны от центра, куда нужно сместить сверло (рис. 6.21, *г*). Канавки направляют сверло в намеченное кернером место. После исправления смещения продолжают сверление до конца.

Сверление по кондуктору. Для направления режущего инструмента и фиксирования заготовки соответственно требованиям технологического процесса применяют различные кондукторы. Постоянные установочные базы приспособления и кондукторные втулки, обеспечивающие направление сверлу, повышают точность обработки. При сверлении по кондуктору сверловщик выполняет несколько простых приемов (устанавливает кондуктор, заготовку и снимает их, включает и выключает подачу шпинделя).

Сверление сквозных и глухих отверстий. В заготовках встречаются в основном два вида отверстий: сквозные, проходящие через всю толщину детали, и глухие, просверливаемые лишь на определенную глубину.

Процесс сверления сквозных отверстий отличается от процесса сверления глухих отверстий. Когда при сверлении сквозных отверстий сверло выходит из отверстия, сопротивление материала заготовки уменьшается скачкообразно. Если не уменьшить в это время скорость подачи сверла, то оно, заклиниваясь, может сломаться. Особенно часто это случается при сверлении отверстий в тонких заготовках, сквозных прерывистых отверстий и отверстий, расположенных под прямым углом одно к другому. Поэтому сверление сквозного отверстия производят с большой скоростью механической подачи шпинделя. В конце сверления нужно выключить скорость подачи и досверлить отверстие вручную со скоростью, меньшей, чем механическая.

При сверлении с ручной подачей инструмента скорость подачи перед выходом сверла из отверстия следует также несколько уменьшить, сверление необходимо производить плавно.

Известны три основных способа сверления глухих отверстий.

Если станок, на котором сверлят глухое отверстие, имеет какое-либо устройство для автоматического выключения скорости подачи шпинделя при достижении сверлом заданной глубины (отсчетные линейки, лимбы, жесткие упоры, автоматические остановы и пр.), то при настройке на выполнение данной операции необходимо его отрегулировать на заданную глубину сверления.

Если станок не имеет таких устройств, то для определения достигнутой глубины сверления можно использовать специальный патрон (рис. 6.22, а) с регулируемым упором. Упорную втулку 2 патрона можно перемещать и устанавливать относительно корпуса

са 1 со сверлом на заданную глубину обработки. Шпиндель станка перемещается вниз до упора торца втулки 2 в торец кондукторной втулки 3 (при сверлении по кондуктору) или в поверхность заготовки. Такой патрон обеспечивает точность глубины отверстия в пределах 0,1...0,5 мм.

Если не требуется большая точность глубины сверления и нет указанного патрона, то можно исполь-

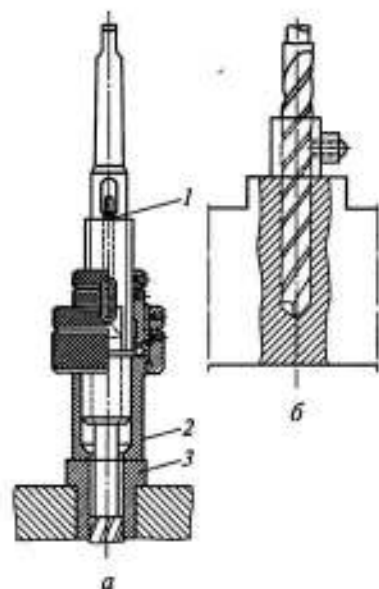


Рис. 6.22. Приспособление для ограничения движения подачи шпинделя:

а — патрон с регулируемым упором; б — упорное кольцо; 1 — корпус патрона со сверлом; 2 — упорная втулка; 3 — кондукторная втулка.

зовать упор в виде втулки, закрепленный на сверле (рис. 6.22, б), или на сверле отметить мелом глубину отверстия. В последнем случае шпиндель подают до тех пор, пока сверло не углубится в заготовку до отметки.

Глубину сверления глухого отверстия периодически проверяют глубиномером, но этот способ требует дополнительных затрат времени, так как приходится выводить сверло из отверстия, удалять стружку и после измерения вновь вводить его в отверстие.

Рассверливание отверстий. Отверстия диаметром более 25 мм обычно сверлят за два перехода: вначале сверлом меньшего диаметра, а затем — большего диаметра.

Диаметр первого сверла примерно равен длине поперечной режущей кромки второго сверла. Это позволяет значительно уменьшить силу резания при обработке сверлом большего диаметра.

При рассверливании рекомендуется подбирать размеры сверл в зависимости от наименьшего диаметра отверстия. Рассверливать можно только отверстия, предварительно полученные сверлением. Отверстия, полученные литьем, штамповкой, рассверливать не рекомендуется, так как в этих случаях сверло сильно уведет вследствие несовпадения центра отверстия с осью сверла.

Правила и приемы работы при рассверливании отверстий аналогичны правилам и приемам при сверлении.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные правила выполнения операций сверления на сверлильных станках.
2. Расскажите об особенностях сверления по разметке.
3. Как производится сверление с использованием кондуктора?
4. Какие особенности сверления сквозных и глухих отверстий на сверлильных станках вы знаете?
5. Каков порядок рассверливания отверстий на сверлильных станках?

6.7. Технология зенкерования, цекования, зенкования и развертывания

На сверлильных станках, кроме сверления и рассверливания отверстий, можно выполнять операции зенкерования, цекования, зенкования и развертывания.

Зенкерование (см. гл. 2) обеспечивает точность отверстия 9... 11-го квалитетов и шероховатость поверхности R_z 40... 10 мкм, ликвидирует овальность, конусность и другие дефекты. Так как у зенкеров в отличие от сверл не две, а три или четыре режущие кромки, нет перемычки и направление благодаря большей жесткости лучше, чем у сверла, подачи при зенкеровании в несколько

раз больше, чем при сверлении, поэтому рекомендуется (по возможности) рассверливание отверстий заменять зенкерованием.

Зенкерование является преимущественно промежуточной операцией между сверлением и развертыванием, поэтому диаметр зенкера должен быть меньше диаметра окончательного отверстия на величину припуска, снимаемого разверткой.

Зенкерование торцовых поверхностей — цекование — бобышек, приливов, упорных колец осуществляют зенкерами-подрезками (цековками), имеющими зубья на торце. Торцовые зенкеры имеют направляющую цапфу.

Зенкование цилиндрических или конических углублений под цилиндрические или конические головки винтов и болтов производят с помощью цилиндрических или конических зенкеров, называемых зенковками.

Развертывание выполняют разверткой после сверления или зенкерования. Оно является завершающей операцией обработки отверстий, обеспечивающей высокую точность по диаметру (7...8-й квалитеты) и наименьшую шероховатость обработанной поверхности. При развертывании срезается незначительный слой металла одновременно несколькими зубьями развертки.

Размер сверла или зенкера, которыми отверстие обрабатывалось перед развертыванием, выбирают с таким расчетом, чтобы на черновое развертывание оставался припуск 0,25...0,50 мм, а на чистовое — 0,05...0,015 мм.

Следует иметь в виду, что диаметр развернутого отверстия всегда несколько больше диаметра развертки. Чтобы уменьшить разницу диаметров отверстия и развертки, необходимо обеспечить правильное направление развертки относительно обрабатываемого отверстия. Это достигается применением самоустанавливающихся патронов (см. подразд. 6.5).

Контрольные вопросы

1. Назовите основные особенности выполнения операций зенкерования, цекования и зенкования.
2. Для чего применяют развертывание и каковы основные приемы выполнения этой операции на сверлильном станке?

6.8. Технология нарезания внутренней резьбы

Для нарезания внутренних резьб метчиками необходимо иметь предварительно подготовленное отверстие.

Если отверстия в заготовках получают литьем или штамповкой, то нарезание резьбы происходит в тяжелых условиях, так как невозможно обеспечить размеры допусков в пределах, необходимых для нарезания внутренних резьб. Исключение составля-

ют отверстия в заготовках, полученных литьем под давлением или литьем по выплавляемым моделям.

Наиболее благоприятные условия для нарезания резьбы метчиком создаются при подготовке отверстия сверлением или зенкерованием. При нарезании резьбы материал детали частично выдавливается метчиком и внутренний диаметр резьбы получается больше диаметра отверстия, полученного при сверлении. При подготовке сверлением отверстий под нарезание резьбы метчиками необходимо диаметры сверл подбирать согласно ГОСТ 19257—73. Если диаметр отверстия, просверленного под резьбу, будет меньше рекомендуемого ГОСТом, нагрузка на метчик резко возрастет, резьба получится рваной, может заклинить и сломать метчик. Если диаметр просверленного отверстия окажется больше рекомендуемого, то резьба будет иметь неполный профиль.

При нарезании внутренней резьбы на сверлильных станках необходимо руководствоваться следующими общими правилами:

- не рекомендуется нарезать резьбу в отверстиях, полученных литьем и штамповкой. Отверстия, полученные указанными методами, перед нарезанием резьбы надо рассверливать или зенкеровать, чтобы удалить нагар, окалину, наклеп и получить требуемый диаметр отверстия под резьбу;

- метчики при нарезании резьбы на сверлильных станках должны быть закреплены в предохранительных (см. рис. 6.12) самоцентрирующих, качающихся, плавающих и реверсивных патронах (см. подразд 6.5);

- в отверстиях, подготавливаемых под нарезание в них резьбы, со стороны входа метчика должны быть сняты фаски (угол 60° , высота не менее одного шага резьбы);

- при нарезании резьбы на сверлильных станках особое внимание следует уделять регулированию перемещения шпинделя, который должен быть хорошо уравновешен противовесом, легко перемещаться, чтобы врезание и вывинчивание метчика происходили плавно. При перемещении шпинделя с большим осевым усилием может произойти разбивание резьбы по среднему диаметру;

- метчик воспринимает большие нагрузки, поэтому при нарезании резьбы надо применять охлаждение и смазку инструмента. При нарезании резьбы в отверстиях на сверлильных станках по окончании операции метчик из нарезанного отверстия надо вывернуть. Технологии нарезания резьб в глухих и сквозных отверстиях имеют различия.

По окончании нарезания резьбы в глухом отверстии метчик из него можно удалить только вывинчиванием. Поэтому нарезают такую резьбу только на станке, у которого метчик может реверсироваться, т. е. вращаться в направлении, обратном рабочему, и со скоростью, большей, чем при нарезании (для уменьшения производственных затрат времени).

Если нарезают глухую резьбу на станке, у которого нет реверсивного механизма, изменяющего направление вращения шпинделя, то для крепления метчиков применяют специальный реверсивный патрон (см. подразд. 6.5), имеющий соответствующее предохранительное устройство.

Чтобы при нарезании глухой резьбы метчик не сломался, когда дойдет до конца отверстия и упрется в дно, на станках, имеющих реверсивный механизм, необходимо применять специальный предохранительный патрон (см. рис. 6.12).

Для нарезания глухих резьб следует применять машинные метчики с небольшой заборной частью (равной примерно трем шагам нарезаемой резьбы). Это позволит нарезать резьбу наиболее близко ко дну отверстия.

Нарезание резьбы в пластичных легированных сталях с аустенитной структурой, которые плохо обрабатываются резанием, а также в жаропрочных, титановых и легких сплавах имеет следующие специфические особенности, которые необходимо учитывать при выполнении этой работы:

- если заготовка из жаропрочного сплава обладает достаточной жесткостью и при ее установке на столе станка обеспечивается перпендикулярность оси резьбы к базовой поверхности, то резьбу можно нарезать, не применяя кондуктор. Если же требуется обеспечить строгую перпендикулярность оси резьбы к базовой поверхности, а жесткость заготовки и ее крепление на станке не обеспечивают получения заданной точности, то резьбу надо нарезать с применением кондукторов;

- для нарезания резьбы в заготовках из жаропрочных сплавов следует применять метчики с шахматным расположением зубьев (см. гл. 2). Для сквозных отверстий применяют один метчик, для глухих — комплект из двух или трех метчиков;

- при нарезании резьбы в заготовках из жаропрочных сплавов надо обязательно охлаждать метчик. Если охлаждающая жидкость подается насосом, то в ее состав должно входить: 60 % сульфифрезола, 25 % керосина и 15 % олеиновой кислоты. Если на станке нет насоса, то охлаждающую жидкость, состоящую из 85 % сульфифрезола и 15 % олеиновой кислоты, наносят на метчик кистью или погружают метчик в эту жидкость;

- нарезать резьбу в заготовках из алюминиевых и цинковых сплавов, обладающих сравнительно небольшой твердостью и большой пластичностью, рекомендуется на станках с принудительной скоростью подачи шпинделя по шагу резьбы. Если на станке нет механизма принудительной подачи шпинделя, то должен быть обеспечен его легкий ход, что достигается уменьшением уравнивающих нагрузок (пружин, грузов). При большой массе подвижных частей и перемещении шпинделя с большой осевой нагрузкой нарезаемая резьба чаще разбивается по среднему диаметру;

- скорость резания при нарезании резьбы в заготовках из силуминовых сплавов должна быть в 1,2... 1,5 раза выше, а охлаждение — во столько же раз интенсивнее, чем при нарезании резьбы в стали;
- для охлаждения метчиков при обработке заготовок из легких сплавов лучше всего применять керосин; можно также использовать 8... 10 %-ную эмульсию. Не следует охлаждать метчик маслом, так как оно не предохраняет его от налипания стружки при нарезании, а также затрудняет очистку нарезанной резьбы от налипшей стружки;
- для нарезания резьбы от М4 до М30 в заготовках из труднообрабатываемых сталей аустенитного класса и титановых сплавов могут быть применены бесканавочные метчики (см. гл. 2) из быстрорежущей стали. Стойкость такого метчика по сравнению со стандартным значительно выше.

Контрольные вопросы

1. Расскажите об основных правилах нарезания внутренней резьбы на сверлильных станках.
2. Какие особенности нарезания резьбы в глухих отверстиях вы знаете?
3. Расскажите об особенностях нарезания внутренней резьбы на сверлильных станках в зависимости от обрабатываемого материала.

6.9. Основные правила безопасности при работе на сверлильных станках

Если при работе на сверлильных станках не уделять необходимого внимания вопросам безопасности, то могут иметь место производственные травмы. К основным причинам производственных травм следует отнести несоблюдение техники безопасности при работе режущим инструментом, пользовании приспособлением и электрическим приводом. При работе на станке следует особое внимание уделять отлетающей стружке, обращению с деталями, заготовками и другими предметами.

Режущие инструменты. При сверлении практически не удастся оградить вращающийся инструмент, поэтому важное значение имеет состояние спецодежды, исключающей возможность захвата ее вращающимся инструментом. Порванная, не застегнутая на все пуговицы одежда, не убранные под головной убор волосы, выпущенные наружу концы женских косынок, платков, галстуков служат причиной захвата сверловщика вращающимися частями станка или инструмента.

Ограждению подлежат все приводные и передаточные механизмы станка (зубчатые колеса, цепи, ремни, шкивы, валы),

поэтому необходимо следить за установкой защитных ограждений, удобных при эксплуатации станка.

Сливная (ленточная) стружка. Сливная стружка часто является причиной порезов рук и ног. До сих пор не найдено универсального средства устойчивого ее дробления в процессе резания в широком диапазоне режимов резания. Травму можно получить как во время работы станка, так и при уборке рабочего места. Для освобождения станка и рабочего места от стружки следует использовать специальные захваты.

Отлетающая стружка и пыль хрупких металлов. При обработке бронзы, латуни, чугуна, различных сплавов и стали образуются элементная отлетающая стружка и пыль. Стружка может травмировать (обжечь) лицо и руки сверловщика, а пыль — засорить глаза. При обработке хрупких металлов и неметаллических материалов воздух рабочей зоны загрязняется пылью обрабатываемого материала, имеющего во многих случаях вредные составляющие (такие, как свинец, бериллий, асбест и др.). При обработке отверстий в заготовках из материалов, дающих мелкую стружку и пыль, обязательно следует надевать очки и устанавливать специальные пневматические стружкоприемники, соединяемые с отсасывающими устройствами.

Приспособления для закрепления заготовок. Несчастный случай может произойти из-за ненадежного закрепления заготовки или инструмента, в результате этого они могут сдвинуться и нанести травму. При закреплении заготовки и инструмента возможен срыв с болта или гайки «разработанного» ключа несоответствующего размера (см. гл. 5).

Заготовки и обработанные детали. Травмы иногда возникают при установке заготовки и съеме обработанной детали со станка вручную (падение заготовки на ноги, защемление рук между заготовкой и станиной станка). Ушибы ног или других частей тела часто происходят в результате неправильной укладки деталей, неудовлетворительного состояния полов и рабочих мест. Высота штабелей мелких деталей должна быть не более 0,5 м, средних — 1 м, крупных — 1,5 м.

Движущиеся части станков. Установку заготовки и съем обработанной детали производят при выключенном станке и на расстоянии от режущего инструмента, который может травмировать сверловщика при неосторожном движении.

Электрический ток. Ограждения, блокировки и заземление всегда должны быть в исправном состоянии в соответствии с действующими правилами.

Травмы могут возникнуть и при падении человека на поврежденном или загрязненном эмульсией, маслом или стружкой полу, при столкновении людей или наезде транспортных средств в механических цехах машиностроительных заводов. Поэтому сверлов-

щик должен быть внимательным при работе на станке и во время перемещения по цеху.

Контрольные вопросы

1. Какие основные правила безопасности труда должен знать каждый сверловщик?
2. Какие травмы может причинить человеку сливная и отлетающая стружка?

Глава 7

ШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ШЛИФОВАНИЕМ

7.1. Основные типы шлифовальных станков и их обозначение

Металлорежущие станки для обработки заготовок абразивным инструментом образуют группу, состоящую из шлифовальных, полировальных, доводочных и заточных станков. Шлифовальные станки обеспечивают шероховатость обрабатываемой поверхности $Ra\ 1,25 \dots 0,02$ мкм. На шлифовальные станки поступают главным образом заготовки после предварительной механической и термической обработки с минимальными припусками на обработку.

В зависимости от формы поверхности шлифуемой заготовки и вида шлифования различают: круглошлифовальные станки для круглого наружного шлифования (центровые и бесцентровые); внутришлифовальные станки для круглого внутреннего шлифования (центровые и бесцентровые); плоскошлифовальные станки для обработки периферией и торцом шлифовального круга. На рис. 7.1 приведен общий вид шлифовальных станков основных типов.

По классификатору ЭНИМСа, модели станков, работающих с абразивным инструментом обозначены цифрами и (при необходимости) буквой. Группа шлифовальных станков обозначена цифрой 3 (первая цифра в обозначении модели). Вторая цифра указывает тип станка: 1 — круглошлифовальные станки; 2 — внутришлифовальные; 3 — обдирочно-шлифовальные; 4 — специализированные шлифовальные станки; 5 — не предусмотрен; 6 — заточные; 7 — плоскошлифовальные с прямоугольным или круглым столом; 8 — притирочные и полировальные; 9 — специальные станки, работающие абразивным инструментом. Когда необ-

ходимо указать, что рассматриваемая конструкция станка усовершенствована, т.е. принадлежит к новому поколению станков, то в условное обозначение вводят букву (например, 3А64). Третья цифра указывает основную техническую характеристику станка.

Кроме станков, изготавливаемых серийно, станкостроительные заводы выпускают специальные станки и, как правило, присваивают им условные заводские номера — шифр станка, который не дает конкретных сведений о нем, поэтому, необходима дополнительная информация, изложенная в паспорте станка.

Главное движение резания в шлифовальных станках — вращение шлифовального круга. Его окружная скорость v (скорость главного движения резания), м/с (см. гл. 2), $v = 35 \dots 60$ м/с, при высокоскоростном шлифовании $v = 80 \dots 120$ м/с.

Контрольные вопросы

1. Расскажите об основных типах шлифовальных станков.
2. Расскажите об обозначении различных типов шлифовальных станков.
3. Какова обычно скорость главного движения резания в шлифовальных станках?

7.2. Устройство плоскошлифовального станка

Шлифование плоских поверхностей заготовок производится периферией круга или его торцом. Существуют плоскошлифовальные станки с прямоугольным и круглым столами. Расположение шпинделя шлифовального круга может быть горизонтальным или вертикальным. В единичном, мелкосерийном и среднесерийном производстве наиболее часто используют плоскошлифовальные станки с прямоугольным столом и горизонтальным шпинделем. В массовом производстве наибольшее распространение получили станки с круглым столом, а также двусторонние торцешлифовальные станки с горизонтальным и вертикальным расположением шпинделей.

Рассмотрим плоскошлифовальный станок с прямоугольным столом общего назначения. На направляющих станины 1 станка (рис. 7.1, а) установлен стол 5, совершающий возвратно-поступательное перемещение от гидроцилиндра, расположенного в станине. Закрепление заготовок обычно производится с помощью магнитной плиты 12, закрепленной на столе. На станине смонтирована стойка 9, несущая шлифовальную бабку 10 с горизонтальным шпинделем шлифовального круга 11, закрытого кожухом 6. От механизмов подачи, находящихся в станине, шлифовальной бабке сообщаются поперечное движение

подачи (после каждого двойного хода стола) и вертикальное движение подачи (после каждого рабочего хода по снятию припуска со всей обработанной поверхности заготовки). Шпиндель вращается от электродвигателя, встроенного в шлифовальную бабку. Работа механизмов подач осуществляется от гидроцилиндров, в которые поступает масло от гидростанции 13, управляемой от панели 2. Установочные ручные перемещения стола (в продольном направлении) осуществляются маховиком 3, а шлифовальной бабки (в вертикальном направлении) — маховиком 8. Включение и выключение станка производят с пульта управления 4. Во время работы магнитную плиту с обрабатываемой заготовкой закрывают кожухом 6. СОЖ поступает из бака с помощью насоса 14.

На рис. 7.2 приведена кинематическая схема универсального плоскошлифовального станка. Главное движение — вращение шлифовального круга от электродвигателя М1 через шкивы 7 и 8 и ременную передачу. Частота вращения шпинделя — постоянная. Опускание или подъем шлифовальной головки происходит с помощью винтового механизма с винтом 6 и гайкой 5, с которой жестко соединено червячное колесо 3. Вращение червяка 4 осуществляется: при ускоренном перемещении — от электродвигателя М2 через цилиндрическую зубчатую передачу на зубчатые колеса 1 и 2; при автоматической вертикальной подаче — от лопастного насоса, работающего в момент поперечного или продольного реверса стола, через собачку 24, храповик 23, скрепленный с колесом 22, и далее через колеса 20 и 21 на червяк 4. Предел вертикальной подачи $S_{\text{в.к}} = 0,002 \dots 0,05$ мм на двойной ход стола. Нижний предел 0,002 мм соответствует повороту храпового колеса 23 на один зуб. Ручное продольное перемещение стола осуществляется от маховика через зубчатые колеса 14, 15, 13 и 11 и рейку 12. За один оборот маховика стол перемещается на 18,1 мм.

В нормальном состоянии механизм ручного продольного перемещения стола разомкнут путем вывода колеса 11 из зацепления и включения микропереключателя, допускающего включение механического перемещения стола. Винт 9 с гайкой 10, закрепленные в крестовом суппорте, осуществляют поперечную подачу стола: в автоматическом режиме — от электродвигателя М3 через зубчатые колеса 26, 27, 16 и 17; в ручном режиме — от маховика через колеса 17, 16. Тонкую поперечную подачу осуществляют нажатием кнопки, через конические колеса 18 и 19, муфту 25 и зубчатые колеса 17 и 16.

Для плоскошлифовальных станков с прямоугольным столом, работающих периферией круга, движение подачи — возвратно-поступательное движение заготовки (продольное движение подачи); периодическое поперечное перемещение шлифовального круга (поперечное движение подачи) за один ход стола с заготовкой; периодическое вертикальное перемещение шлифовального круга

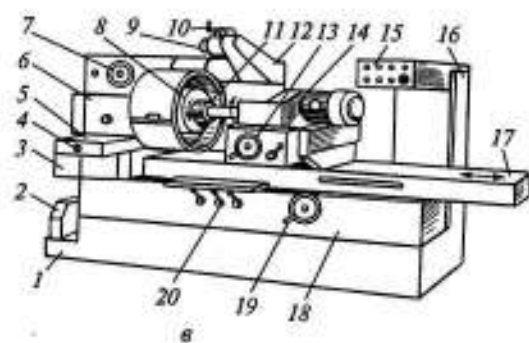
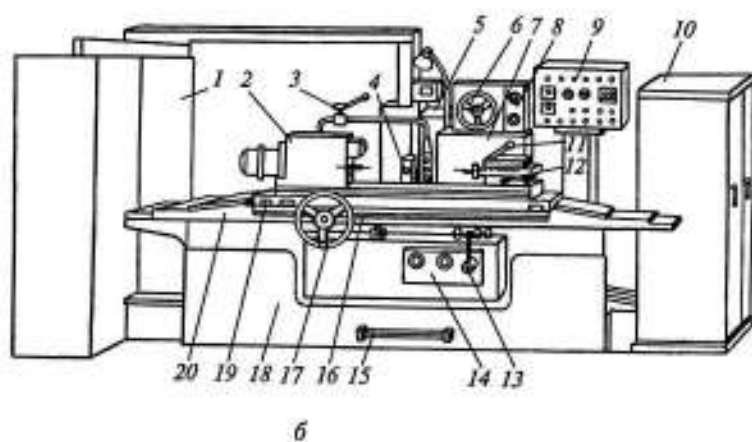
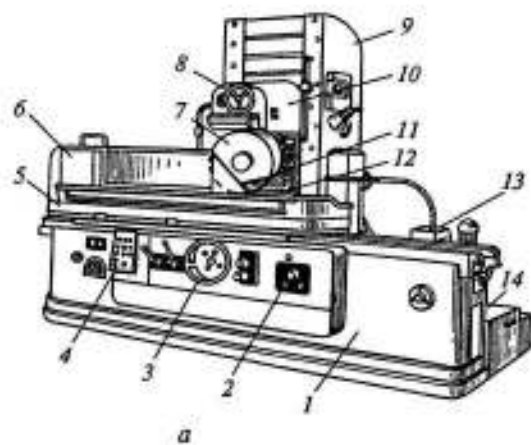


Рис. 7.1. Общий вид шлифовальных станков основных типов:

а — плоскошлифовальный станок с прямоугольным столом и горизонтальным шпинделем: 1 — станина; 2 — панель управления; 3 — маховик ручного перемещения стола; 4 — пульт управления; 5 — стол; 6, 7 — кожухи; 8 — маховик; 9 — стойка; 10 — шлифовальная бабка; 11 — шлифовальный круг; 12 — магнитная плита; 13 — гидростанция; 14 — насос подачи СОЖ; 6 — круглошлифовальный: 1 — электрошкаф; 2 — передняя бабка; 3 — рукоятка подачи СОЖ; 4 — люнет; 5 — механизм автоматической правки круга; 6 — маховик поперечного движения подачи; 7 — шлифовальная бабка; 8 — механизм поперечных подач; 9 — пульт управления; 10 — гидростанция; 11 — рукоятка ручного зажима пиноли бабки; 12 — задняя бабка; 13 — рукоятка подвода-отвода шлифовальной бабки; 14 — панель гидроуправления; 15 — педаль гидравлического отвода пиноли задней бабки; 16 — ось; 17 — маховик; 18 — станина; 19 — верхний стол; 20 — нижний стол; **в** — внутришлифовальный: 1 — станина; 2 — кожух; 3 — шитки; 4 — механизм поперечной подачи изделия; 5 — подвижная плита; 6 — бабка изделия; 7 — маховик ручной поперечной подачи изделия; 8 — заготовка; 9 — круг для торцового шлифования; 10 — рукоятка перемещения круга для торцового шлифования; 11 — шлифовальный круг для внутренней обработки; 12 — корпус устройства для торцового шлифования; 13 — рукоятка поперечного перемещения шлифовального суппорта; 14 — суппорт шлифовального круга; 15 — пульт управления станком; 16 — стойка; 17 — стол станка; 18 — кожух стола; 19 — рукоятка продольного перемещения стола; 20 — упоры продольного перемещения стола

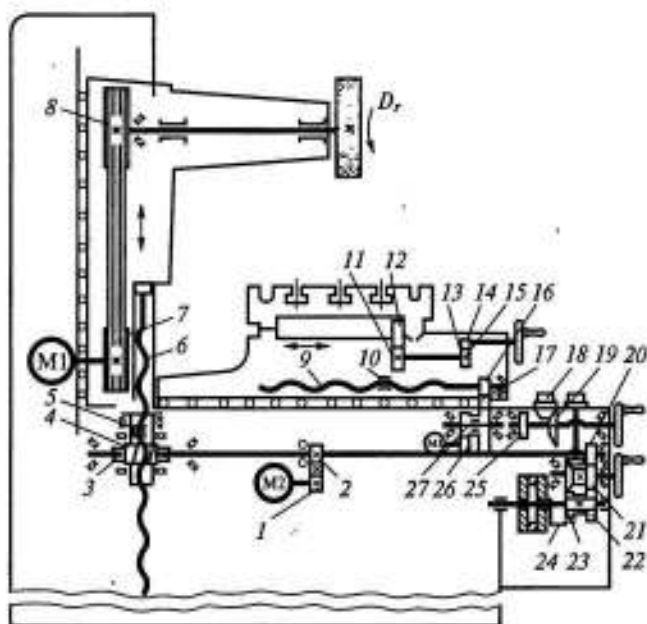


Рис. 7.2. Кинематическая схема плоскошлифовального станка с горизонтальным шпинделем:

1, 2 — зубчатые колеса; 3 — червячное колесо; 4 — червяк; 5, 10 — гайки; 6, 9 — винты; 7, 8 — шкивы; 11, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 26 и 27 — зубчатые колеса; 12 — рейка; 18, 19 — конические колеса; 23 — храповик; 24 — собачка; 25 — муфта; М1, М2, М3 — электродвигатели; D — направление движения резания

(вертикальное движение подачи) на глубину шлифования. В том случае когда высота шлифовального круга больше ширины заготовки, поперечное движение подачи отсутствует.

Более подробно кинематика шлифовальных станков будет представлена на примере центровых круглошлифовальных станков.

Контрольные вопросы

1. Расскажите о компоновке плоскошлифовальных станков с указанием их основных узлов.
2. Как осуществляется главное движение резания на плоскошлифовальных станках?

7.3. Устройство круглошлифовального центрального станка

Эти станки предназначены для продольного и врезного шлифования наружных цилиндрических, пологих конических и торцовых поверхностей заготовок с установкой заготовок в центрах или патроне.

Станок состоит из станины 18 с направляющими (см. рис. 7.1, б), на которых смонтирован нижний стол 20, несущий на себе поворотный верхний стол 19 с установленными на нем передней 2 и задней 12 бабками. В задней бабке предусмотрены рукоятки 11 для ручного зажима пиноли бабки. Верхний стол 19 при шлифовании конусов может поворачиваться вокруг оси 16, закрепленной на нижнем столе 20. Ручное перемещение нижнего стола по направляющим станины осуществляется от маховика 17 через специальный механизм, а механическое — от гидравлического цилиндра, находящегося в станине.

На задней стороне станины на поперечных направляющих смонтирована шлифовальная бабка 7 с механизмом быстрого подвода шлифовального круга к заготовке. На корпусе шлифовальной бабки закреплен механизм 8 поперечных подач с маховиком 6 для ручного поперечного движения подачи, рукоятками включения автоматических подач и дросселями регулирования скорости черновой и чистовой подач. Здесь же установлен механизм 5 автоматической правки круга.

На лицевой стороне станины расположена панель гидроуправления 14 с рукояткой 13 быстрого подвода-отвода шлифовальной бабки и дросселями регулирования реверса и скорости стола. Педалью 15 производится гидравлический отвод пиноли задней бабки 12.

На стойке смонтирован пульт управления 9 с пусковыми кнопками и переключателями. С левой стороны станка расположен элек-

трошкаф 1, а с правой — гидростанция 10. Подача СОЖ осуществляется рукояткой 3. При необходимости на станке может быть установлен люнет 4.

Главное движение резания — вращение шлифовального круга, установленного на шлифовальной бабке Д (рис. 7.3), производится от электродвигателя М2 через клиноременную передачу $\phi 112/\phi 147$. Уравнение кинематической цепи главного движения имеет следующий вид:

$$n_{ш.к} = 1500 \left(\frac{112}{147} \cdot 0,985 \right) = 1590 \text{ мин}^{-1},$$

где $n_{ш.к}$ — частота вращения шлифовального круга, мин^{-1} ; 0,985 — коэффициент скольжения ремня.

Круговое движение подачи — вращение шлифуемой заготовки на передней бабке А — производится от электродвигателя М1 постоянного тока с бесступенчатым регулированием частоты вращения

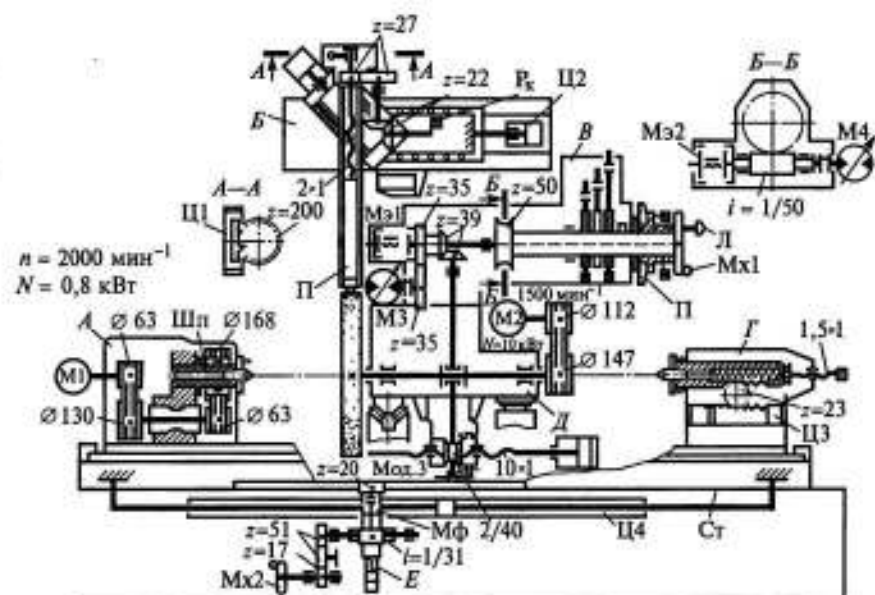


Рис. 7.3. Кинематическая схема центрального круглошлифовального станка:

А — передняя бабка; Б — устройство правки шлифовального круга; В — механизм подачи; Г — задняя бабка; Д — шлифовальная бабка; Е — механизмы ручного перемещения стола; П — пиньоль устройства правки; Л — лимб; М1, М2 — электродвигатели; М3, М4 — гидродвигатели; Мх1, Мх2 — маховики; Мф — муфты; Мэ1, Мэ2 — муфты электромагнитные; Ц1, Ц2, Ц3 и Ц4 — гидроцилиндры; Шп — шпиндель; Рк — рукоятки; Ст — нижний стол

посредством двух клиноременных передач: $\varnothing 63/\varnothing 130$ и $\varnothing 63/\varnothing 168$, обеспечивающих частоту вращения шпинделя $40 \dots 400 \text{ мин}^{-1}$. В передней бабке шпиндель Шп с центром неподвижен и вращение заготовки осуществляется от поводка планшайбы.

Ручное перемещение стола происходит от механизма Е при вращении маховика Мх2, от которого движение передается нижнему столу Ст через зубчатые колеса $z = 17/51/51$, червячную передачу $i = 1/31$, муфту Мф, реечное колесо $z = 20$ и рейку, закрепленную на нижнем столе.

Продольное гидравлическое перемещение стола осуществляется от гидравлического цилиндра Ц4, установленного неподвижно на станине. Концы штоков поршня цилиндра прикреплены к нижнему столу Ст станка. Скорость перемещения стола составляет $0,5 \dots 5 \text{ м/мин}$.

Ручное поперечное движение подачи шлифовальной бабки производится механизмом подачи В с помощью маховика Мх1 при включенной электромагнитной муфте Мэ1, вращение которого через коническую $z = 39/39$ и червячную $i = 2/40$ передачи передается на шариковую гайку винта 10×1 поперечного движения подачи.

Быстрое установочное перемещение шлифовальной бабки к заготовке выполняется от гидродвигателя М3 при выключенной электромагнитной муфте Мэ1. В этом случае движение от гидродвигателя через зубчатые колеса $z = 35/35$ и указанную кинематическую цепь передается винту 10×1 поперечного движения подачи.

Непрерывные автоматические подачи шлифовальной бабки производятся от гидродвигателя М4 при включенной электромагнитной муфте Мэ2 через червячную передачу $i = 1/50$, муфту Мэ1 и далее через указанную кинематическую цепь на винт 10×1 поперечного движения подачи. При этом движении происходит вращение маховика Мх1 с лимбом Л.

Электромагнитная муфта Мэ2 включает *периодическое автоматическое движение подачи шлифовальной бабки*.

Движение при правке шлифовального круга обеспечивает одно- или двухпроходную правку по гладкому или ступенчатому копиру. Продольное перемещение устройства правки Б вдоль образующей круга осуществляется от гидроцилиндра Ц2. Поперечное движение подачи пиноли П с алмазом на глубину правки производится: вручную — от рукоятки Рк через конические колеса $z = 22/22$ и цилиндрические $z = 27/27$ и далее передается на винт 2×1 пиноли; автоматически — от гидравлического цилиндра Ц1 (см. сеч. А—А) через плунжер с собачкой, находящейся в зацеплении с храповым колесом $z = 200$, и далее на винт 2×1 пиноли.

Перемещение пиноли с центром задней бабки Г осуществляется автоматически от поршня-рейки гидроцилиндра Ц3 через зубчатое колесо $z = 23$ или вручную при вращении винта $1,5 \times 1$.

Шлифовальная бабка (рис. 7.4). Вращение шпинделю 14 круга 13 сообщается от электродвигателя через клиноременную передачу 5 на шкив 4.

Шпиндель смонтирован в корпусе 1 на двух трехвкладышных гидродинамических подшипниках скольжения 2 (см. подразд. 3.2). В подшипники от насоса смазывания подается под давлением масло, образующее масляный клин между шейкой шпинделя 14 и вкладышами подшипника 2. В осевом направлении шпиндель устанавливается по бурту между сферическими кольцами 10 и 12, закрепленными в неподвижной обойме 11 с помощью гайки 9 и контргайки 8. Поперечное движение подачи шлифовальной бабки по направляющим качения 6 станины 7 осуществляется от механизма поперечных подач, установленного на станине.

Устройство автоматической правки круга устанавливается на шлифовальной бабке 1 (рис. 7.5). Копирная система обеспечивает правку наружной поверхности круга по заданному профилю. Включение устройства происходит или автоматически от срабатывания реле счета обработанных заготовок, или вручную — от кнопки. Устройство смонтировано на каретке 3, пере-

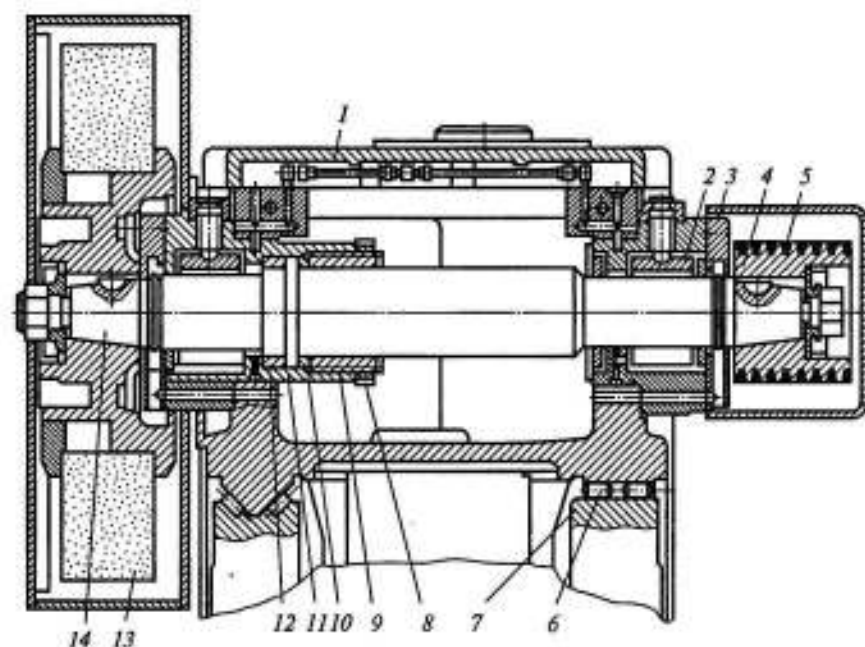


Рис. 7.4. Шлифовальная бабка круглошлифовального станка:

1 — корпус; 2 — подшипник скольжения; 3 — крышка; 4 — шкив; 5 — клиноременная передача; 6 — направляющие качения; 7 — станина; 8 — контргайка; 9 — гайка; 10 и 12 — кольца; 11 — обойма; 13 — шлифовальный круг; 14 — шпиндель

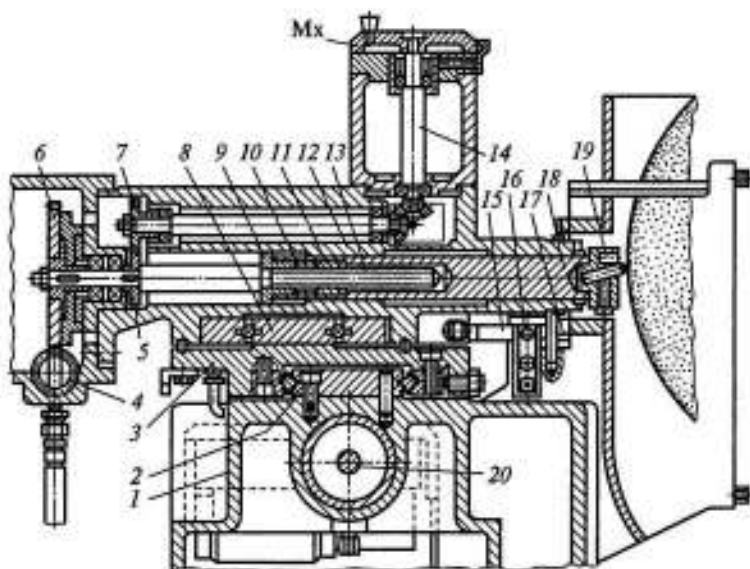


Рис. 7.5. Устройство автоматической правки шлифовального круга:

1 — шлифовальная бабка; 2 — роликовые направляющие; 3 — каретка; 4 — плунжер; 5 и 7 — пара цилиндрических зубчатых колес; 6 — храповое колесо; 8 — шариковые направляющие качения; 9 и 11 — полугайки; 10 — пружина; 12 — ходовой винт; 13 — суппорт; 14 — вал; 15 — копир; 16, 17 — винты; 18 — пиноль; 19 — алмазодержатель; 20 — шток гидроцилиндра; Мх — маховик

мещаемой штоком 20 гидроцилиндра вдоль круга по роликовым направляющим 2 шлифовальной бабки 1. Скорость движения штока регулируется бесступенчато дросселем. К каретке 3 привинчены направляющие 8, несущие суппорт 13 с пинолью 18 и установленным на ней алмазодержателем 19 с алмазом. Каретка под действием пружин прижимается к копиру 15, неподвижно укрепленному на шлифовальной бабке 1. Копир может точно выставляться с помощью винтов 16 и 17. Перемещение пиноли 18 в суппорте 13 осуществляется от ходового винта 12, получающего вращение от маховика Мх через вал 14 и пару зубчатых колес 7 и 5 или от храпового колеса 6, периодически поворачиваемого собачкой гидравлического плунжера 4. Устранение зазора в резьбе между ходовым винтом 12 и полугайками 9 и 11 осуществляется пружиной 10.

Контрольные вопросы

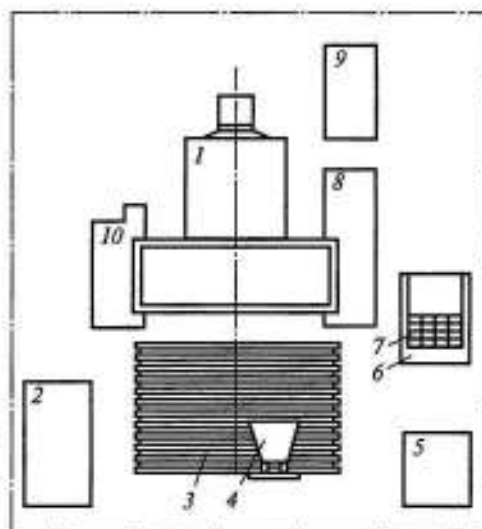
1. Расскажите о компоновке центрального круглошлифовального станка.
2. Как осуществляется ручное перемещение стола станка?
3. С помощью чего осуществляется автоматическое продольное перемещение стола?

7.4. Организация рабочего места шлифовщика

На рис. 7.6 представлена примерная схема организации рабочего места шлифовщика, обслуживающего плоскошлифовальный станок. Перед станком 1 расположена решетка (подставка) под ноги 3 и стул 4 для отдыха. Слева от него установлен контрольный столик 2 для измерительного инструмента, а справа — приемный стол 5 и стеллаж 6 для приспособлений с выдвижной платформой. Сверху стеллажа установлена кассета 7 для хранения абразивного инструмента. Справа от станка размещена гидростанция 8 и электрический шкаф 9, а слева — бак 10 для СОЖ.

Рис. 7.6. Схема организации рабочего места шлифовщика, обслуживающего плоскошлифовальный станок:

1 — станок; 2 — контрольный столик; 3 — решетка; 4 — стул; 5 — приемный стол; 6 — стеллаж; 7 — кассета; 8 — гидростанция; 9 — электрический шкаф; 10 — бак для СОЖ



Рабочее место шлифовщика оснащают устройством для принудительного отсасывания пыли, чтобы избежать ранения глаз рабочего абразивными зёрнами при правке шлифовальных кругов. В шлифовальных станках, работающих без применения СОЖ, должна быть предусмотрена возможность подсоединения к ним местной вытяжной вентиляционной системы.

Основные правила хранения шлифовальных кругов, их балансировки вне станка или на станке будут изложены в гл. 10.

Контрольные вопросы

1. В чем состоит главная отличительная особенность планировки рабочего места шлифовщика по сравнению с планировкой рабочего места токаря, фрезеровщика и сверловщика?

7.5. Технология обработки заготовок на плоскошлифовальных станках

Плоское шлифование является методом обработки закаленных и незакаленных деталей машин; иногда плоское шлифование применяют вместо чистового строгания и чистового фрезерования, а также такой трудоемкой операции, как шабрение. Оно отличается высокой производительностью, так как позволяет обрабатывать заготовки с большими габаритными размерами и имеет малые затраты времени на установку и закрепление заготовок благодаря тому, что применяют магнитные столы. Плоские поверхности можно шлифовать периферией и торцом шлифовального круга.

На рис. 7.7 приведены схемы обработки плоских поверхностей деталей на плоскошлифовальных станках.

В подразд. 7.2 из всего многообразия плоскошлифовальных станков были подробно описаны плоскошлифовальные станки с прямоугольным столом и горизонтальным шпинделем, поэтому рассмотрим схему обработки на этих станках (рис. 7.7, а). Периферией круга обрабатывают, например, заготовки с жесткими допуска-

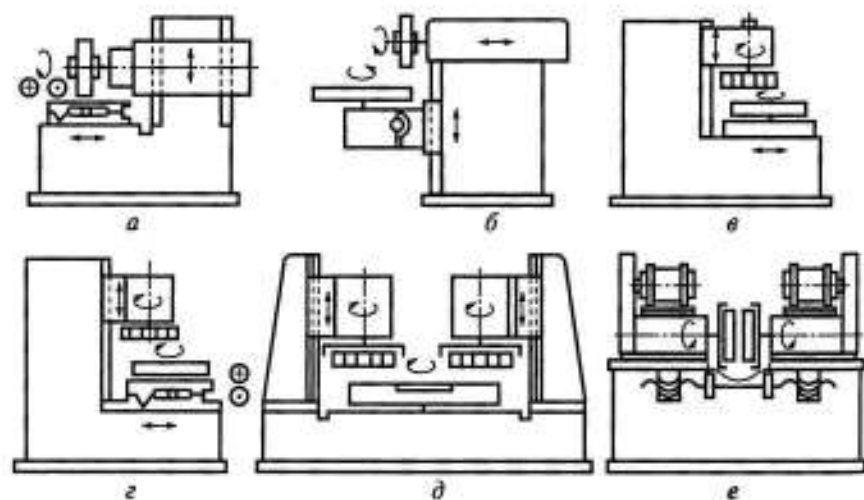


Рис. 7.7. Схема обработки на плоскошлифовальных станках с обозначением движений:

а — б — с горизонтальными шпинделями, работающими периферией шлифовального круга (а — с прямоугольным столом; б — с круглым столом); в — г — с вертикальными шпинделями, одношпиндельные, работающие торцом шлифовального круга (в — с круглым столом; г — с прямоугольным столом); д — е — двухшпиндельные станки, работающие торцом шлифовального круга (д — с двумя вертикальными шпинделями; е — с двумя горизонтальными шпинделями)

ми на отклонения от плоскостности (контрольные плиты, угольники, линейки, стыки ответственных деталей и др.); детали с буртиками и пазами; тонкие детали, подверженные короблению; детали, имеющие недостаточно жесткую опорную поверхность, что приводит к неустойчивому положению их на станке, а также детали, на торце которых следует сделать поднутрение или создать выпуклости, и др.

Основными технологическими факторами, определяющими режим шлифования, являются заданные точность и шероховатость поверхности, мощность двигателя главного привода и стойкость шлифовального круга. Режимы резания задает технолог или мастер или выбирают по справочникам.

Показателями режима резания при плоском шлифовании периферией круга являются: скорость круга; скорость подачи заготовки; поперечная (параллельная оси шпинделя) подача и глубина шлифования.

Скорость шлифовального круга выбирают в зависимости от вида шлифования (обычное или скоростное) и возможностей станка. Скорость подачи заготовок совпадает с продольным перемещением стола, на котором их закрепляют. Увеличение скорости подачи заготовки приводит к увеличению производительности обработки, поэтому выбирают высокие скорости подачи заготовки, особенно при предварительных операциях и снятии больших припусков. Повышение скорости подачи заготовки приводит к уменьшению нагрева и деформации обрабатываемого изделия. На чистовых операциях снижают скорость подачи заготовки.

При увеличении поперечной подачи повышается производительность, но увеличивается шероховатость обрабатываемой поверхности и износ круга, поэтому на чистовых операциях применяют меньшую поперечную подачу.

Глубина резания определяет в основном производительность обработки, однако она зависит от зернистости круга, требуемой шероховатости обрабатываемой поверхности, мощности двигателя привода шлифовальной бабки и ряда других факторов. При обработке крупнозернистыми кругами применяют большую глубину резания. При шлифовании мелкозернистыми кругами с большой глубиной наблюдается значительный износ мягких кругов или быстрое засаливание твердых кругов. При выполнении черновых операций используют большие значения скорости и глубины резания, а на чистовых операциях их снижают.

Для повышения точности обработки и снижения шероховатости поверхности в конце цикла следует применять выхаживание.

Устройства для установки и закрепления шлифовальных кругов. Шлифовальные круги 3 (рис. 7.8, а) диаметром 30...100 мм свободно надевают на шпиндель 1 станка и закрепляют при помощи фланцев 2 и гаек 5. Фланцы обязательно

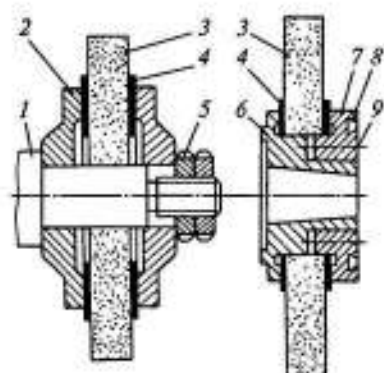


Рис. 7.8. Устройства для установки и крепления шлифовальных кругов:

1 — шпиндель; 2 — фланцы; 3 — шлифовальные круги; 4 — прокладки; 5 — гайки; 6, 7 — переходные фланцы; 8 — кольцевой паз; 9 — винты

должны иметь выточки и упругие прокладки 4 из кожи или резины для обеспечения равномерности зажима круга.

Шлифовальные круги 3 диаметром свыше 100 мм закрепляют на переходных фланцах 6 и 7 (рис. 7.8, б) при свободной посадке круга на шейку фланцев. Между торцами фланцев и круга устанавливают картонные прокладки 4. Оба фланца соединяют винтами 9. В кольцевом пазу 8 фланца 7 размещают балансировочные грузики (способы балансировки см. в гл. 9).

Устройства для установки и закрепления заготовок на плоскошлифовальных станках. Электромагнитная плита (рис. 7.9) состоит из стального литого или сварного корпуса 1, в котором закреплены сердечники 5 с немагнитными прослойками 2 между ними. На нижнюю часть сердечников надеты катушки 4 из медного эмалированного провода, к которым подается постоянный ток. Снизу к корпусу привинчена крышка 6. Включение плиты в работу производят рукояткой 3. Свободное пространство в корпусе заливают эпоксидной смолой для герметизации (предохранения от попадания СОЖ). Плиту закрепляют в Т-образных пазах стола и шлифуют рабочую поверхность стола для обеспечения параллельности плоскости зеркала плиты по отношению к направлению поперечной подачи.

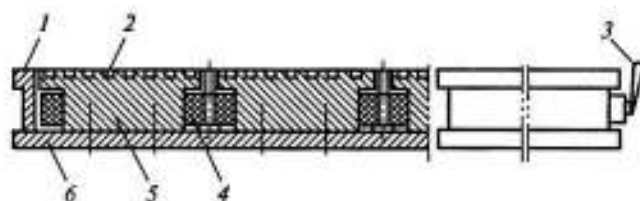


Рис. 7.9. Электромагнитная плита:

1 — корпус; 2 — немагнитные прослойки; 3 — рукоятка; 4 — катушки; 5 — сердечники; 6 — крышка

Размагничивание электромагнитных плит. После шлифования заготовку необходимо снять с плиты и устранить ее остаточную намагниченность. Этого достигают размагничиванием. От качества и эффективности систем размагничивания зависят производительность станков и точность шлифования на них. Основной задачей системы размагничивания является обеспечение возможности легкого съема обработанной заготовки с плиты.

Доля времени размагничивания плиты в общем времени вспомогательно-подготовительных и заключительных работ составляет 8...20 %, следовательно, снижение длительности размагничивания существенно повышает производительность станка.

Магнитные плиты в отличие от электромагнитных не нуждаются в питании от источников энергии. Полюсами в них являются постоянные магниты из никель-алюминиевого сплава, намагниченные на специальных электрических установках. Магнитные плиты, как правило, притягивают заготовки слабее, чем электромагнитные.

На рис. 7.10 показан общий вид магнитной плиты. Верхняя часть сделана из железных пластин 1 и 2 с немагнитными прослойками 3 между ними. Сильные постоянные магниты 5 можно перемещать, попеременно замыкая их на железные пластины и на закрепляемую заготовку. Переключение магнитов производят рукояткой 4. Нижнюю часть плиты закрепляют на столе станка разными прихватами и болтами.

В шлифовальные станки, работающие по полуавтоматическому циклу, встраивают специальные автоматические устройства (демагнитизаторы) для размагничивания шлифуемых стальных заготовок.

Кроме магнитных и электромагнитных плит для закрепления шлифуемых заготовок находят применение лекальные тиски, универсальные прижимы, установочные планки, плиты и т.п.

Лекальные тиски (рис. 7.11) отличаются от обычных машинных тисков точностью изготовления и возможностью кантования. Боковые поверхности лекальных тисков изготавливают параллельно одна другой и перпендикулярно основанию. Для закрепления тисков предусматривают резьбовые отверстия, но в основном их кре-

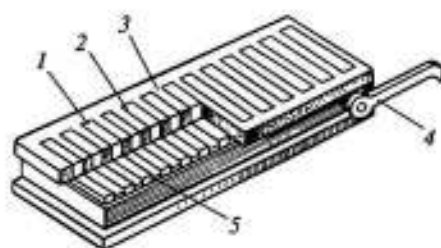


Рис. 7.10. Магнитная плита с постоянными магнитами:

1, 2 — железные пластины; 3 — немагнитные прослойки; 4 — рукоятка; 5 — постоянные магниты

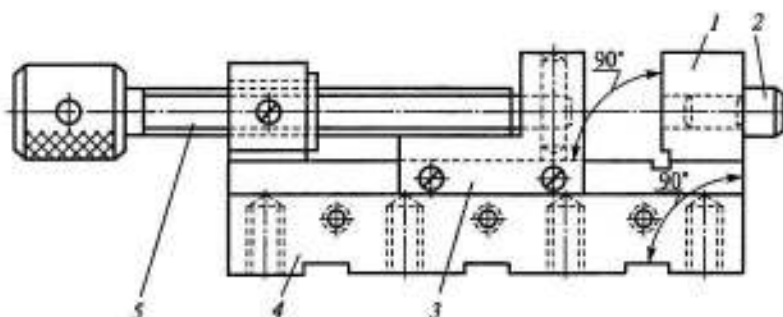


Рис. 7.11. Лекальные тиски для закрепления шлифуемых заготовок:

1 — неподвижная губка; 2 — мерный штифт; 3 — подвижная губка; 4 — корпус; 5 — винт

пят на магнитной плите. Тиски изготавливают из стали, закаливают и шлифуют со всех сторон.

Для установки заготовки на магнитной плите применяют установочные планки и плитки, которые повышают надежность крепления заготовки к плите.

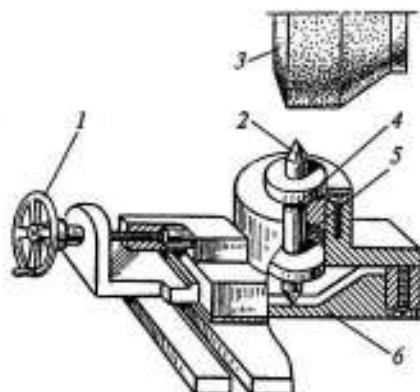
Правка шлифовального круга. В массовом и крупносерийном производствах правящие устройства располагают на шлифовальной бабке. В мелкосерийном и единичном производствах заданный профиль на шлифовальном круге можно получить с помощью съемного приспособления, устанавливаемого на столе станка (рис. 7.12). Правящий алмаз 2 закрепляют в подвижной державке 4. В нижней части державки имеется рабочий наконечник, который под действием пружины 5 поджат к копиру 6. Поворотом маховика 1 державка перемещается вдоль копира и передает его профиль шлифовальному кругу 3. Таким же устройством можно осуществить правку круга прямого профиля по гладкому копиру.

Контроль и средства контроля деталей в процессе шлифования. Установка на плоскошлифовальных станках прибора активного контроля позволяет повысить точность обработки деталей и безопасность обслуживания станка. В процессе шлифования применяют два способа контроля.

При первом способе, схема которого представлена на рис. 7.13, а, регистрируется высота шлифуемой детали в данный момент времени с помощью электронного или пневматического шупа 1, при этом результаты измерения передаются в регистрирующее устройство. При достижении заданного размера автоматически отключается движение подачи. Однако при таком способе измерения не учитывается износ круга и требуется периодическая подналадка устройства правки. Для получения точности измерения применяют шуп 1, дополнительно измеряющий расстояние до плоскости, на которой базируется деталь. При этом движение подачи на глу-

Рис. 7.12. Универсальное приспособление для правки кругов на плоскошлифовальных станках:

1 — маховик; 2 — правящий алмаз; 3 — шлифовальный круг; 4 — державка; 5 — пружина; 6 — копир



бину отключается при достижении заранее установленной разности показаний обоих щупов, соответствующей абсолютной высоте детали.

При втором способе измерения (рис. 7.13, б) применяется индикаторная головка 1, соприкасающаяся с жестким упором 2, закрепленным на станке. Пробную деталь 3 шлифуют до требуемой высоты, после чего индикаторную головку устанавливают на ноль. Все остальные детали устанавливают на стол станка 4 и шлифуют до тех пор, пока стрелка индикатора не дойдет до нулевого положения, а затем выключают движение подачи на глубину шлифовального круга. При этом также не учитывается износ круга и требуется периодическая подналадка индикатора.

Первый способ измерения более точный, однако из-за того, что щуп работает непосредственно в зоне шлифования, существует опасность его загрязнения и большого износа. В этом случае целесообразно применять пневматические средства измерения. При шлифовании крупных деталей и особенно при работе шлифовщика с низкой квалификацией наличие автоматического контроля резко сокращает брак. Второй способ является более простым и

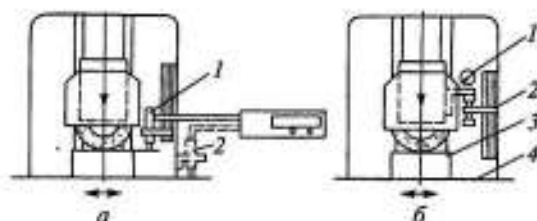


Рис. 7.13. Способы контроля в процессе плоского шлифования:

а — с помощью щупа: 1 — пневматический щуп; 2 — упор; б — с помощью индикаторной головки: 1 — индикаторная головка; 2 — жесткий упор; 3 — деталь; 4 — стол станка

дешевым. Его целесообразно применять в тех случаях, когда не предъявляют высоких требований к точности обработки.

Для повышения точности обработки на некоторых плоскошлифовальных станках применяют подналадчики, которые при увеличении высоты детали сверх определенного заданного предела дают команду на перемещение круга, что обеспечивает компенсацию его износа.

Контрольные вопросы

1. Какие схемы обработки на плоскошлифовальных станках применяют?
2. Назовите основные технологические факторы, влияющие на производительность и качество обработки при плоском шлифовании периферией круга.
3. Какие устройства для крепления круга применяют на плоскошлифовальных станках?
4. Расскажите о приспособлениях для крепления заготовок при плоском шлифовании.
5. Как осуществляется правка круга на плоскошлифовальных станках с прямоугольным столом?
6. Назовите методы и средства контроля деталей при плоском шлифовании.

7.6. Технология обработки заготовок на круглошлифовальных станках

Наружное круглое шлифование заготовок типа тел вращения на центровых станках можно осуществить продольными рабочими ходами, врезанием и комбинированно (рис. 7.14).

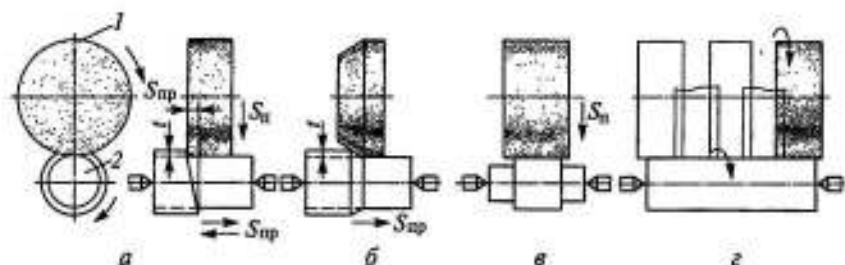


Рис. 7.14. Схемы круглого наружного шлифования:

а — шлифование с продольными рабочими ходами; *1* — шлифовальный круг; *2* — шлифуемая заготовка; *б* — глубинное шлифование; *в* — врезное шлифование; *г* — комбинированное шлифование; $S_{пр}$ — продольная подача; S_n — поперечная подача; t — глубина обработки

При шлифовании с продольными рабочими ходами (рис. 7.14, а) шлифуемая заготовка 2, вращаясь в неподвижных центрах, совершает продольное перемещение вдоль своей оси со скоростью $v_{\text{сп}}$ (мм/мин). В конце двойного или каждого хода шлифовальный круг 1 перемещают в направлении, перпендикулярном оси шлифуемой заготовки 2, на установленную глубину шлифования.

Этот способ целесообразно применять для шлифования заготовок с цилиндрической поверхностью значительной длины. Глубину шлифования рекомендуется выбирать не более 0,05 мм на ход стола. При чистовом шлифовании глубина шлифования еще меньше.

Глубинное шлифование (рис. 7.14, б) как разновидность шлифования с продольной подачей круга применяют при обработке жестких коротких заготовок со снятием припуска до 0,4 мм за один проход. Основную работу резания выполняет коническая часть круга, а его цилиндрическая часть только зачищает обрабатываемую поверхность заготовки.

Глубинное шлифование можно рассматривать как разновидность обдирочного шлифования. Обработку производят с большими глубинами (свыше 5 мм), с малыми скоростями продольных подач (100...300 мм/мин), в основном за один рабочий ход стола. Под обдирочным шлифованием понимают обработку, предназначенную для удаления с заготовки дефектного слоя материала после литья,ковки,штамповки,прокатки и сварки.

Врезное шлифование (рис. 7.14, в) применяют при обдирочном и чистовом шлифовании цилиндрических заготовок. При чистовом шлифовании в отличие от обдирочного преследуют цель достичь необходимых формы и параметра шероховатости шлифуемой поверхности. Шлифование производят одним широким кругом, высота которого на 1,0...1,5 мм больше длины шлифуемой поверхности. Заготовка не имеет движения продольной подачи; движение поперечной подачи шлифовального круга на заданную глубину производят непрерывно или периодически. Для получения поверхности с меньшими отклонением формы и шероховатостью шлифовальному кругу сообщают дополнительное осевое колебательное (осциллирующее) перемещение (до 3 мм) влево и вправо.

Этот способ обработки заготовки имеет следующие преимущества по сравнению со способом шлифования с продольными ходами:

- движение подачи круга производится непрерывно;
- можно шлифовать фасонные заготовки профилированным шлифовальным кругом;
- на шпиндель станка можно устанавливать два или три шлифовальных круга и шлифовать одновременно несколько участков заготовки.

Недостатки способа врезания:

- вследствие высокой производительности выделяется большое количество тепла;
- круг и заготовка нагреваются сильнее, чем при обычном шлифовании, поэтому шлифование необходимо осуществлять с обильным охлаждением;
- необходимо часто править круг из-за быстрого искажения его геометрической формы.

При комбинированном шлифовании (рис. 7.14, *з*) сочетается шлифование с продольными ходами и врезанием. Этот способ применяют при шлифовании длинных заготовок. Вначале шлифуют один участок вала при движении поперечной подачи круга, затем соседний с ним участок и т.д. Края участков при шлифовании перекрывают друг друга на 5...10 мм, однако обработанная поверхность получается ступенчатой. Поэтому на каждом участке снимают неполный припуск. Оставшийся слой (0,02...0,08 мм) снимают двумя-тремя продольными ходами с увеличенной скоростью.

Устройства для установки и закрепления кругов на круглошлифовальных станках аналогичны устройствам, используемым для кругов таких же диаметров на плоскошлифовальных станках (см. подразд. 7.5).

Устройство для установки и закрепления заготовок на круглошлифовальных станках показано на рис. 7.15. Задний центр 3 и передний центр 6 — невращающиеся. Ось шлифовального круга 1 при обработке цилиндрической поверхности заготовки параллельна оси центров станка. Центр 6 установлен в шпинделе 5 передней бабки станка. Вращение от электродвигателя через шкив 7 клиноременной передачи передается заготовке 2 с помощью поводкового диска 4, пальца 8 и хомутика 9. На торцах заготовки выполнены специальные центровые отверстия (рис. 7.16). Конические поверхности этих отверстий при установке

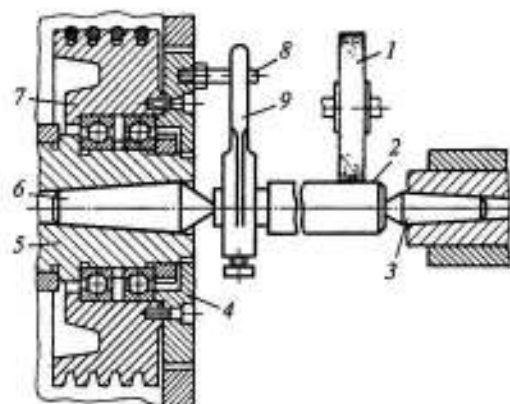


Рис. 7.15. Установка заготовки в неподвижных центрах круглошлифовального станка:

- 1 — ось шлифовального круга; 2 — заготовка; 3 — задний центр; 4 — поводковый диск; 5 — шпиндель; 6 — передний центр; 7 — шкив; 8 — палец; 9 — хомутик.

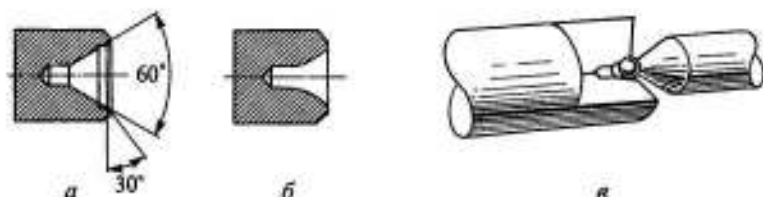


Рис. 7.16. Центровые отверстия:

а — с предохранительной выточкой; *б* — с криволинейной образующей; *в* — со сферической поверхностью центра

заготовки совмещаются с коническими поверхностями центров передней и задней бабок станка.

В некоторых случаях применяют центровые отверстия с предохранительной выточкой (рис. 7.16, *а*) или с криволинейной дугообразной образующей несущего конуса (рис. 7.16, *б*). Преимуществами центровых отверстий такой формы или сферических (рис. 7.16, *в*) являются их нечувствительность к угловым погрешностям, лучшее удержание смазки, снижение погрешностей установки и повышение точности обработки. Заготовки, имеющие отверстия или выточки на торце диаметром более 15 мм, обрабатывают в грибковых («тупых») центрах.

Если заготовку перед шлифованием подвергают термической обработке, то центровые отверстия перед установкой заготовки на станок необходимо очистить от окалины и загрязнений путем шлифования или притирки.

Если заготовка имеет отверстие, то она может базироваться при обработке на оправке (рис. 7.17). По способу крепления оправки подразделяют на центровые (рис. 7.17, *а*, *в* и *е*) и консольные (рис. 7.17, *г* и *д*); по способу установки — на жесткие (рис. 7.17, *а*, *д* и *е*) и разжимные (рис. 7.17, *б*, *в* и *г*).

Заготовки, имеющие точные базовые отверстия с допуском 0,015...0,03 мм и менее, устанавливают на жесткие оправки с небольшой конусностью (0,01...0,015 мм на 100 мм длины) или по прессовой посадке (рис. 7.17, *а*). При менее точных базовых отверстиях (с допуском более 0,03 мм) применяют разжимные оправки (рис. 7.17, *б*, *в* и *г*). Если заготовка базируется одновременно по торцу и отверстию, то применяют оправки со скользящей посадкой (зазор 0,01...0,02 мм), на которые устанавливают одну заготовку (рис. 7.17, *д*, *е*) или несколько заготовок (рис. 7.17, *е*), закрепляемых гайкой.

К разжимным относятся также оправки с гидравлическим или гидропластовым зажимом. Эти оправки легче приспособить к неточностям формы отверстия, в результате чего точнее центрируется заготовка. На таких оправках зажимают заготовки, деформируя тонкостенный цилиндр, находящийся под равномерным дав-

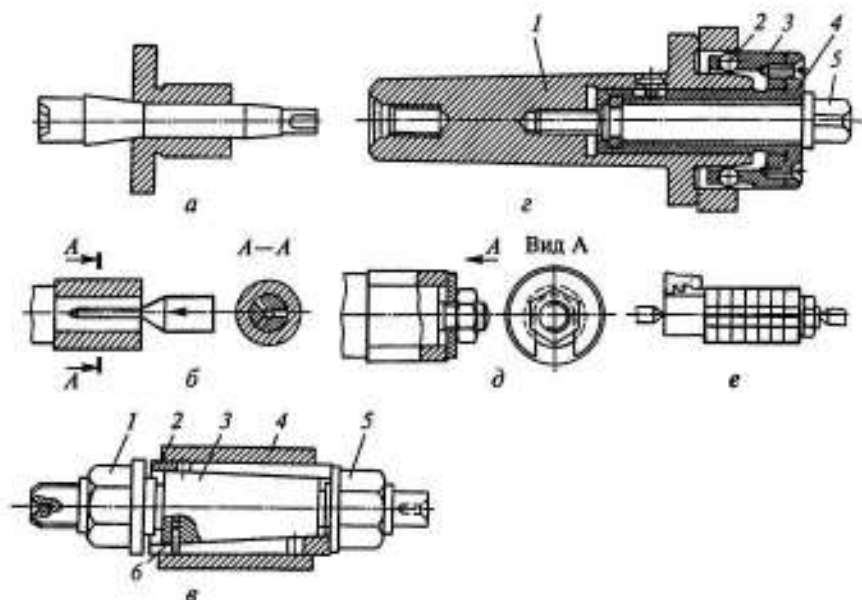


Рис. 7.17. Оправки:

а — жесткая с прессовой посадкой; *б* и *в* — разжимные; *1* и *5* — гайки; *2* — цанга; *3* — конус; *4* — заготовка; *б* — штифт; *г* — разжимная со скользящей посадкой и закреплением гайкой; *1* — оправка; *2* — шарики; *3* — сепаратор; *4* — втулка; *5* — винт; *д* и *е* — жесткие для одной и нескольких заготовок

лением изнутри. Для создания давления используется жидкость или пластмасса.

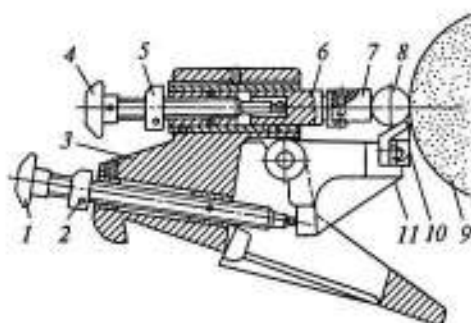
Для передачи крутящего момента от планшайбы станка к оправкам с заготовками применяют различные поводки, хомутики и патроны (аналогичные рассмотренным в гл. 4 применительно к токарным станкам).

При шлифовании заготовок, длина которых в 5—10 и более раз превышает диаметр, под действием силы резания возникает прогиб заготовки вследствие недостаточной ее жесткости. При этом снижается точность шлифования, могут возникнуть колебания и вибрации в технологической системе СИД. В таких случаях применяют один и несколько упорных люнетов — дополнительных опор для обрабатываемой заготовки.

В единичном и серийном производствах используют регулируемые люнеты с одной или двумя колодками (рис. 7.18) для восприятия радиальной (горизонтальной) и касательной (вертикальной) составляющих силы резания. В конструкции люнета положение вертикальной колодки *10*, закрепленной на упорном рычаге *11*, устанавливается регулировочным винтом *1*, перемещающимся в

Рис. 7.18. Люнет с двумя колодками:

1 — винт; 2 и 5 — кольца; 3 — корпус люнета; 4 — винт; 6 — пиноль; 7 — колодка; 8 — заготовка; 9 — шлифовальный круг; 10 — вертикальная колодка; 11 — рычаг



корпусе люнета 3. Положение горизонтальной колодки 7, закрепленной на пиноли 6, регулируется винтом 4. По мере шлифования кругом 9 заготовки 8 необходимо регулировать положения колодок, так как диаметр шлифуемой поверхности уменьшается. Окончательное положение колодок зависит от диаметра обработанной детали. При наладке станка колодки устанавливают по эталонной детали или по калибру с кольцами 2 и 5, которые ограничивают осевое перемещение регулировочных винтов 1 и 4. Положения колодок предпочтительнее регулировать винтом 4, так как перемещение заготовки в горизонтальном направлении оказывает наибольшее влияние на точность обработки.

Правка шлифовальных кругов. Устройство для правки круга алмазом устанавливают на задней бабке круглошлифовального станка. Алмазный карандаш в пиноли имеет микрометрическую подачу, которая осуществляется вращением рукоятки вручную. На пиноли может быть также смонтирована оправка для безалмазной правки. Устройство для автоматической правки круга монтируют на корпусе шлифовальной бабки. Правильное устройство обеспечивает одно- или двухпроходную правку по гладкому или ступенчатому копиру. Правильное устройство включается по команде от реле счета числа шлифованных деталей или оператор нажимает для этого кнопку (см. также подразд. 7.3).

Методы и средства измерения при круглом шлифовании. В мелкосерийном производстве широко используют для измерения диаметра шлифуемой поверхности микрометры (см. гл. 4). Жесткие и индикаторные скобы предпочтительны в массовом производстве. Скоба фиксированного типа имеет жесткие или регулируемые на заданный размер измерительные губки. Скоба дает информацию: «проходит» или «не проходит». Индикаторная скоба показывает реальный размер в сравнении с эталоном и позволяет управлять процессом в соответствии со снимаемым припуском.

На автоматизированных круглошлифовальных станках используют автоматические измерительные средства и подналадчики.

1. Расскажите о методах шлифования тел вращения.
2. Назовите устройства для установки и закрепления заготовок на круглошлифовальных станках.
3. Где на круглошлифовальных станках располагаются ручные и автоматические устройства правки шлифовального круга?
4. Какие методы и средства измерения используют при круглом шлифовании?

7.7. Основные правила безопасной работы на шлифовальных станках

Требования к безопасности при работе на шлифовальных станках особенно возрастают в связи с использованием хрупкого абразивного инструмента и высоких скоростей резания.

Для безопасной работы шлифовщику необходимо:

- хорошо знать свойства шлифовальных кругов и осторожно обращаться с ними;
- в совершенстве изучить устройство всех механизмов станка и безошибочно усвоить порядок и приемы их включения и выключения;
- строго соблюдать установленные правила эксплуатации шлифовального оборудования и абразивного инструмента, своевременно замечать неполадки в работе станка.

При хранении шлифовальных кругов нельзя допускать их намокания и образования трещин. Перед установкой на станок планшайбы с шлифовальным кругом (особенно крупных размеров) следует убедиться в надежном закреплении круга, а также в отсутствии на нем трещин (простукиванием круга деревянным молотком; круг с трещиной, как и чашка, звучит иначе, чем целый). Намокание круга на станке вызывает дисбаланс. Крепление круга должно быть особо надежным и осуществляться с торцовыми прокладками, компенсирующими отклонения от правильной формы и температурные деформации. Резьбовые элементы должны быть тщательно законтрены, а направление вращения круга необходимо учитывать при выборе направления их резьбы (правой или левой). Круг должен быть надежно закрыт кожухом, особенно на станках, предназначенных для работы с окружной скоростью круга 60 м/с и более.

При появлении вибраций станок должен быть немедленно остановлен. Включение станка допускается только при полном устранении вибраций. Для шлифовальных кругов на керамической связке следует строго следить за тем, чтобы СОЖ не попадала на невращающийся круг.

Во время работы шлифовального станка, а также при правке круга шлифовщик не должен находиться в зоне вращения как круга, так и заготовки. Заготовку к шлифовальному кругу или круг к заготовке необходимо подводить плавно, без рывков и резкого нажима, чтобы не вызвать разрыв круга (разрушение круга, вызываемое различными причинами и сопровождающееся разлетанием его осколков с огромной скоростью под действием центробежных сил). Запрещается работать боковой поверхностью шлифовального круга, если круг не предназначен для данной работы.

Контрольные вопросы

1. Расскажите об основных правилах безопасной работы на шлифовальных станках.
2. Что нужно сделать при появлении вибраций станка?
3. Какие меры предосторожности должен предпринять шлифовщик при правке круга?

Глава 8

СТАНКИ С ЧПУ

8.1. Общие сведения о системах управления и станках с ЧПУ

Под *управлением станком* принято понимать совокупность воздействий на его механизмы, обеспечивающие выполнение технологического цикла обработки, а под *системой управления* — устройство или совокупность устройств, реализующих эти воздействия.

Числовое программное управление (ЧПУ) — это управление, при котором программу задают в виде записанного на каком-либо носителе массива информации. Управляющая информация для систем ЧПУ является дискретной и ее обработка в процессе управления осуществляется цифровыми методами. Управление технологическими циклами практически повсеместно осуществляется с помощью программируемых логических контроллеров, реализуемых на основе принципов цифровых электронных вычислительных устройств.

В табл. 8.1 перечислены цели и функции современного многоуровневого устройства ЧПУ (УЧПУ).

Системы ЧПУ практически вытесняют другие типы систем управления.

Цели и функции многоуровневых устройств ЧПУ

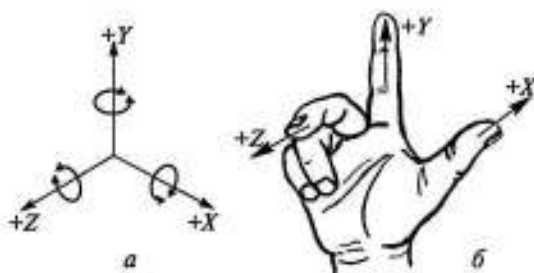
Уровни	Цель	Функции
I	Обеспечение обработки заготовок на станке	Управление циклом работы станка Контроль перемещения рабочих органов станка
II	Получение информации о функционировании станка	Принятие инженером-технологом и (или) оператором решения о правильности работы станка и выявление неисправностей на основании информации о работе станка
III	Получение исходных данных для организации производства в цеху (на заводе)	Принятие инженером-технологом и (или) оператором на основании информации о работе станка квалифицированных решений по управлению производством

По технологическому назначению и функциональным возможностям системы ЧПУ подразделяют на четыре группы:

- *позиционные*, в которых задают только координаты конечных точек положения исполнительных органов после выполнения ими определенных элементов рабочего цикла;
- *контурные или непрерывные*, управляющие движением исполнительного органа по заданной криволинейной траектории;
- *универсальные (комбинированные)*, в которых осуществляется программирование как перемещений при позиционировании, так и движения исполнительных органов по траектории, а также смены инструментов и загрузки-выгрузки заготовок.
- *многоконтурные системы*, обеспечивающие одновременное или последовательное управление функционированием ряда узлов и механизмов станка.

Примером применения систем ЧПУ первой группы являются сверлильные, расточные и координатно-расточные станки. Примером второй группы служат системы ЧПУ различных токарных, фрезерных и круглошлифовальных станков. К третьей группе относятся системы ЧПУ различных многоцелевых токарных и сверльно-фрезерно-расточных станков.

Рис. 8.1. Расположение осей координат в станках с ЧПУ (а); правосторонняя система координат (б)



К четвертой группе относятся бесцентровые круглошлифовальные станки, в которых от систем ЧПУ управляют различными механизмами: правки, подачи бабок и т.д. Существуют позиционные, контурные, комбинированные и многоконтурные (рис. 8.1, а) циклы управления.

По способу подготовки и ввода управляющей программы различают так называемые оперативные системы ЧПУ (в этом случае управляющую программу готовят и редактируют непосредственно на станке, в процессе обработки первой детали из партии или имитации ее обработки) и системы, для которых управляющая программа готовится независимо от места обработки детали. Причем независимая подготовка управляющей программы может выполняться либо с помощью средств вычислительной техники, входящих в состав системы ЧПУ данного станка, либо вне ее (вручную или с помощью системы автоматизации программирования).

Программируемые контроллеры — это устройства управления электроавтоматикой станка. Большинство программируемых контроллеров имеют модульную конструкцию, в состав которой входят источник питания, процессорный блок и программируемая память, а также различные модули входов/выходов. Для создания и отладки программ работы станка применяют программирующие аппараты. Принцип работы контроллера: опрашиваются необходимые входы/выходы и полученные данные анализируются в процессорном блоке. При этом решаются логические задачи и результат вычисления передается на соответствующий логический или физический выход для подачи в соответствующий механизм станка.

В программируемых контроллерах используют различные типы памяти, в которой хранится программа электроавтоматики станка: электрическую перепрограммируемую энергонезависимую память; оперативную память со свободным доступом; стираемую ультрафиолетовым излучением и электрически перепрограммируемую.

Программируемый контроллер имеет систему диагностики: входов/выходов, ошибки в работе процессора, памяти, батареи, связи и других элементов. Для упрощения поиска неисправностей современные интеллектуальные модули имеют самодиагностику.

Программоноситель может содержать как геометрическую, так и технологическую информацию. Технологическая информация обеспечивает определенный цикл работы станка, а геометрическая — характеризует форму, размеры элементов обрабатываемой заготовки и инструмента и их взаимное положение в пространстве.

Станки с *программным управлением* (ПУ) по виду управления подразделяют на станки с системами циклового программного управления (ЦПУ) и станки с системами числового программного управления (ЧПУ). Системы ЦПУ более просты, так как в них программируется только цикл работы станка, а величины рабочих перемещений, т. е. геометрическая информация, задаются упрощенно, например с помощью упоров. В станках с ЧПУ управление осуществляется от программоносителя, на который в числовом виде занесена и геометрическая, и технологическая информация.

В отдельную группу выделяют станки с цифровой индикацией и преднабором координат. В этих станках имеется электронное устройство для задания координат нужных точек (преднабор координат) и крестовый стол, снабженный датчиками положения, который дает команды на перемещение до необходимой позиции. При этом на экране высвечивается каждое текущее положение стола (цифровая индикация). В таких станках можно применять или преднабор координат или цифровую индикацию; исходную программу работы задает станочник.

В моделях станков с ПУ (см. гл. 1) для обозначения степени автоматизации добавляется буква Ф с цифрой: Ф1 — станки с цифровой индикацией и преднабором координат; Ф2 — станки с позиционными и прямоугольными системами ЧПУ; Ф3 — станки с контурными системами ЧПУ и Ф4 — станки с универсальной системой ЧПУ для позиционной и контурной обработки. Особую группу составляют станки, имеющие ЧПУ для многоконтурной обработки, например бесцентровые круглошлифовальные станки. Для станков с цикловыми системами ПУ в обозначении модели введен индекс Ц, с оперативными системами — индекс Т (например, 16K20T1).

ЧПУ обеспечивает управление движениями рабочих органов станка и скоростью их перемещения при формообразовании, а также последовательностью цикла обработки, режимами резания, различными вспомогательными функциями.

Система числового программного управления (СЧПУ) — это совокупность специализированных устройств, методов и средств, необходимых для осуществления ЧПУ станками. *Устройство ЧПУ* (УЧПУ) станками — это часть СЧПУ, выполненная как единое целое с ней и осуществляющая выдачу управляющих воздействий по заданной программе.

В международной практике приняты следующие обозначения: NC-ЧПУ; HNC — разновидность устройства ЧПУ с заданием

программы оператором с пульта с помощью клавиш, переключателей и т.д.; SNC — устройство ЧПУ, имеющее память для хранения всей управляющей программы; CNC — управление автономным станком с ЧПУ, содержащее мини-ЭВМ или процессор; DNC — управление группой станков от общей ЭВМ.

Для станков с ЧПУ стандартизованы направления перемещений и их символика. Стандартом ISO-R841 принято за положительное направление перемещения элемента станка считать то, при котором инструмент или заготовка отходят один от другого. Исходной осью (ось Z) является ось рабочего шпинделя. Если эта ось поворотная, то ее положение выбирают перпендикулярно плоскости крепления детали. Положительное направление оси Z — от устройства крепления детали к инструменту. Тогда оси X и Y расположатся так, как это показано на рис. 8.1.

Использование конкретного вида оборудования с ЧПУ зависит от сложности изготавливаемой детали и серийности производства. Чем меньше серийность производства, тем большую технологическую гибкость должен иметь станок.

При изготовлении деталей со сложными пространственными профилями в единичном и мелкосерийном производстве использование станков с ЧПУ является почти единственным технически оправданным решением. Это оборудование целесообразно применять и в случае, если невозможно быстро изготовить оснастку. В серийном производстве также целесообразно использовать станки с ЧПУ. В последнее время широко используют автономные станки с ЧПУ или системы из таких станков в условиях переналаживаемого крупносерийного производства.

Принципиальная особенность станка с ЧПУ — это работа по управляющей программе (УП), на которой записаны цикл работы оборудования для обработки конкретной детали и технологические режимы. При изменении обрабатываемой на станке детали необходимо просто сменить программу, что сокращает на 80...90 % трудоемкость переналадки по сравнению с трудоемкостью этой операции на станках с ручным управлением.

Основные преимущества станков с ЧПУ:

- производительность станка повышается в 1,5...2,5 раза по сравнению с производительностью аналогичных станков с ручным управлением;
- сочетается гибкость универсального оборудования с точностью и производительностью станка-автомата;
- снижается потребность в квалифицированных рабочих-станочниках, а подготовка производства переносится в сферу инженерного труда;
- детали, изготовленные по одной программе, являются взаимозаменяемыми, что сокращает время пригоночных работ в процессе сборки;

- сокращаются сроки подготовки и перехода на изготовление новых деталей благодаря предварительной подготовке программ, более простой и универсальной технологической оснастке;
- снижается продолжительность цикла изготовления деталей и уменьшается запас незавершенного производства.

Контрольные вопросы

1. Что такое программное управление станками? Какие виды ПУ станками вы знаете?
2. Как обозначают станки с ПУ?
3. Что такое система ЧПУ станком? Какие системы ЧПУ вы знаете?
4. В чем заключается принципиальная особенность станков с ЧПУ?
5. Перечислите основные преимущества применения станков с ЧПУ.

8.2. Конструктивные особенности станков с ЧПУ

Станки с ЧПУ имеют расширенные технологические возможности при сохранении высокой надежности работы. Конструкция станков с ЧПУ должна, как правило, обеспечить совмещение различных видов обработки (точение — фрезерование, фрезерование — шлифование), удобство загрузки заготовок, выгрузки деталей (что особенно важно при использовании промышленных роботов), автоматическое или дистанционное управление сменой инструмента и т.д.

Повышение точности обработки достигается высокой точностью изготовления и жесткостью станка, превышающей жесткость обычного станка того же назначения, для чего производят сокращение длины его кинематических цепей: применяют автономные приводы, по возможности сокращают число механических передач. Приводы станков с ЧПУ должны также обеспечивать высокое быстродействие.

Повышению точности способствует и устранение зазоров в передаточных механизмах приводов подач, снижение потерь на трение в направляющих и других механизмах, повышение виброустойчивости, снижение тепловых деформаций, применение в станках датчиков обратной связи. Для уменьшения тепловых деформаций необходимо обеспечить равномерный температурный режим в механизмах станка, чему, например, способствует предварительный разогрев станка и его гидросистемы. Температурную погрешность станка можно также уменьшить, вводя коррекцию в привод подач от сигналов датчиков температур.

Базовые детали (станины, колонны, основания) выполняют более жесткими за счет введения дополнительных ребер жесткости. Повышенную жесткость имеют и подвижные несущие эле-

менты (суппорты, столы, салазки). Столы, например, конструируют коробчатой формы с продольными и поперечными ребрами. Базовые детали изготавливают литыми или сварными. Наметила тенденция выполнять такие детали из полимерного бетона или синтетического гранита, что в еще большей степени повышает жесткость и виброустойчивость станка.

Направляющие станков с ЧПУ имеют высокую износостойкость и малую силу трения, что позволяет снизить мощность следящего привода, увеличить точность перемещений, уменьшить рассогласование в следящей системе.

Направляющие скольжения станины и суппорта для уменьшения коэффициента трения создают в виде пары скольжения «сталь (или высококачественный чугун) — пластиковое покрытие (фторопласт и др.)».

Направляющие качения имеют высокую долговечность, характеризуются небольшим трением, причем коэффициент трения практически не зависит от скорости движения. В качестве тел качения используют ролики. Предварительный натяг повышает жесткость направляющих в 2...3 раза, для создания натяга используют регулирующие устройства.

Приводы и преобразователи для станков с ЧПУ. В связи с развитием микропроцессорной техники применяются преобразователи для приводов подачи и главного движения с полным микропроцессорным управлением — цифровые преобразователи или цифровые приводы. Цифровые приводы представляют собой электродвигатели, работающие на постоянном или переменном токе. Конструктивно преобразователи частоты, сервоприводы и устройства главного пуска и реверса являются отдельными электронными блоками управления.

Привод подачи для станков с ЧПУ. В качестве привода используют двигатели, представляющие собой управляемые от цифровых преобразователей синхронные или асинхронные машины. Бесколлекторные синхронные (вентильные) двигатели для станков с ЧПУ изготавливают с постоянным магнитом на основе редкоземельных элементов и оснащают датчиками обратной связи и тормозами. Асинхронные двигатели применяют реже, чем синхронные. Привод движения подач характеризуется минимально возможными зазорами, малым временем разгона и торможения, небольшими силами трения, уменьшенным нагревом элементов привода, большим диапазоном регулирования. Обеспечение этих характеристик возможно благодаря применению шариковых и гидростатических винтовых передач, направляющих качения и гидростатических направляющих, безззорных редукторов с короткими кинематическими цепями и т.д.

Приводами главного движения для станков с ЧПУ обычно являются двигатели переменного тока — для больших мощностей и

постоянного тока — для малых мощностей. В качестве приводов служат трехфазные четырехполюсные асинхронные двигатели, воспринимающие большие перегрузки и работающие при наличии в воздухе металлической пыли, стружки, масла и т.д. Поэтому в их конструкции предусмотрен внешний вентилятор. В двигателе встраивают различные датчики, например датчик положения шпинделя, что необходимо для ориентации или обеспечения независимой координаты.

Преобразователи частоты для управления асинхронными двигателями имеют диапазон регулирования до 250. Преобразователи представляют собой электронные устройства, построенные на базе микропроцессорной техники. Программирование и параметрирование их работы осуществляются от встроенных программаторов с цифровым или графическим дисплеем. Оптимизация управления достигается автоматически после введения параметров электродвигателя. В математическом обеспечении заложена возможность настройки привода и пуск его в эксплуатацию.

Шпиндели станков с ЧПУ выполняют точными, жесткими, с повышенной износостойкостью шеек, посадочных и базирующих поверхностей. Конструкция шпинделя значительно усложняется из-за встроенных в него устройств автоматического разжима и зажима инструмента, датчиков при адаптивном управлении и автоматической диагностике.

Опоры шпинделей должны обеспечить точность шпинделя в течение длительного времени в переменных условиях работы, повышенную жесткость, небольшие температурные деформации. Точность вращения шпинделя обеспечивается прежде всего высокой точностью изготовления подшипников.

Наиболее часто в опорах шпинделей применяют подшипники качения. Для уменьшения влияния зазоров и повышения жесткости опор обычно устанавливают подшипники с предварительным натягом или увеличивают число тел качения. Подшипники скольжения в опорах шпинделей применяют реже и только при наличии устройств с периодическим (ручным) или автоматическим регулированием зазора в осевом или радиальном направлении. В прецизионных станках применяют аэростатические подшипники, в которых между шейкой вала и поверхностью подшипника находится сжатый воздух, благодаря этому снижается износ и нагрев подшипника, повышается точность вращения и т.п.

Привод позиционирования (т.е. перемещения рабочего органа станка в требуемую позицию согласно программе) должен иметь высокую жесткость и обеспечивать плавность перемещения при малых скоростях, большую скорость вспомогательных перемещений рабочих органов (до 10 м/мин и более).

Вспомогательные механизмы станков с ЧПУ включают в себя устройства смены инструмента, уборки стружки, си-

стему смазывания, зажимные приспособления, загрузочные устройства и т.д. Эта группа механизмов в станках с ЧПУ значительно отличается от аналогичных механизмов, используемых в обычных универсальных станках. Например, в результате повышения производительности станков с ЧПУ произошло резкое увеличение количества сходящей стружки в единицу времени, а отсюда возникла необходимость создания специальных устройств для отвода стружки. Для сокращения потерь времени при загрузке применяют приспособления, позволяющие одновременно устанавливать заготовку и снимать деталь во время обработки другой заготовки.

Устройства автоматической смены инструмента (магазины, автооператоры, револьверные головки) должны обеспечивать минимальные затраты времени на смену инструмента, высокую надежность в работе, стабильность положения инструмента, т.е. постоянство размера вылета и положения оси при повторных сменах инструмента, иметь необходимую вместимость магазина или револьверной головки.

Револьверная головка — это наиболее простое устройство смены инструмента: установку и зажим инструмента осуществляют вручную. В рабочей позиции один из шпинделей приводится во вращение от главного привода станка. Револьверные головки устанавливают на токарные, сверлильные, фрезерные, многоцелевые станки с ЧПУ; в головке закрепляют от 4 до 12 инструментов.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные конструктивные особенности станков с ЧПУ.
2. Перечислите конструктивные особенности базовых деталей, приводов главного движения и движения подачи, а также вспомогательных механизмов станков с ЧПУ.

8.3. Токарные станки с ЧПУ

Токарные станки с ЧПУ предназначены для наружной и внутренней обработки сложных заготовок деталей типа тел вращения. Они составляют самую значительную группу по номенклатуре в парке станков с ЧПУ. На токарных станках с ЧПУ выполняют традиционный комплекс технологических операций: точение, отрезку, сверление, нарезание резьбы и др.

В основе классификации токарных станков с ЧПУ лежат следующие признаки:

- расположение оси шпинделя (горизонтальные и вертикальные станки);

- число используемых в работе инструментов (одно- и многоинструментальные станки);
- способы их закрепления (на суппорте, в револьверной головке, в магазине инструментов);
- вид выполняемых работ (центровые, патронные, патронно-центровые, карусельные, прутковые станки);
- степень автоматизации (полуавтоматы и автоматы).

Центровые станки с ЧПУ служат для обработки заготовок деталей типа валов с прямолинейным и криволинейным контурами. На этих станках можно нарезать резьбу резцом по программе.

Патронные станки с ЧПУ предназначены для обточки, сверления, развертывания, зенкерования, цекования, нарезания резьбы метчиками в осевых отверстиях деталей типа фланцев, зубчатых колес, крышек, шкивов и др.; возможно нарезание резцом внутренней и наружной резьбы по программе.

Патронно-центровые станки с ЧПУ служат для наружной и внутренней обработки разнообразных сложных заготовок деталей типа тел вращения и обладают технологическими возможностями токарных центровых и патронных станков.

Карусельные станки с ЧПУ применяют для обработки заготовок сложных корпусов.

Токарные станки с ЧПУ (рис. 8.2) оснащают револьверными головками или магазином инструментов. Револьверные головки бывают четырех-, шести- и двенадцатипозиционные, причем на каждой позиции можно устанавливать по два инструмента для наружной и внутренней обработки заготовки. Ось вращения головки может располагаться параллельно оси шпинделя, перпендикулярно к ней или наклонно.

При установке на станке двух револьверных головок в одной из них (1) закрепляют инструменты для наружной обработки, в другой (2) — для внутренней (см. рис. 8.2). Такие головки могут располагаться соосно одна относительно другой или иметь разное расположение осей. Индексирование револьверных головок производится, как правило, путем применения закаленных и шлифованных плоскозубчатых торцовых муфт, которые обеспечивают высокую точность и жесткость индексирования головки. В пазы револьверных головок устанавливают сменные взаимозаменяемые инструментальные блоки, которые настраивают на размер вне станка, на специальных приборах, что значительно повышает производительность и точность обработки. Резцовые блоки в револьверной головке базируют или на призме, или цилиндрическим хвостовиком 6 (рис. 8.3). Резец закрепляют винтами через прижимную планку 3. Для установки резца по высоте центров служит подкладка 2. Два регулировочных винта 5, расположенных под углом 45° один к другому, позволяют при наладке вывести вершину резца на заданные координаты. Подача СОЖ в зону резания осу-

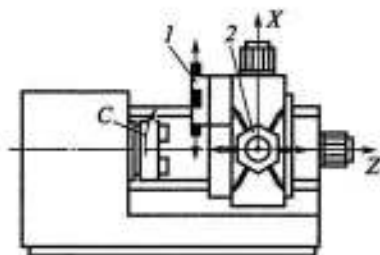


Рис. 8.2. Токарный станок с ЧПУ:

1, 2 — револьверные головки

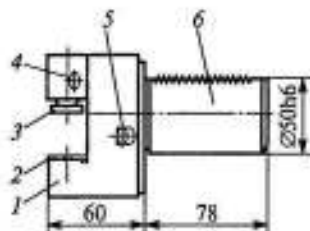


Рис. 8.3. Резцовый блок с цилиндрическим хвостовиком:

1 — корпус; 2 — подкладка; 3 — прижимная планка; 4 — сопло; 5 — винты; 6 — хвостовик

ществляется через канал в корпусе 1, заканчивающийся соплом 4, позволяющим регулировать направление подачи СОЖ.

Магазины инструментов (вместимостью 8...20 инструментов) применяют редко, так как практически для токарной обработки одной заготовки требуется не более 10 инструментов. Использование большего числа инструментов целесообразно в случаях точения труднообрабатываемых материалов, когда инструменты имеют малый период стойкости.

Расширение технологических возможностей токарных станков возможно благодаря стиранию грани между токарными и фрезерными станками, добавлению внецентрового сверления, фрезерования контура (т.е. программируется поворот шпинделя); в некоторых случаях возможно резбонарезание несоосных элементов заготовок.

Контрольные вопросы

1. Как классифицируют токарные станки с ЧПУ по виду выполняемых работ?
2. Какими устройствами для крепления инструмента оснащают токарные станки с ЧПУ?
3. Как базируют резцовые блоки в револьверной головке станка?

8.4. Фрезерные станки с ЧПУ

Фрезерные станки с ЧПУ предназначены для обработки плоских и пространственных поверхностей заготовок сложной формы. Конструкции фрезерных станков с ЧПУ аналогичны конструкциям традиционных фрезерных станков, отличие от последних заключается в автоматизации перемещений по УП при формообразовании.

В основе классификации фрезерных станков с ЧПУ лежат следующие признаки:

- расположение шпинделя (горизонтальное и вертикальное);
- число координатных перемещений стола или фрезерной бабки;
- число используемых инструментов (одноинструментные и многоинструментные);
- способ установки инструментов в шпиндель станка (вручную или автоматически).

По компоновке фрезерные станки с ЧПУ делят на четыре группы:

- вертикально-фрезерные с крестовым столом;
- консольно-фрезерные;
- продольно-фрезерные;
- широкоуниверсальные инструментальные.

В вертикально-фрезерных станках с крестовым столом (рис. 8.4, а) стол перемещается в продольном (ось X) и поперечном (ось Y) горизонтальном направлениях, а фрезерная бабка — в вертикальном направлении (ось Z).

В консольно-фрезерных станках (рис. 8.4, б) стол перемещается по трем координатным осям (X , Y и Z), а бабка неподвижна.

В продольно-фрезерных станках с подвижной поперечиной (рис. 8.4, в) стол перемещается по оси X , шпиндельная бабка — по оси Y , а поперечина — по оси Z . В продольно-фрезерных станках с неподвижной поперечиной (рис. 8.4, г) стол перемещается по оси X , а шпиндельная бабка — по осям Y и Z .

В широкоуниверсальных инструментальных фрезерных станках (рис. 8.4, д) стол перемещается по осям X и Y , а шпиндельная бабка — по оси Z .

Фрезерные станки в основном оснащают прямоугольными и контурными УЧПУ.

При прямоугольном управлении (условное обозначение в модели станка — Ф2) стол станка совершает движение в направлении, параллельном одной из координатных осей, что делает невозможной обработку сложных поверхностей. Станки с прямоугольным управлением применяют для фрезерования плоскостей, скосов, уступов, пазов, разновысоких бобышек и других аналогичных поверхностей.

При контурном управлении (условное обозначение в модели станка — Ф3 и Ф4) траектория перемещения стола более сложная. Станки с контурным управлением используют для фрезерования различных кулачков, штампов, пресс-форм и других аналогичных поверхностей. Число управляемых координат, как правило, равно трем, а в некоторых случаях — четырем и пяти. При контурном управлении движение формообразования производится не менее чем по двум координатным осям одновременно.

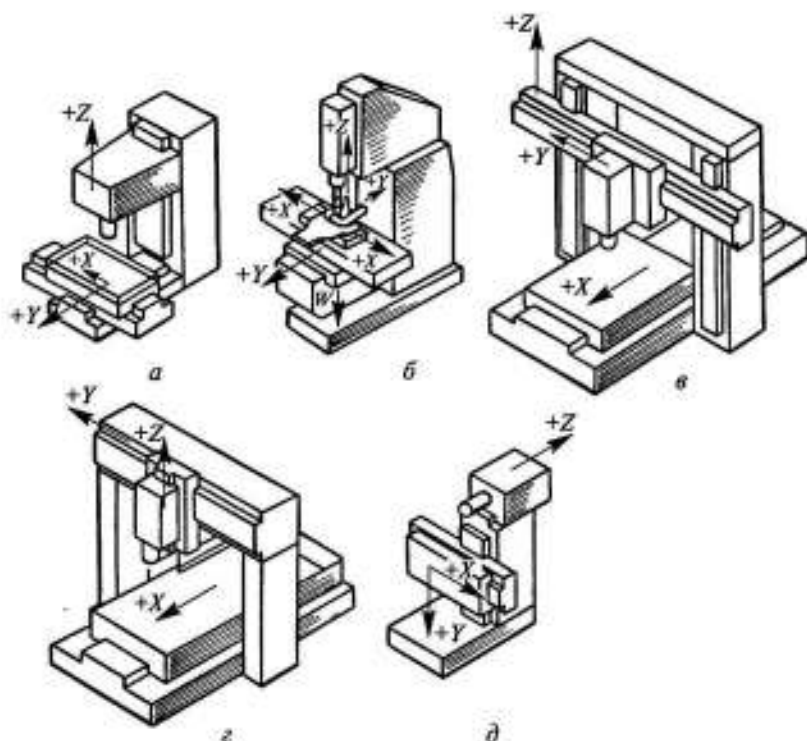


Рис. 8.4. Компоновки фрезерных станков с ЧПУ с обозначением осей координат X , Y , Z и W :

a — вертикально-фрезерный станок с крестовым столом; b — консольно-фрезерный станок; v — продольно-фрезерный станок; z — продольно-фрезерный станок с неподвижной поперечиной; d — широкоуниверсальный инструментальный фрезерный станок.

В отдельных случаях на фрезерных станках при обработке заготовок простой формы в условиях средне- и крупносерийного производства также применяют системы ЧПУ.

Во фрезерных станках с ЧПУ в качестве привода главного движения используют асинхронные электродвигатели (в этих случаях имеется коробка скоростей) или электродвигатели постоянного тока.

На небольших фрезерных станках с прямоугольным ЧПУ применяют один приводной электродвигатель постоянного тока и коробку передач с автоматически переключаемыми электромагнитными муфтами, а на тяжелых станках с контурным управлением каждое управляемое координатное перемещение осуществляется от автономного электропривода постоянного тока.

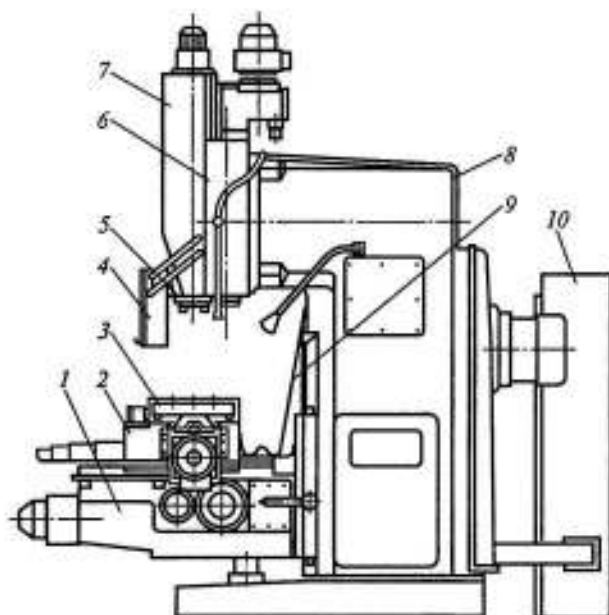


Рис. 8.5. Фрезерный станок с ЧПУ:

1 — консоль; 2 — салазки; 3 — стол; 4 — защитный щиток; 5 — шпиндель; 6 — фрезерная бабка; 7 — ползун; 8 — станина; 9 — кожух; 10 — шкаф

Приводы движения подач фрезерных станков с ЧПУ имеют короткие кинематические цепи, передающие движение от двигателя непосредственно исполнительному органу.

Компоновка вертикально-фрезерного консольного станка с ЧПУ (рис. 8.5) мало отличается от компоновки традиционного станка без ЧПУ. На станине 8 монтируют узлы и механизмы станка. Станина спереди имеет направляющие, закрытые кожухом 9, по которым перемещается консоль 1. На горизонтальных направляющих смонтированы салазки 2, по продольным направляющим которых передвигается стол 3. На привалочной плоскости станины закреплена фрезерная бабка 6, по вертикальным направляющим которой перемещается ползун 7 со шпинделем 5. В соответствии с требованиями безопасности труда ползун имеет защитный щиток 4. Сзади станка расположен шкаф 10 с электрооборудованием и УЧПУ.

Контрольные вопросы

1. Какие компоновки фрезерных станков с ЧПУ вы знаете?
2. Какими СЧПУ оснащают фрезерные станки?

8.5. Сверлильные станки с ЧПУ

Вертикально-сверлильные станки с ЧПУ в отличие от аналогичных станков с ручным управлением оснащены крестовыми столами, автоматически перемещающими заготовку по осям X и Y , в результате чего отпадает необходимость в кондукторах или в ее предварительной разметке.

Радиально-сверлильные станки с ЧПУ имеют подвижную по оси X колонну, подвижный по оси Y рукав со шпиндельной бабкой, в которой смонтирован сверлильный шпиндель, перемещающийся по оси Z . Помимо этого рукав при наладке может перемещаться в вертикальном направлении.

Автоматизированные перемещения рабочих органов сверлильных станков по осям X и Y обеспечивают выполнение обработки отверстий и фрезерования.

Сверлильные станки оснащают позиционными УЧПУ, позволяющими автоматически установить рабочие органы в позицию, заданную программой. Режущий инструмент на сверлильных станках с УЧПУ закрепляют непосредственно в коническом отверстии шпинделя или с помощью промежуточных втулок и оправок.

Общий вид вертикально-сверлильного станка модели 2Р135Ф2-1, оснащенного ЧПУ, показан на рис. 8.6. На основании 1 смонтирована колонна 10, по прямоугольным вертикальным направляю-

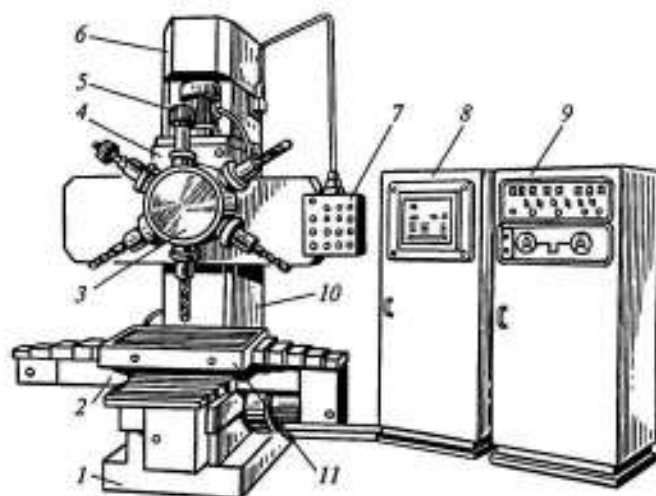


Рис. 8.6. Вертикально-сверлильный станок с ЧПУ:

1 — основание; 2 — салазки стола; 3 — револьверная головка; 4 — суппорт; 5 — коробка скоростей; 6 — редуктор подач; 7 — подвесной пульт управления; 8 — шкаф электрооборудования; 9 — устройство ЧПУ; 10 — колонна; 11 — стол

шим которой перемещается суппорт 4, несущий револьверную головку 3. На колонне 10 смонтированы коробки скоростей 5 и редуктор подач 6. Салазки 2 крестового стола перемещаются по горизонтальным направляющим основания 1, а верхняя часть 11 стола — по направляющим салазок. С правой стороны станка расположены шкаф 8 с электрооборудованием и УЧПУ 9. Станок имеет подвесной пульт 7 управления.

Контрольные вопросы

1. Какое принципиальное различие существует между вертикально-сверлильными станками с ЧПУ и без ЧПУ?
2. Какими системами ЧПУ оснащают вертикально-сверлильные станки?

8.6. Шлифовальные станки с ЧПУ

Системами ЧПУ оснащают плоскошлифовальные, кругло- и бесцентрово-шлифовальные и другие станки. При создании шлифовальных станков с ЧПУ возникают технические трудности, которые объясняются следующими причинами. Процесс шлифования характеризуется, с одной стороны, необходимостью получения высокой точности и качества поверхности при минимальном рассеянии размеров, с другой стороны, — особенностью, заключающейся в быстрой потере размерной точности шлифовального круга вследствие его интенсивного изнашивания в процессе работы. В этом случае в станке необходимы механизмы автоматической компенсации изнашивания шлифовального круга. ЧПУ должно компенсировать деформации системы СИД, температурные погрешности, различия припусков на заготовках, погрешности станка при перемещении по координатам и т. д. Измерительные системы должны иметь высокую разрешающую способность, обеспечивающую жесткие допуски на точность позиционирования. Например, в круглошлифовальных станках такие приборы обеспечивают непрерывное измерение диаметра заготовки в процессе обработки с относительной погрешностью не более 2×10^{-5} мм. Контроль продольных перемещений стола осуществляется с погрешностью не более 0,1 мм.

Для шлифовальных станков используют системы типа CNC с управлением по трем-четырем координатам, но в станках, работающих несколькими кругами, возможно управление по пяти-шести и даже по восьми координатам. Взаимосвязь между оператором и системой ЧПУ (CNC) шлифовального станка в большинстве случаев осуществляется в диалоговом режиме с помощью дисплея. В системе управления применяются встроенные диагностические системы, повышающие надежность станков.

Наиболее распространены круглошлифовальные станки с ЧПУ, дающие максимальный эффект при обработке с одной установки многоступенчатых деталей типа шпинделей, валов электродвигателей, редукторов, турбин и т.д. Производительность повышается в основном в результате снижения вспомогательного времени на установку заготовки и съем готовой детали, на переустановку для обработки следующей шейки вала, на измерение и т.д. При обработке многоступенчатых валов на круглошлифовальном станке с ЧПУ достигается экономия времени в 1,5—2 раза по сравнению с ручным управлением.

Бесцентровые круглошлифовальные станки эффективно применяют при обработке деталей малого и большого диаметров без ограничения длины, либо тонкостенных деталей, а также деталей, имеющих сложные наружные профили (поршень, кулак и т.д.). В условиях массового производства эти станки характеризуются высокой производительностью и точностью обработки. В мелкосерийном и индивидуальном производстве применение таких станков ограничено из-за трудоемкости переналадки. Расширение областей применения бесцентровых круглошлифовальных станков сдерживают два фактора: большие затраты времени на правку кругов и сложность наладки станка, что требует значительных затрат времени и высокой квалификации персонала. Это объясняется тем, что в конструкции этих станков существуют шлифовальный и ведущий круги; устройства правки, обеспечивающие придание соответствующей формы поверхностям шлифовального и ведущего кругов; возможность установки положения опорного ножа; механизмы компенсационных подач шлифовального круга на обрабатываемую деталь и на правку, а также ведущего круга на деталь и на правку; установка положения загрузочного и разгрузочного устройств.

Применение СЧПУ позволило управлять многокоординатным функционированием бесцентровых круглошлифовальных станков. В системе управления станком используют программные модули, которые рассчитывают траектории инструмента (круга, алмаза), его коррекцию и взаимодействие с человеком. Для обработки деталей с различными геометрическими формами (конус, шар и др.) создается программное обеспечение: диспетчер режимов, интерполятор и модуль управления приводами.

При обработке и правке число сочетаемых управляемых координат может достигать до 19, в том числе по две-три координаты отдельно для правки шлифовального и ведущего кругов.

В условиях серийного производства применение СЧПУ обеспечивает гибкое построение цикла шлифования и правки, что позволяет быстро переналаживать станки на обработку других изделий.

Наличие многокоординатной системы ЧПУ обеспечивает большую универсальность станка, малые величины подачи кругов, что

позволяет эффективно управлять процессами шлифования и правки.

СЧПУ бесцентровых круглошлифовальных станков строится по агрегатному принципу (например, на станках японских фирм). На станке возможна установка любого из четырех вариантов управления станком от СЧПУ:

- одна управляемая координата — поперечная подача шлифовального круга;
- две управляемые координаты — поперечная подача шлифовального круга и правящего алмаза в целях их синхронизации;
- три управляемые координаты — поперечная подача шлифовального круга, а также поперечная и продольная подачи алмаза при его правке;
- пять управляемых координат — поперечная подача шлифовального круга, а также поперечная и продольная подачи алмазов при правке шлифовального и ведущего кругов.

Использование СЧПУ для управления бесцентровыми круглошлифовальными станками позволяет существенно упростить конструкции ряда механических узлов: устройств правки (в результате отказа от копирных линеек, механизмов подачи алмазов и т. д.), приводов продольного перемещения устройства правки, механизмов тонкой подачи шлифовального и ведущего кругов, контрольных и контрольно-подналадочных устройств и др.

Контрольные вопросы

1. Каковы технические трудности создания шлифовальных станков с ЧПУ?
2. Какими системами ЧПУ оснащают шлифовальные станки?

8.7. Многоцелевые станки с ЧПУ

Благодаря оснащению многоцелевых станков¹ (МС) устройствами ЧПУ и автоматической смены инструмента существенно сокращается вспомогательное время при обработке и повышается мобильность переналадки. Сокращение вспомогательного времени достигается благодаря автоматической установке инструмента (заготовки) по координатам, выполнению всех элементов цикла, смене инструментов, кантованию и смене заготовки, изменению режимов резания, выполнению контрольных операций, а также большим скоростям вспомогательных перемещений.

¹ Многоцелевой станок — это металлорежущий станок, предназначенный для выполнения нескольких различных видов обработки резанием, оснащенный ЧПУ и автоматической сменой инструмента.

По назначению МС делятся на две группы: для обработки заготовок корпусных и плоских деталей и для обработки заготовок деталей типа тел вращения. В первом случае для обработки используют МС сверлильно-фрезерно-расточной группы, а во втором — токарной и шлифовальной групп. Рассмотрим МС первой группы, как наиболее часто используемые.

МС имеют следующие характерные особенности: наличие инструментального магазина, обеспечивающего оснащённость большим числом режущих инструментов для высокой концентрации операций (черновых, получистовых и чистовых), в том числе точения, растачивания, фрезерования, сверления, зенкерования, развёртывания, нарезания резьб, контроля качества обработки и др.; высокая точность выполнения чистовых операций (6 ... 7-й квалификации).

Для систем управления МС характерны сигнализация, цифровая индикация положения узлов станка, различные формы адаптивного управления. МС — это в основном одношпиндельные станки с револьверными и шпиндельными головками.

Многоцелевые станки (обрабатывающие центры) для обработки заготовок корпусных деталей. МС для обработки заготовок корпусных деталей подразделяют на горизонтальные (рис. 8.7) и вертикальные.

Обработка заготовок на МС по сравнению с их обработкой на фрезерных, сверлильных и других станках с ЧПУ имеет ряд особенностей. Установка и крепление заготовки должны обеспечи-

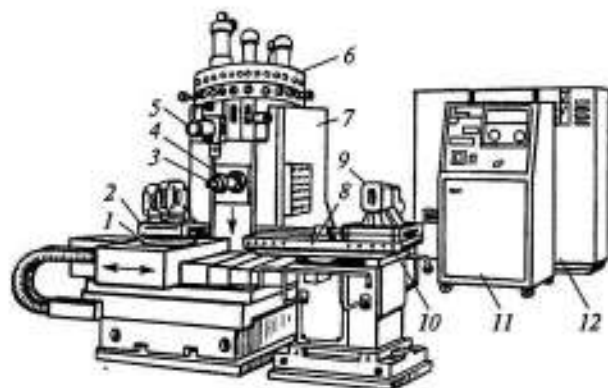


Рис. 8.7. Горизонтальный многоцелевой сверлильно-фрезерно-расточный станок с ЧПУ:

1 — поворотный стол; 2 — зажимные приспособления; 3 — шпиндель; 4 — шпиндельная бабка; 5 — автооператор; 6 — инструментальный магазин; 7 — стойка; 8 — поворотная платформа; 9 — заготовка; 10 — стол-спутник; 11 — система ЧПУ; 12 — шкаф для электрооборудования

вать ее обработку со всех сторон за один установ (свободный доступ инструментов к обрабатываемым поверхностям), так как только в этом случае возможна многосторонняя обработка без переустановки.

Обработка на МС не требует, как правило, специальной оснастки, так как крепление заготовки осуществляется с помощью упоров и прихватов. МС снабжены магазином инструментов, помещенным на шпиндельной головке, рядом со станком или в другом месте. Для фрезерования плоскостей используют фрезы небольшого диаметра и обработку производят строчками. Консольный инструмент, применяемый для обработки неглубоких отверстий, имеет повышенную жесткость и, следовательно, обеспечивает заданную точность обработки. Отверстия, лежащие на одной оси, но расположенные в параллельных стенках заготовки, растачивают с двух сторон, поворачивая для этого стол с заготовкой.

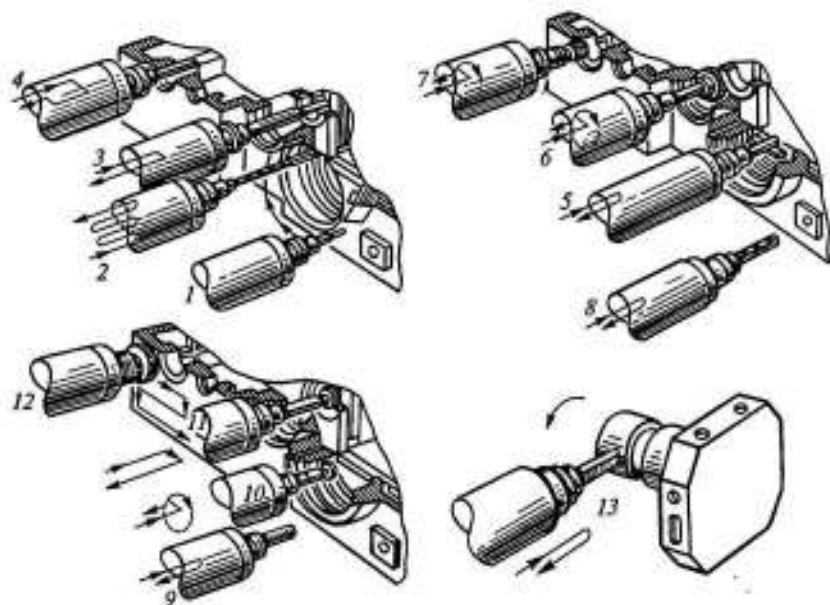


Рис. 8.8. Постоянные технологические циклы вариантов обработки, используемые на станке модели ИР320ПМФ4:

1 — фрезерование наружного контура; 2 — глубокое сверление с выходом сверла для отвода стружки; 3 — растачивание ступенчатых отверстий; 4 — обратная цековка с использованием ориентации шпинделя; 5 — растачивание отверстия с использованием специальной оправки; 6 — фрезерование по контуру внутренних торцов; 7 — цековка путем фрезерования по контуру; 8 — сверление отверстия; 9 — нарезание резьбы; 10 — фрезерование внутренних канавок дисковой фрезой; 11 — цековка отверстий; 12 — фрезерование торцевой фрезой; 13 — обработка поверхностей типа тел вращения

Если заготовки корпусных деталей имеют группы одинаковых поверхностей и отверстий, то для упрощения составления технологического процесса и программы их изготовления, а также повышения производительности обработки (в результате сокращения вспомогательного времени) в память УЧПУ станка вводят постоянные циклы наиболее часто повторяющихся движений (при сверлении, фрезеровании). В этом случае программируется только цикл обработки первого отверстия (поверхности), а для остальных — задаются лишь координаты (X и Y) их расположения.

В качестве примера на рис. 8.8 показаны некоторые постоянные технологические циклы, включенные в программное обеспечение и используемые при обработке на станке модели ИР320ПМФ4.

Устройство для автоматической смены приспособления-спутника (ПС) на станке модели ИР500МФ4 показано на рис. 8.9. ПС 11 устанавливают на платформу 7 (вместимостью два ПС), на которой смонтированы гидроцилиндры 10 и 13. Штоки гидроцилиндров имеют Т-образные захваты 14 и 6. При установке на платформу (перемещение по стрелке Б) ПС вырезом 12 входит в зацепление с захватом 14 штока. На платформе ПС базируется на роликах 9 и центрируется (по боковым сторонам) роликами 8 (исходное положение ПС в позиции ожидания). Перемещение штока гидроцилиндра 10 обуславливает качение (по роликам) спутника.

При выдвигении штока гидроцилиндра 13 захват 6 перемещается (по направляющей штанге) и катит ПС по роликам 9 и 8 (в направлении стрелки А) на поворотный стол станка, где спутник автоматически опускается на фиксаторы. В результате захват 6 выходит из зацепления с ПС и стол станка (с закрепленным на нем спутником) на быстром ходу перемещается в зону обработки.

Заготовку закрепляют на спутнике во время обработки преды-

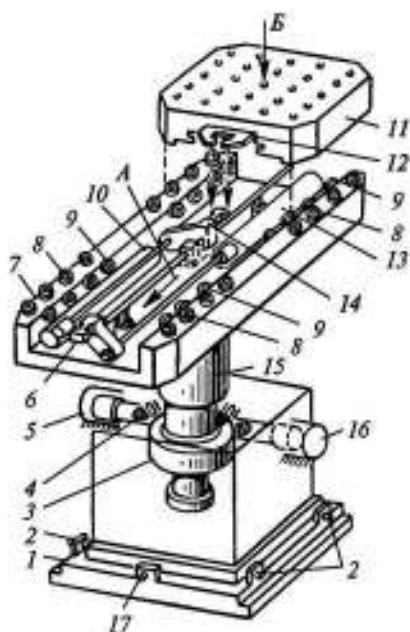


Рис. 8.9. Устройство для автоматической смены приспособлений-спутников:

1 — базовая плита; 2, 17 — регулировочные винты; 3 — зубчатое колесо; 4 — рейка; 5, 10, 13 и 16 — гидроцилиндры; 6, 14 — захваты; 7 — платформа; 8, 9 — ролики; 11 — приспособление-спутник; 12 — вырез в приспособлении-спутнике; 15 — стойка

душей заготовки (когда ПС находится в позиции ожидания) или заранее, вне станка.

После того как заготовка будет обработана, стол станка автоматически (на быстром ходу) передвигается вправо к устройству для смены спутника и останавливается в таком положении, при котором фигурный паз ПС оказывается под захватом 6. Гидроцилиндр поворотного стола расфиксирует спутник, после чего ПС входит в зацепление с захватом 6, а масло поступает в штоковую полость гидроцилиндра 13, шток смещается в крайнее правое положение и перемещает спутник с заготовкой на платформу 7, где уже находится ПС с новой заготовкой. Чтобы поменять спутник местами, платформа поворачивается на 180° (на стойке 15) зубчатым колесом 3, сопряженным с рейкой 4, приводимой в движение гидроцилиндрами 5 и 16.

Платформу 7 точно выверяют относительно поворотного стола станка с помощью регулировочных винтов 2 и 17, ввернутых в выступы базовой плиты 1, неподвижно закрепленной на фундаменте.

Контрольные вопросы

1. Чем отличаются многоцелевые станки с ЧПУ от токарных, фрезерных, сверлильных и других станков с ЧПУ?
2. Расскажите об основных узлах многоцелевого станка для обработки заготовок корпусных деталей.

8.8. Организация работы оператора станков с ЧПУ

Функции обслуживающего персонала на станках с ЧПУ сводятся к установке, закреплению и выверке приспособлений и инструмента, вводу программ или к установке программносителя и заготовок, замене режущего инструмента, снятию обработанных деталей и наблюдению за работой станка. На МС с ЧПУ смена режущего инструмента автоматизирована.

Как правило, станки с ЧПУ обслуживают оператор и наладчик, между которыми возможны два варианта распределения обязанностей. По первому варианту наладку, переналадку и подналадку выполняет наладчик, а оперативную работу и контроль за работой станка — оператор. По второму варианту наладку и переналадку осуществляет наладчик, а подналадку, оперативную работу и контроль за работой — оператор.

Функции наладчика более сложны и обширны, чем оператора. В них входят приемка и осмотр оборудования, подготовка инструмента и приспособлений к наладке, ввод управляющей программы, наладка, переналадка, подналадка и контроль исправности оборудования, инструктаж рабочего-оператора.

Оператор для обеспечения безопасности труда обязан соблюдать правила, характерные для конкретных видов работ.

Перед началом работы оператор должен:

- проверить работоспособность станка, а для этого с помощью тест-программы проконтролировать работу устройства ЧПУ и самого станка, убедиться в подаче смазки, в наличии масла в гидросистеме, проверить работу ограничивающих упоров;

- проверить надежность закрепления приспособлений и инструментов, соответствие заготовки требованиям технологического процесса, отклонение от точности настройки нуля станка (не должно превышать норму); отклонение по каждой из координат, а также биение инструмента в шпинделе станка;

- перед началом работы по программе включить автомат «Сеть», установить заготовку и закрепить ее, ввести в УЧПУ управляющую программу, заправить магнитную ленту или перфоленту в считывающее устройство, нажать кнопку «Пуск» и обработать первую заготовку по программе. Проверить качество обработки первой заготовки на соответствие чертежу.

Не допускается устанавливать и обрабатывать на станке заготовки, масса которых превышает допустимую массу, указанную в паспорте станка.

Габаритные размеры и планировка помещений должны обеспечивать свободный доступ ко всем узлам и устройствам станков с ЧПУ во время их работы.

Одним из неперемных условий, обеспечивающих безопасность труда оператора станков с ЧПУ, является освещенность помещения (200 лк при люминесцентных лампах и 150 лк при лампах накаливания). Уровень освещенности для станков с ЧПУ классов точности В и А должен быть еще выше.

Контрольные вопросы

1. Расскажите о работе оператора станка с ЧПУ и о его взаимодействии с наладчиком станка с ЧПУ.

2. Какие действия должен выполнить оператор перед началом работы станка с ЧПУ?

НАЛАДКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ СТАНКОВ

Глава 9

ОСОБЕННОСТИ НАЛАДКИ СТАНКОВ**9.1. Методы наладки станков**

Наладкой металлорежущего станка называют его подготовку вместе с технологической оснасткой к выполнению определенной работы по изготовлению детали в соответствии с установленным технологическим процессом для обеспечения требуемой производительности, точности и шероховатости поверхности. Комплекс работ по наладке станка состоит из установки определенных режимов резания, настройки зажимных приспособлений, режущего и вспомогательного инструментов и других вспомогательных операций. После наладки обрабатывают две-три заготовки. Если полученные после обработки размеры не соответствуют указанным на чертеже, то производят подналадку инструмента на требуемый размер или регулировку приспособления.

Для обеспечения требуемых режимов резания производят настройку станка. Настройкой станка называют его кинематическую подготовку к выполнению заданной операции по установленным режимам резания согласно технологическому процессу.

По характеру выполнения различают первоначальную и текущую наладку технологического оборудования. Первоначальная наладка производится в два этапа: непосредственно после сборки на заводе — изготовителе оборудования и на заводе-потребителе (у заказчика) после его монтажа.

Текущая наладка (подналадка) осуществляется в процессе эксплуатации технологического оборудования, когда происходит изменение наладочного размера во время обработки одной и той же заготовки или при переходе на обработку другой заготовки. Под подналадкой подразумевают дополнительную регулировку оборудования и (или) оснастки в процессе работы для восстановления технических параметров, достигнутых при первичной наладке. Необходимость в подналадке обусловлена износом инструмента, упругими или температурными деформациями

механизмов станка и пр. При переходе на обработку другой заготовки необходимо установить новые режимы обработки, сменить или отрегулировать приспособление, заменить или наладить режущий инструмент. По окончании наладки (подналадки) станок должен обеспечить выполнение заданных функций с требуемыми качеством и производительностью изготовления изделия.

Для уменьшения влияния изнашивания режущего инструмента широко применяют бесподналадочную смену режущего инструмента, в первую очередь, — на станках с ЧПУ. Сущность ее заключается в том, что инструмент, настроенный на размер с помощью специального приспособления вне станка, может быть заменен новым без последующей корректировки его положения на станке. Требуемое положение режущей кромки инструмента относительно его установочной базы достигается точным изготовлением инструмента или его регулировкой, обеспечивающей точное положение режущей кромки.

Существуют следующие типовые методы наладки металлорежущих станков:

- наладка по пробному проходу применяется для каждой новой детали отдельно: обрабатывают небольшой участок поверхности заготовки, измеряют полученный размер и корректируют глубину резания. Для этого используют лимбы станка, индикаторные упоры или универсальные измерительные устройства. После достижения расчетного значения наладочного размера обрабатывают всю поверхность. Преимуществом метода является его простота и независимость от способа базирования заготовки, недостатком — потеря рабочего времени при наладке;

- наладка по пробным деталям заключается в предварительном расчете настроечного размера и последующей проверке его при измерении обработанных на станке трех — пяти пробных деталей. Настройка признается правильной, если среднее арифметическое значение размеров пробных деталей находится в пределах рационального настроечного размера. Преимуществом метода является наличие информации о действиях рабочего, необходимых для получения заданных параметров, недостатком — потери времени на расчет настроечного размера и размера пробных деталей;

- наладка по первой готовой детали (эталоны, шаблону) — это установка на неработающем станке инструмента таким образом, чтобы он соприкоснулся с деталью (эталоном, шаблоном). При наладке по детали используют ранее изготовленную деталь с размерами, приближающимися к наименьшему предельному размеру по чертежу. Конструктивная форма эталона имитирует обрабатываемую заготовку при ее базировании в приспособлении.

1. Что называют наладкой металлорежущего станка?
2. Когда выполняют первоначальную и текущую наладку?
3. Расскажите о типовых методах наладки металлорежущих станков.

9.2. Общие сведения о порядке наладки станков

До выполнения работ по наладке необходимо подготовить станок и осуществить его первоначальный пуск.

Этот этап на заводе-изготовителе начинается после сборки оборудования, а на заводе-потребителе — по окончании монтажа, т. е. установки станков на фундаменте и подключения необходимых коммуникаций (смазочно-охлаждающей жидкости, сжатого воздуха и пр.).

Подготовка станка и его первоначальный пуск включает в себя следующие работы:

1) детальное изучение паспорта и руководства по обслуживанию станка, особенностей его конструкции и работы, принципа действия органов управления и системы блокировок, назначения всех кнопок и сигнальных лампочек, рекомендаций по наладке оборудования, а также общих и специальных правил техники безопасности, относящихся к данному типу станка;

2) подготовку рабочего места около обслуживаемого оборудования: рациональное расположение инвентаря (стола, шкафа для инструмента и оснастки и пр.), инструмента и принадлежностей;

3) удаление (при необходимости) со станка антикоррозионного покрытия и проведение смазочных работ в соответствии с инструкцией;

4) подготовку к пуску системы электрооборудования с выполнением всех правил техники безопасности;

5) проверку наличия смазочного материала и, при необходимости, настройку предохранительного клапана;

6) подготовку к пуску гидропривода и проверку направления вращения электродвигателей гидростанций, состояния фильтров и заполнения маслом трубопроводов с удалением из гидросистемы воздуха и настройкой клапанов;

7) проверку подачи сжатого воздуха и смазочно-охлаждающей жидкости;

8) визуальную проверку состояния направляющих станин, столов, суппортов и других узлов на отсутствие забоин, ржавчины и других дефектов;

9) доставку комплекта режущего, измерительного и вспомогательного инструментов по номенклатуре, указанной в технологической операционной карте, и в необходимом количестве;

10) получение необходимого числа заготовок с отбраковкой негодных.

После устранения всех выявленных недостатков производят первоначальный пуск оборудования на холостом ходу (должно работать в течение 2...4 ч).

В процессе пуска проверяют поступление масла в достаточном количестве во все предусмотренные точки. Смазывание осуществляется согласно карте, приведенной в руководстве по обслуживанию станка.

Проверяют отсутствие утечек масла в местах присоединений трубопроводов, стыков гидропанелей, крышек и в других местах.

Устанавливают соответствие давления масла в гидросистемах и воздуха в пневмосистемах заданным значениям. Контролируют срабатывание кнопок «Пуск» и «Стоп», сигнальных лампочек и блокировок отдельных узлов оборудования. Проверяют плавность перемещения (отсутствие рывков и заклинивания) стола, суппортов и других движущихся узлов, а также отсутствие заеданий и повышенного шума при работе зубчатых, червячных, цепных и других передач.

По окончании испытания оборудования на холостом ходу и устранения выявленных недостатков проводится наладка. Она включает в себя установку по операционной карте наладки заданных значений частоты вращения шпинделя и скорости подачи при перемещениях подвижных узлов станка (суппортов, столов и т. п.). С этой целью настраивают коробки скоростей и подач. Производят расстановку (или, при необходимости, проверку правильности расположения) электрических, гидравлических и пневматических упоров и преобразователей управления работой узлов, установку зажимных патронов и выверку правильности расположения режущего инструмента (настройки на размер) согласно операционному чертежу.

В процессе наладки и эксплуатации металлорежущих станков периодически осуществляют проверку их геометрической точности (например, биение шпинделя) на соответствие нормам, указанным в паспорте оборудования.

В процессе текущей наладки станка (подналадки) выполняют только ряд переходов, указанных выше (начиная с четвертого, кроме седьмого и восьмого). Время пуска оборудования в начале каждой смены должно составлять не более 0,5 ч.

Контрольные вопросы

1. Расскажите о порядке первоначальной наладки металлорежущего станка.
2. Расскажите о порядке текущей наладки металлорежущего станка.

9.3. Особенности наладки токарных станков

Прежде чем приступить к наладке токарного станка, необходимо осуществить его подготовку к работе в соответствии с инструкцией. Перед началом работы токарь должен убедиться в том, что станок выполняет все команды и перемещения салазок суппорта (вручную и автоматически) осуществляются плавно, без скачков, рывков и заеданий. Вначале нужно проверить надежность крепления патрона на шпинделе станка, затем на холостом ходу проверить выполнение станком команд по пуску и остановке электродвигателя, включению и выключению вращения шпинделя, включению и выключению механических подач суппорта.

Убедившись в исправности станка, приступают к его наладке.

Наладку рассмотрим на примере наиболее универсального станка токарной группы — токарно-винторезного с ручным управлением (см. рис. 4.2).

Настройка режимов резания состоит в кинематической подготовке станка к обработке заготовки в соответствии с выбранным или заданным режимом резания. Для этого настраивают кинематические цепи станка, устанавливая в должные положения органы управления скоростями главного движения и подачи. Нередко предварительно рассчитывают необходимые передаточные отношения настраиваемых цепей, затем устанавливают эти отношения с помощью рукояток коробки скоростей и коробки подач, переключением частоты вращения регулируемого электродвигателя, установкой соответствующих зубчатых колес, сменных кулачков, копиров и т.д.

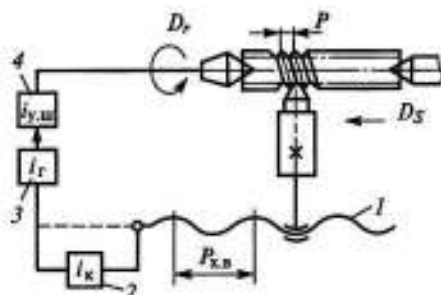
Настройка скоростной цепи современных токарно-винторезных станков не требует каких-либо расчетов и состоит в переключении рукояток коробки скоростей в положения, соответствующие заданной частоте вращения шпинделя. Для сокращения времени переключения на станках имеются таблицы, указывающие, какое положение рукояток соответствует определенному значению частоты вращения. При бесступенчатом регулировании частота вращения шпинделя указывается стрелочным прибором.

Движение подачи при токарной обработке сообщается ходовым валиком каретке суппорта или его поперечным салазкам. Требуемую подачу на один оборот шпинделя устанавливают переключением рукояток без каких-либо расчетов. Значения возможных подач для облегчения процесса переключения предварительно вычислены и оформлены в виде таблиц, приведенных в паспорте станка.

При нарезании резьб используют оба органа настройки — коробку подач и гитару сменных колес, которую перестраивают только при изменении вида нарезаемых резьб. Необходимые для этого сменные колеса поставляются со станком. Переключение блоков

Рис. 9.1. Винторезная цепь токарно-винторезного станка:

1 — ходовой винт; 2 — коробка подач; 3 — гитара сменных зубчатых колес; 4 — звено увеличения шага; $P_{х.в.}$ — шаг ходового винта; P — шаг нарезаемой резьбы; D_r — направление движения резания; D_s — направление движения подачи; i_k , $i_{y.ш}$ и i_r — передаточные числа коробки подач, звена увеличения шага и гитары сменных зубчатых колес



зубчатых колес в коробке подач и смена шестерен гитары обеспечивают настройку станка на нарезание большинства стандартных резьб. Перечень стандартных резьб приведен в паспортах соответствующих моделей токарных станков.

Винторезная цепь токарно-винторезного станка схематически изображена на рис. 9.1. В отдельных моделях станков в цепи подач могут быть также передачи с постоянным общим передаточным числом (на рис. не показаны).

Органы настройки винторезной цепи рассчитывают и настраивают таким образом, чтобы продольное перемещение суппорта на один оборот шпинделя в точности соответствовало шагу¹ P нарезаемой резьбы.

Общее передаточное число указанной винторезной цепи

$$i' = i_r' i_k' i_{y.ш}',$$

где i_r' , i_k' и $i_{y.ш}'$ — передаточные числа соответственно гитары сменных зубчатых колес, коробки подач и звена увеличения шага.

В конкретном примере уравнение кинематического баланса винторезной цепи запишется так:

$$1 \text{ об. шп.} \times i' P_{х.в.} = P.$$

Для настройки станка используют следующую зависимость:

$$i' = P/P_{х.в.}$$

Шаг нарезаемой резьбы P и шаг ходового винта со значением $P_{х.в.}$ должны быть указаны в одинаковых единицах измерения.

Установку и закрепление режущего инструмента на станках производят с помощью разнообразных устройств (державок, оправок, резцовых блоков), которые относятся к вспомогательному инструменту и в большинстве случаев являются нормализованными.

¹ При нарезании многозаходных резьб цепь настраивается на ход резьбы, который равен произведению шага резьбы на число ее заходов.

Следующим элементом наладки является выбор и установка резца в резцедержателе по высоте оси центров станка (рис. 9.2). Для этого резцедержатель подводят к центру задней бабки, вершину головки резца устанавливают так, чтобы вылет резца не превышал 1...1,5 высоты его державки, определяют взаимное положение вершины головки резца и центра станка и совмещают их по высоте введением подкладок под державку резца. Подкладки должны иметь параллельные и хорошо обработанные поверхности, не должны по длине и ширине выходить за пределы опорной поверхности резцедержателя. Число подкладок должно быть не более двух.

Зажимные приспособления. В зависимости от того, как должна устанавливаться и закрепляться заготовка на станке — в центрах, в патроне и т.д., — выбирают приспособления (см. гл. 4).

Например, при установке на шпиндель станка трехкулачкового самоцентрирующего патрона (см. рис. 4.11) сначала протирают обтирочным материалом, слегка смоченным в керосине, резьбу или конический конец и коническое отверстие шпинделя. Затем прочищают внутреннюю резьбу или коническое отверстие переходного фланца патрона. В коническое отверстие шпинделя резким движением вставляют направляющую оправку (рис. 9.3, а); берут патрон двумя руками (рис. 9.3, б) и осторожно надевают его на направляющую оправку. Далее, перемещая патрон влево и вращая его, совмещают первые нитки резьбы шпинделя и патрона.

Затем, поддерживая патрон левой рукой снизу и одновременно вращая его правой рукой, доворачивают патрон до отказа. Ключом, вставленным в одно из квадратных отверстий патрона, слегка отводят его на себя и резко (с усилием) поворачивают от себя до отказа (рис. 9.3, в). Во избежание самоотвинчивания патрона зубья стопорных сухарей вставляют в пазы шпинделя и прочно крепят их винтами; удаляют направляющую оправку, выталкивая ее (легким ударом) латуниным прутком через отверстие в шпинделе.

Для установки заготовки в трехкулачковый самоцентрирующий патрон левой рукой разводят кулачки патрона ключом (рис. 9.3, г) настолько, чтобы между кулачками прошла заготовка; правой рукой вводят заготовку между кулачками и сначала зажимают левой рукой, а затем, вращая ключ двумя руками, окончательно закрепляют заготовку в патроне.

Если обработку производят в центрах, то для снятия патрона (рис. 9.3, д) вначале разводят кулачки патрона и в отверстии шпинделя закрепляют оправку; затем снимают

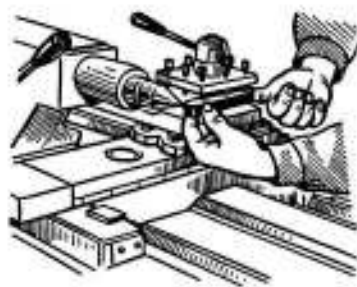


Рис. 9.2. Установка резца в резцедержателе по оси центров станка

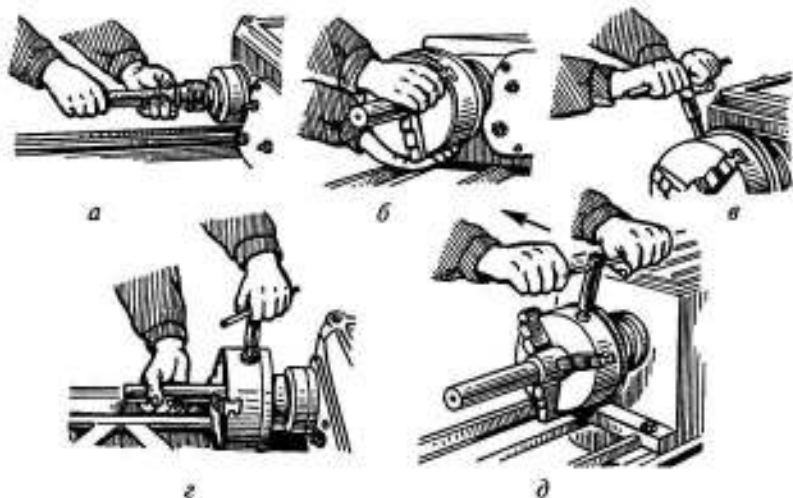


Рис. 9.3. Установка и снятие трехкулачкового патрона:

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

стопорные сухари и, вставив ключ в гнездо патрона, резко поворачивают патрон на себя, а потом, поддерживая патрон левой рукой и перехватывая правой, осторожно свинчивают патрон на оправку и снимают со станка.

После удаления оправки тщательно протирают коническое отверстие шпинделя и конический хвостовик центра. Затем правой рукой вводят центр (хвостовиком) в отверстие шпинделя и резким движением вставляют его до отказа (рис. 9.4, *а*). Включают вращение шпинделя и проверяют центр на радиальное биение. Если центр вращается с биением, то его выбивают латунным прутком и снова вставляют в отверстие шпинделя, повернув на $30 \dots 45^\circ$ вокруг оси. Затем левой рукой вставляют центр в пиноль задней бабки. Для проверки соосности центров заднюю бабку подводят

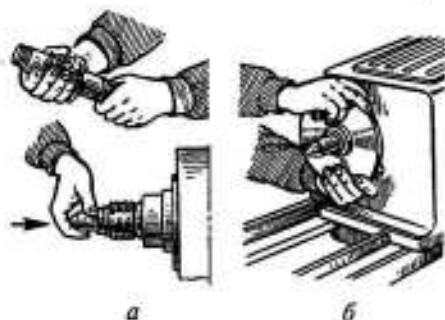


Рис. 9.4. Установка центра и поводкового патрона:

а — ввод правой рукой центра в отверстие шпинделя до отказа; *б* — установка поводкового патрона

влево так, чтобы расстояние между вершинами центров было не более 0,5 мм; закрепляют пиноль и проверяют (на глаз) совпадение вершин в горизонтальной плоскости. Если вершины центров не совпадают, то добиваются их соосности смещением задней бабки. После этого производят установку поводкового патрона (рис. 9.4, б), используя те же приемы, что и при установке трехкулачкового патрона.

Контрольные вопросы

1. Как настраивают режимы резания на токарно-винторезном станке?
2. Как производят наладку режущего инструмента при токарной обработке?
3. Расскажите о приемах наладки трехкулачкового патрона.

9.4. Особенности наладки фрезерных станков

Выбор метода обработки при фрезеровании. В зависимости от материала заготовки необходимо установить метод обработки — встречное или попутное фрезерование (см. рис. 2.20). Встречное фрезерование применяют для вязких материалов, а попутное — для хрупких, чтобы не допустить выкрашивания кромки заготовки. При попутном фрезеровании, допустимом на станке с соответствующей конструкцией механизма подачи, до начала работы нужно устранить зазор («мертвый ход») в паре винт — гайка механизма перемещения стола.

Прежде чем приступить к наладке фрезерного станка, осуществляют его подготовку к работе, которая состоит из проверки исправности и готовности станка к выполнению различных операций фрезерования. На холостом ходу проверяют выполнение станком команд по пуску и остановке электродвигателя, включение и выключение вращения шпинделя, включение и выключение механических подач стола.

Убедившись в исправности станка, приступают к его наладке. Методы наладки станков фрезерной группы рассмотрим на примере универсальных консольно-фрезерных станков с ручным управлением.

Настройка режимов резания. При настройке заданной картой наладки или мастером частоты вращения шпинделя б (см. рис. 5.2) необходимо рукоятку переключателя 1 в коробке скоростей 5 выдвинуть на себя, а затем повернуть вправо вокруг оси в требуемое положение до совпадения установленной частоты на лимбе 3 рукоятки со стрелкой-указателем на корпусе коробки 5. После этого рукоятку вдвигают обратно (от себя).

Аналогично частоте вращения шпинделя производят наладку заданной подачи в коробке 13 при перемещении рукоятки 15 с лимбом 16. Движение подачи в универсальных консольно-фрезерных станках выполняется столом 9, перемещающимся в трех направлениях — продольном, поперечном и вертикальном. Расчет элементов режима резания производится по кинематической схеме станка (см. рис. 5.3).

Перед началом обработки на станке следует произвести надежный зажим салазок, по которым перемещается стол, а также консоли на стойке станка. В зависимости от габаритных размеров заготовки (зажимного приспособления), установленной на столе, определить необходимые значения его ходов (с учетом схода (сбега) инструмента) и расставить кулачки, ограничивающие ход и выключающие механическую подачу стола.

Наладка режущего инструмента. Цилиндрические и дисковые фрезы закрепляют на оправке, конический хвостовик которой затягивают в конусе шпинделя шомполом. Фрезерные оправки могут быть длинными (см. рис. 5.7) или короткими (концевыми). Свободный конец длинной оправки поддерживается кронштейном хобота в универсальных консольно-фрезерных станках с горизонтальным шпинделем.

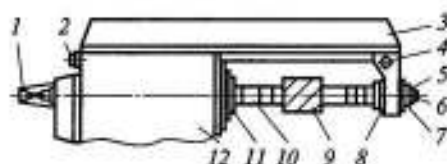
Установку фрезы 9 (рис. 9.5) на длинной оправке 6 горизонтального шпинделя 11 производят с помощью промежуточных втулок 10, расположив фрезу как можно ближе к торцу буксы 7 подвески 8. Во избежание вибрации следует обратить особое внимание на надежное закрепление фрезы 9 на оправке 6 непосредственно или через шомпол 1 гайкой 5, а также подвески 8 на хоботе 3 с помощью гайки 4 и хобота 3 на стойке 12 гайкой 2.

(Схемы и конструкции для установки фрез других типов в шпинделе фрезерных станков рассмотрены в гл. 5.)

Вспомогательный инструмент и наладка приспособлений для крепления заготовок. При закреплении заготовки на станке должны быть соблюдены следующие правила: не должно нарушаться положение, достигнутое при ее установке; закрепление должно быть таким, чтобы положение заготовки оставалось неизменным; возникающие при закреплении

Рис. 9.5. Крепление инструмента на универсальных консольно-фрезерных станках с горизонтальным шпинделем:

1 — шомпол; 2, 4, 5 — гайки; 3 — хобот; 6 — оправка; 7 — букса; 8 — подвеска; 9 — фреза; 10 — втулка; 11 — шпиндель; 12 — стойка



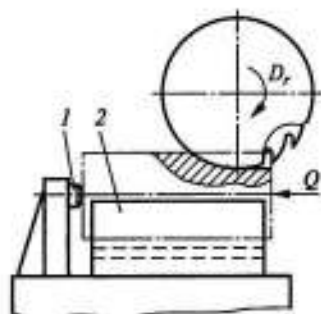


Рис. 9.6. Установка и закрепление валика при фрезеровании:

1 — опорный штырь; 2 — призма; Q — усилие зажима; D_r — направление движения резания

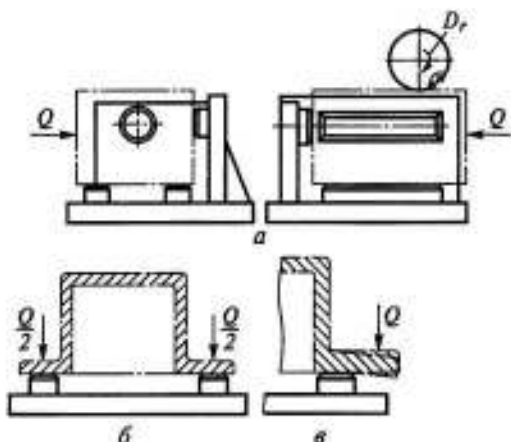


Рис. 9.7. Схема закрепления детали:

a и $б$ — правильно; $в$ — неправильно; Q — усилие зажима; D_r — направление движения резания

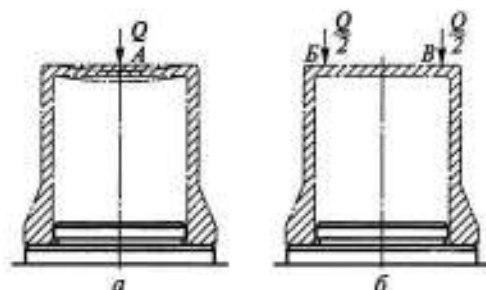
нии деформации заготовки и смятие ее поверхностей должны находиться в допустимых пределах.

Выполнение указанных правил достигается рациональным выбором схемы закрепления и величины зажимного усилия. При выборе схемы закрепления детали необходимо пользоваться следующими соображениями. Для уменьшения усилия зажима заготовку необходимо установить так, чтобы сила резания была направлена на установочные элементы приспособлений¹ (опорный штырь, палец и др.), расположенные на линии действия этой силы или вблизи нее (рис. 9.6). Для устранения возможного сдвига детали при закреплении усилие зажима Q следует направлять перпендикулярно к поверхности установочного элемента. В целях устранения деформации детали при закреплении необходимо, чтобы линия действия усилия зажима пересекала установочную поверхность установочных элементов (рис. 9.7). При закреплении тонкостенных деталей коробчатой формы для уменьшения прогиба стенки вместо усилия зажима Q (рис. 9.8, a), действующего посередине детали, следует приложить два усилия $Q/2$ в точках B и B (рис. 9.8, $б$). Для уменьшения смятия поверхностей при закреплении заготовок необходимо применять в зажимных устройствах такие контактные элементы 1, которые позволяют распределить усилие зажима между двумя (рис. 9.9, a), тремя (рис. 9.9, $б$) точками или рассредоточить по кольцевой поверхности (рис. 9.9, $в$).

¹ Конструкции установочных элементов и приспособлений для фрезерных станков рассмотрены в гл. 5.

Рис. 9.8. Закрепление тонкостенной детали:

a — неправильно; *б* — правильно; *A*, *Б* и *В* — точки приложения усилия зажима



На рис. 9.10 приведена схема установки и закрепления заготовки, на которой регулируемая опора *1* и зажимное усилие Q_2 приближены к обрабатываемой поверхности для повышения ее жесткости.

При работе на фрезерных станках высокие требования предъявляют к зажимному инструменту и к резьбовым соединениям, что определяет их долговечность и безопасность работы.

Отвертки применяют для закрепления и отвинчивания винтов, имеющих прорезь (штиц). Основное требование, предъявляемое к отверткам, заключается в том, что лезвие (лопатка) отвертки должны иметь параллельные грани, чтобы оно свободно вошло на всю глубину шлица винта с небольшим зазором.

Гаечные ключи являются необходимым инструментом для фрезерных работ при закреплении болтами и гайками приспособлений или заготовок на столе станка. Головки ключей стандартизованы и имеют определенный размер, который указан на рукоятке ключа. Размеры зева (захвата) делают с таким расчетом, чтобы зазор между гранями гайки или головки болта и гранями зева был в пределах 0,1...0,3 мм. При большем зазоре ключ может сорваться с гайки или головки болта и травмировать руки рабочего. Гаечные ключи бывают простые (одноразмерные), универсальные (раздвижные) и специального назначения.

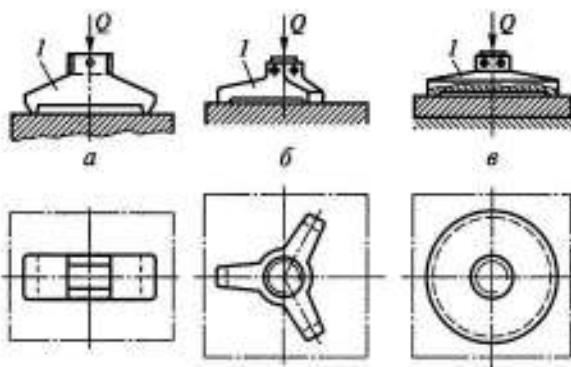
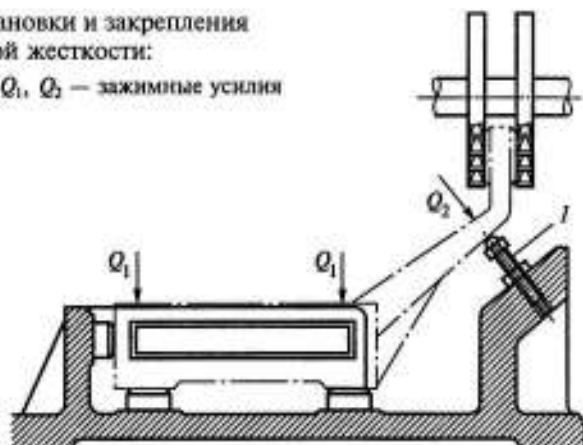


Рис. 9.9. Контактные элементы:

a — с двумя поверхностями; *б* — с тремя поверхностями; *в* — с поверхностью кольцевой формы; *Q* — усилие зажима

Рис. 9.10. Схема установки и закрепления детали малой жесткости:

I — регулируемая опора; Q_1 , Q_2 — зажимные усилия



Простыми ключами при наладке станка можно закручивать гайки одного размера и одной формы (рис. 9.11). Если правая рука захватывает рукоятку гаечного ключа 4 на расстоянии 250 мм от зева 1 ключа и нажимает на нее примерно с усилием 1 ... 2 кгс, то усилие зажима гайки 2 и болта 3 будет равно примерно 400 ... 750 кгс. Поэтому, чем больше диаметр резьбы и длиннее рукоятка ключа, тем больше усилие зажима.

Делительные головки используют в основном на консольных и широкоуниверсальных станках для закрепления заготовки и поворота ее на различные углы путем непрерывного или прерывистого вращения. В зависимости от конструкции головки окружность заготовки может быть разделена на равные или неравные части. При нарезании винтовых канавок заготовке сообщают одновременно непрерывное вращательное и поступательное движения, как, например, при обработке стружечных канавок у сверл, фрез, метчиков, разверток и зенкеров. Такие головки применяют

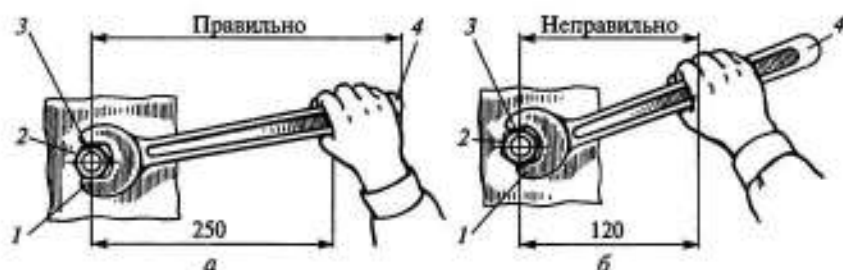
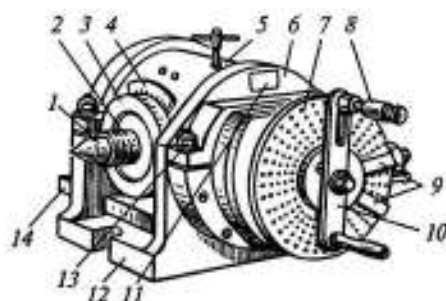


Рис. 9.11. Схема положения рук при установке заготовки на столе фрезерного станка с помощью гаечного ключа:

a — правильно; b — неправильно; 1 — зев; 2 — гайка; 3 — болт; 4 — рукоятка

Рис. 9.12. Универсальная делительная головка:

1 — установочный центр; 2 — шпиндель; 3 — лимб; 4 — нониус; 5 — корпус цилиндрический; 6 — стяжные дуги; 7 — делительный диск; 8 — фиксатор; 9 — раздвижной сектор; 10 — рукоятка; 11 — шкала; 12 — основание; 13 — гайки; 14 — рукоятка



при изготовлении многогранников, нарезании зубчатых колес и звездочек, прорезании пазов, шлиц и т. п.

По принципу действия различают делительные головки лимбовые (универсальные), оптические, безлиimbовые и с диском для непосредственного деления. Лимбовые делительные головки применяют для выполнения всех видов работ.

Универсальная лимбовая делительная головка (рис. 9.12) состоит из основания 12 со стяжными дугами 6, в которых смонтирован цилиндрический корпус 5. При ослаблении гаек 13 корпус 5 может поворачиваться вокруг горизонтальной оси против часовой стрелки на угол от -5° и до $+95^\circ$ — по часовой стрелке. Поворот корпуса контролируется по шкале и нониусу.

В корпусе 5 на подшипниках смонтирован шпиндель 2, на переднем конце которого имеется резьба с центрирующим пояском для крепления самоцентрирующего или поводкового патрона и конусное отверстие для установки центра 1. Здесь также размещен лимб 3 с делениями и нониусом 4 для непосредственного деления, а на заднем конце шпинделя установлена оправка для сменных зубчатых колес. Вращение шпинделя 2 передается с помощью рукоятки 10 с фиксатором 8 через зубчатые колеса с передаточным отношением, равным 1, и червячную пару k/N , где k — число заходов червяка, N — число зубьев червячного колеса. Отсчет поворота рукоятки производят по засверленным на делительном диске 7 отверстиям. Для удобства отсчета поворота рукоятки имеется раздвижной сектор 9, состоящий из линейек. С помощью рассмотренной делительной головки можно выполнять простое и сложное (дифференциальное) деление.

Непосредственное деление осуществляют по лимбу 3 с делениями через 1° . Точность отсчета с использованием нониуса 4 равна $5'$. Поворот шпинделя при этом можно производить рукояткой 11 или непосредственным вращением шпинделя. После каждого поворота шпиндель фиксируют стопором 8. В некоторых делительных головках вместо лимба 3 с делениями устанавливают диск с отверстиями по кругу (24; 30 и 36 отверстий), что позволяет выполнить деление на 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 24, 30 и 36 частей.

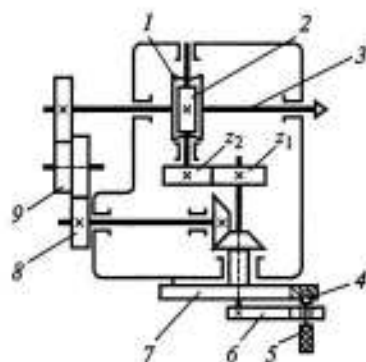


Рис. 9.13. Схема наладки универсальной лимбовой головки на простое деление;
1 — червячное колесо; 2 — червяк; 3 — шпиндель; 4 — стопор; 5 — рукоятка; 6 — сектор; 7 — делительный диск; 8, 9 — зубчатые колеса; z_1, z_2 — шестерни

Простое деление выполняют с помощью зафиксированного стопора 4 (рис. 9.13), с двух сторон которого просверлены отверстия по concentрическим окружностям. С одной стороны диска могут быть окружности с 24, 25, 26, 28, 30, 34, 37, 38, 39, 41, 42 и 43 отверстиями, а с другой — с 46, 47, 49, 51, 53, 54, 57, 58, 59, 62 и 66 отверстиями.

Пусть требуется разделить окружность заготовки на z частей. В этом случае для того чтобы заготовка, а значит, и шпиндель 3 повернулись на $1/z$ оборота, рукоятка 5 должна быть повернута

согласно кинематической цепи на $\frac{1}{z} \frac{N}{k} \frac{z_2}{z_1} = n_p$ оборотов. При

$z_2/z_1 = 1$ и числе заходов червяка $k = 1$ получим $n_p = N/z$, где N — характеристика делительной головки (равна числу зубьев червячного колеса).

Дробь N/z можно представить в виде суммы двух слагаемых

$$N/z = a + m/q,$$

где a — число целых оборотов рукоятки; m/q — доля оборота рукоятки (q — число отверстий в окружности делительного диска; m — число шагов между отверстиями в выбранной окружности).

Таким образом, деление на $1/z$ часть производят поворотом рукоятки на a целых оборотов и дополнительно на величину m/q , отсчитываемую по окружности с числом отверстий q . После этого рукоятку стопорят фиксатором 4. Для удобства отсчета при повороте рукоятки на величину m/q используют сектор 6 (см. рис. 9.12), который разводят на такой угол, чтобы он охватывал m шагов между отверстиями на окружности с числом отверстий q .

Наладка на дифференциальное деление применяется в тех случаях, когда невозможно подобрать делительный диск с нужным числом отверстий для простого деления. (Методика наладки универсальной лимбовой головки на дифференциальное деление изложена в [5].)

1. Что такое попутное и встречное фрезерование?
2. Как настроить режимы резания на консольно-фрезерном станке с ручным управлением?
3. Расскажите о зажимных приспособлениях, применяемых на фрезерных станках.
4. Расскажите о наладке различных типов фрез на консольно-фрезерном станке.
5. Какие существуют типы делительных головок и что называется их характеристикой?
6. Как производится наладка универсальной лимбовой головки на простое деление?

9.5. Особенности наладки сверлильных станков

Наладка зажимных приспособлений. Установка заготовок небольших размеров и массы на вертикально-сверлильных станках осуществляется непосредственно на столе станка с помощью прихватов, ступенчатых и регулируемых упоров, болтов или в приспособлениях-кондукторах (см. рис. 5.10; 5.11; 5.12 и 6.17). Крупные заготовки на радиально-сверлильных станках устанавливают на основании станка, а средние — на съемную подставку. Установка цилиндрических заготовок осуществляется в призмах с прижимом к ним струбцинами или прихватами. Обработка отверстий, расположенных по окружности или наклонно, производится с помощью поворотных столов или стоек, на которых закрепляются каким-либо способом заготовки.

Выверка правильности установки заготовки (без приспособления) осуществляется универсальным инструментом (штангенциркулем, угольником, рейсмусом, индикатором и т.п.) в зависимости от заданной точности обработки.

Универсальные приспособления для установки и зажима заготовок: машинные тиски с винтовым или эксцентриковым зажимом, применяемые в единичном производстве, и с пневмо- или гидроприводом, используемые в серийном производстве, а также универсально-сборные приспособления (УСП), состоящие из набора различных установочных, зажимных и других деталей, из которых собирают приспособление в зависимости от назначения, формы и размеров обрабатываемой заготовки.

На рис. 9.14, а показаны машинные тиски с пневматическим цилиндром 12, посредством которого через шток 10 поршня 9 и рычаг 11 происходит перемещение подвижной губки 1 и прижим заготовки 2 к неподвижной губке 3. Подачу воздуха в цилиндр осуществляют поворотом рукоятки крана (распределителя).

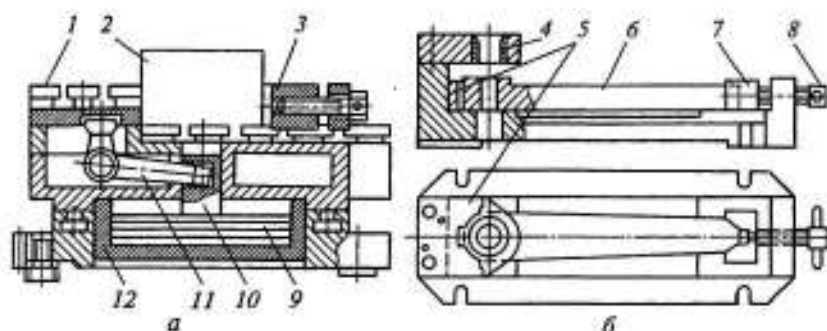


Рис. 9.14. Приспособления для закрепления заготовок при сверлении:

а — пневматические диски; *б* — кондуктор; 1 — подвижная губка; 2 — заготовка; 3 — неподвижная губка; 4 — кондукторная втулка; 5 — неподвижная призма; 6 — заготовка; 7 — подвижная призма; 8 — винт; 9 — поршень; 10 — шток; 11 — рычаг; 12 — пневматический цилиндр

Для обработки конкретной заготовки в условиях крупносерийного и массового производства изготавливают специальное приспособление (рис. 9.14, *б*) в виде кондуктора, в котором заготовку 6 устанавливают в неподвижной 5 и подвижной 7 призмах и зажимают винтом 8. Сверление отверстия выполняют через кондукторную втулку 4.

Крепление заготовки на станке должно быть надежным во избежание травмы рабочего и поломки инструмента вследствие проворачивания детали.

Наладка режущего инструмента. Инструмент больших размеров с коническим хвостовиком 1 (рис. 9.15, *а*) непосредственно устанавливают в коническое отверстие шпинделя 2. Инструмент с малым коническим хвостовиком 5 (рис. 9.15, *б*) устанавливают в шпиндель 2 с помощью одной или нескольких переходных втулок 4. Инструмент из шпинделя удаляют посредством клина 3 или встроенным механизмом. Инструмент с цилиндрическим хвостовиком закрепляют в самоцентрирующем кулачковом или цанговом патроне (рис. 9.15, *в*). При последовательной обработке отверстия несколькими инструментами (сверло, зенкер, развертка) используют быстросменные патроны (рис. 9.15, *г*). При нарезании резьбы в глухих отверстиях применяют предохранительные патроны, а также реверсивные патроны для вывинчивания метчиков из резьбового отверстия обратным вращением (рис. 9.15, *д*).

В цанговом патроне (см. рис. 9.15, *в*) инструмент с цилиндрическим хвостовиком 9 зажимается с помощью разрезной цанги 8 при навинчивании гайки 7 на корпус 6. В быстросменном патроне (рис. 9.15, *г*) сменная втулка 14 с установленным инструментом

15 удерживается от выпадения и проворачивания шариками 13, находящимися в отверстиях втулки 14 и корпуса 10 патрона. При подъеме кольца 12 шарики расходятся и втулка 14 освобождается. Для закрепления втулки с другим инструментом следует втулку установить в корпус и опустить кольцо. Перемещение кольца 12 ограничивается винтом 11.

В предохранительном патроне (рис. 9.15, д) метчик 16 закрепляется через сменную втулку 23 в ведомой полумуфте 18, так же как в быстросменном патроне. Полумуфта 18 свободно посажена на оправке 21 и получает вращение от ведущей полумуфты 19, находящейся под воздействием пружины 20, сила которой регулируется гайкой 22. В случае перегрузки или в конце нарезания при соприкосновении гайки 17 с обрабатываемой заготовкой полумуфта 19 выходит из зацепления с зубцами полумуфты 18 и вращение метчика прекращается.

Настройка режимов резания. После установки на станок устройств для зажима заготовки и инструмента, закрепления в них заготовки и инструмента следует установить требуемую час-

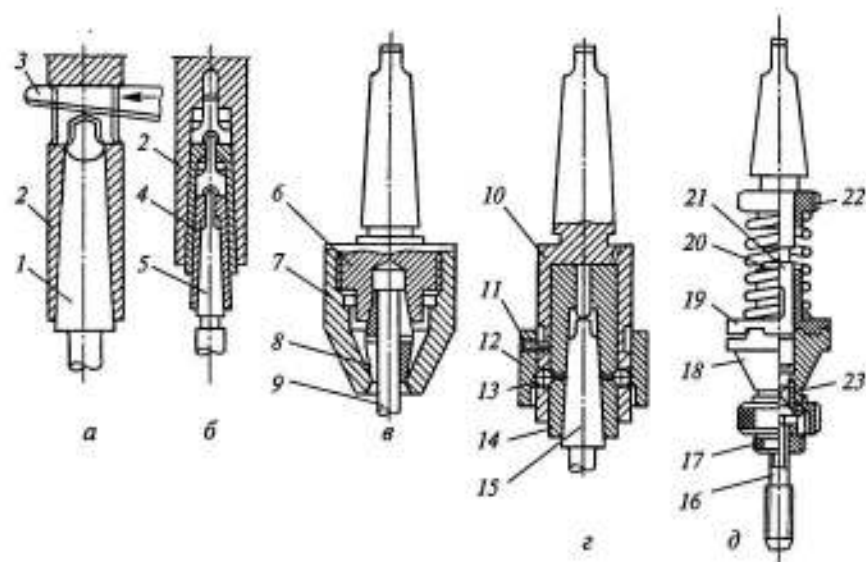


Рис. 9.15. Устройства для закрепления осевого инструмента на сверлильных станках:

а — с большим коническим хвостовиком; б — с малым коническим хвостовиком; в — с цилиндрическим хвостовиком; г — быстросменный патрон; д — реверсивный патрон; 1, 5, 9 и 15 — хвостовики инструмента; 2 — шпиндель станка; 3 — клин; 4 — переходная втулка; 6, 7 и 22 — гайки; 7, 10 — корпус патрона; 8 — цапга; 11 — стопорный винт; 12 — кольцо; 13 — шарики; 14, 23 — сменные втулки; 16 — метчик; 18, 19 — полумуфты; 20 — пружина; 21 — оправка

тоту вращения шпинделя и подачу, настроить механизм автоматического отключения подачи и запустить станок на обработку пробной заготовки, а затем остальных заготовок партии.

Для наладки станка в соответствии с выбранными по справочнику или указанными технологом (мастером) режимами резания (см. гл. 2) воспользуемся описанием устройства и кинематики вертикально- и радиально-сверлильных станков (см. гл. 6).

Контрольные вопросы

1. Расскажите об основных типах зажимных приспособлений на сверлильных станках и методах их наладки.
2. В чем заключается наладка режущих инструментов на сверлильных станках?
3. Расскажите о порядке настройки режимов резания на сверлильных станках.

9.6. Особенности наладки шлифовальных станков

Сборка и подготовка кругов. Перед установкой на станок круги следует проверить на соответствие их твердости и зернистости значениям, указанным в технологической карте. Каждый круг необходимо тщательно осмотреть и проверить легким постукиванием деревянным молотком на наличие в нем трещин (звук должен быть чистым, без дребезжания).

Круги 1 (рис. 9.16) следует собирать на оправке 2 согласно чертежу наладки шлифовального станка. Посадка круга на оправку должна быть легкой, без применения силы во избежание его разрыва. Зазор между посадочным местом, оправкой и диаметром отверстия круга должен составлять 0,3...0,5 мм; отклонение от перпендикулярности торцов круга к его оси не должно превышать 0,15 мм (на периферии круга диаметром 500...600 мм), что достигается протачиванием торцов круга, выдерживая размеры *A*, *B*, *C* и *D*. Между кругом и фланцем нужно ставить картонные промасленные прокладки 4 толщиной до 1 мм; при закреплении кругов на планшайбе с помощью фланцев необходимо, чтобы последние были точно сцентрированы. Во избежание перекоса фланцев и разрушения круга при сборке его на планшайбе гайки

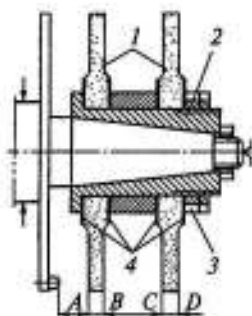


Рис. 9.16. Сборка шлифовальных кругов:
1 — круги; 2 — оправка;
3 — гайка; 4 — прокладки;
A — расстояние от круга до базовой поверхности; *BC* — расстояние между кругами; *AB*, *CD* — ширина кругов

З следует затягивать попеременно (через 180° с противоположных сторон).

Испытание на прочность. Перед работой на станке круги испытывают на прочность пробным вращением на повышенной скорости. Для этого выпускают специальные станки, обеспечивающие скорости круга в 1,5 раза выше эксплуатационной. Испытания следует проводить с выдержкой во времени на заданной испытательной скорости. Режим испытания автоматизирован. Управление осуществляют с пульта. Круг испытывают по заданной программе — разгон, выдержка на испытательной скорости и торможение до полной остановки. Частоту вращения регулируют бесступенчато. Испытательные стенды оснащают подъемно-установочными устройствами. Круг надевают на фланцы, при этом необходимо обратить внимание на то, чтобы зазор между внутренним отверстием круга и посадочными диаметрами фланцев был равномерным по всей окружности.

Балансировка кругов. Для обеспечения шлифования заготовок с высокой точностью и без вибрации круги в сборе с планшайбой должны быть отбалансированы. При работе неуравновешенным кругом обработанная поверхность получается граненой, волнистой, а опоры шпинделя при этом быстро изнашиваются. Причинами неуравновешенности круга могут быть неравномерное распределение массы в теле круга, эксцентричное расположение посадочного отверстия по отношению к наружной поверхности круга, непараллельность и перпендикулярность торцов, неравномерная пропитка круга СОЖ, неправильный монтаж — неконцентричная установка круга и др.

При неуравновешенном круге возникает центробежная сила, которая вызывает вибрации. При скоростном шлифовании опасность разрыва круга от усилий резания уменьшается, но возрастает опасность разрыва от центробежной силы.

Круг балансируют вне шлифовального станка на балансировочных стендах. Круг, смонтированный на оправке, устанавливают на опоры — цилиндрические валики или диски (рис. 9.17). Обоим устройствам (рис. 9.17, а, б) присущ общий недостаток — большой момент трения, снижающий точность балансировки. Использование принципа «воздушной подушки» позволило создать рациональную конструкцию устройства для статической балансировки (рис. 9.18). Преимущество устройства на «воздушной подушке» состоит в том, что оправка с кругом легко поворачивается под воздействием небольшого момента сил. Чтобы вывести из состояния покоя оправку с кругом, установленную на цилиндрических валиках, требуется момент, в 7 раз больший, а при дисках — в 40 раз больший.

На шпинделе станка круги закрепляют с помощью планшайбы, в концевых выточках которых размещаются грузики — сег-

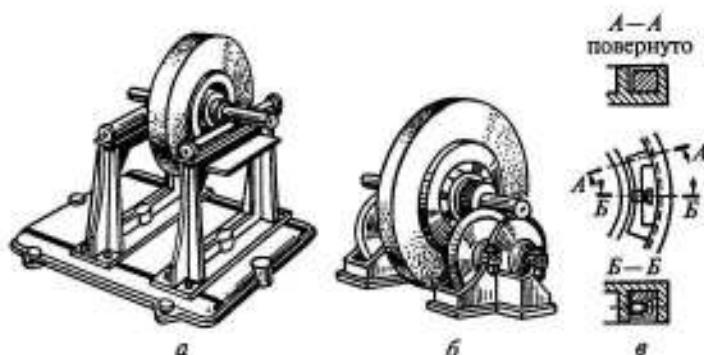


Рис. 9.17. Стенд для балансировки шлифовальных кругов:

а — с двумя гладкими цилиндрическими вилками; *б* — с вращающимися дисками; *в* — схема крепления грузиков для балансировки круга

менты для балансировки кругов. Балансировку производят изменением положения трех грузиков в кольцевой выточке фланца шлифовального круга. Неуравновешенный круг более тяжелой частью повернется вниз. Перемещая в планшайбе грузики, добиваются, чтобы круг в любом положении на опорах оставался неподвижным. По мере износа круга балансировка его может нарушиться вследствие неравномерного распределения массы в теле круга, поэтому целесообразно производить повторную балансировку круга. Для этого рекомендуется прокрутить круг на рабочей скорости в течение 1...2 мин, выключив охлаждение, чтобы жидкость не скапливалась в порах нижней части круга и не нарушала балансировку.

В более ответственных случаях применяют балансировочные весы. При тщательном изготовлении деталей весов точность уравновешивания может быть доведена до величины остаточного смещения центра тяжести 5 мкм. Средняя продолжительность балансировки 15...20 мин. Балансировочные весы предназначены для балансировки шлифовальных кругов диаметром от 200 до 600 мм. Находят применение также устройства для балансировки кругов непосредственно на шлифовальном станке.

Рис. 9.18. Устройства для статической балансировки шлифовальных кругов:



а — на воздушной подушке; *б* — на плоскопараллельных линейках; *в* — с двумя парами вращающихся дисков; 1 — воздушная подушка; 2 — плоскопараллельная линейка; 3 — пара вращающихся дисков

Далее производят подбор характеристик шлифовального круга для обработки определенной детали на конкретно выбранном станке (см. также гл. 2). Затем приступают к наладке гидрооборудования и узлов шлифовального станка.

Наладка центровых круглошлифовальных станков. Рекомендуются выполнять наладку в такой последовательности:

- проверить работу всех узлов станка в наладочном режиме и устранить возникшие неисправности;
- установить скорость продольного перемещения механизма правки и произвести (при необходимости установки нового шлифовального круга) предварительную правку при отключенном копирном устройстве (обычно такая правка производится алмазозаменителем);
- отбалансировать шлифовальный круг и затем проверить качество балансировки;
- произвести правку шлифовального круга с помощью копирного устройства (если необходимо);
- установить в переднюю и заднюю бабки центры и выверить их соосность;
- установить переднюю и заднюю бабки на заданном осевом расстоянии;
- установить в центрах (патроне) заготовку и проверить надежность ее закрепления;
- выверить взаимное расположение шлифовальной бабки с заготовкой в осевом и радиальном направлениях;
- расставить упоры для изменения направления перемещения стола при продольном шлифовании;
- установить заданные режимы обработки;
- при шлифовании длинных заготовок произвести установку люнета (люнетов);
- установить и настроить по эталону измерительное устройство для контроля диаметра наружной поверхности и управления циклом станка;
- произвести пробное шлифование двух-трех заготовок, измерив их погрешности и откорректировав положение шлифовальной бабки и настройку измерительного прибора;
- при положительных результатах обработки заготовок установить на станке автоматический цикл и проверить работу станка путем обработки партии заготовок с обеспечением требуемой производительности и точности.

Установка и выверка центров. Перед установкой центров необходимо проверить, нет ли забоин в конических отверстиях в шпинделях бабок, следует очистить их от грязи и смазать маслом. Углы центров проверить шаблоном, а прилегание хвостовиков — по краске. Соосность центров следует определить по спе-

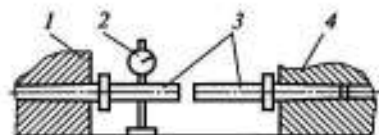


Рис. 9.19. Проверка соосности центров на круглошлифовальном станке:

1 — передняя бабка; 2 — индикатор; 3 — оправки; 4 — задняя бабка

циальным оправкам 3 (рис. 9.19), установленным в переднюю 1 и заднюю 4 бабки. Положение цилиндрических поверхностей оправок проверить индикатором 2 по всей длине образующей оправок. При отклонении свыше 0,01 мм устранить отклонения от соосности поворотом передней или смещением задней бабки.

Установка задней бабки. Устанавливают заднюю бабку в требуемое положение и надежно закрепляют ее на столе с помощью двух зажимных винтов. Усилие прижима детали задним центром должно быть умеренным. Чем легче и тоньше деталь, тем меньшим должно быть это усилие. Следует помнить, что излишняя сила прижима приводит к быстрому износу центров и, следовательно, к ухудшению качества обработки. Слабый прижим детали также недопустим, так как под действием давления круга на деталь задний центр может сместиться и точность обработки будет нарушена. При шлифовании длинных деталей устанавливают необходимое число люнетов, исключающих прогиб детали под действием усилий, возникающих при обработке.

Затем следует отрегулировать и проверить систему охлаждения и фильтрования рабочей жидкости.

Расстановка упоров. После того, как шлифуемая деталь будет установлена в центрах, необходимо приступить к расстановке упоров для изменения направления движения стола при продольном шлифовании. Для установки взаимного положения круга и детали в направлении оси детали в центрах станка помещают эталонную деталь. Шлифовальной бабке сообщают установочное перемещение в направлении оси детали. В качестве базы обычно используют левый торец детали, положение которого остается постоянным при любой длине детали. Для пробных ходов при наладке включают электродвигатель бабки круга и детали, после чего подводят круг к детали до появления искры и вручную перемещают стол. Если при этом искра будет равномерна по всей длине детали, то можно включить автоматическую подачу. Сделав несколько ходов, проверяют диаметр детали с обоих концов и, если она окажется конусной, выверяют положение стола.

Настройка станка. При настройке станка нужно пользоваться имеющимся лимбом поперечной подачи, облегчающим настройку. Убедившись, что деталь вращается с необходимой скоростью и положение упоров переключения хода стола соответствует

требуемой длине шлифования, необходимо осторожно подвести круг к детали до появления искры. В этом положении следует освободить лимб и, не сдвигая маховик поперечной подачи, передвинуть его так, чтобы число делений между нулевым делением на корпусе механизма поперечной подачи и нулевым делением лимба соответствовало половине припуска на диаметр детали. После этого, закрепив лимб, можно обрабатывать деталь, включив автоматическую подачу, которая выключается упором поперечной подачи при совмещении нулевых делений лимба и корпуса механизма поперечной подачи. За два-три деления до нулевого положения необходимо проверить размер детали, чтобы не допустить снятия лишнего металла, и, если нужно, внести соответствующие коррективы в наладку. При шлифовании до упора необходимо периодически корректировать положение круга для компенсации износа.

Наладка измерительно-управляющих устройств. Измерительные приборы устанавливают по эталонной детали на позициях измерения. Сначала выполняют предварительное регулирование вдоль оси детали, а затем окончательно устанавливают в нулевое положение. При наладке приборов с рычажными системами необходимо выполнить независимое регулирование горизонтального и вертикального рычагов. После окончательного регулирования измерительных приборов необходимо зафиксировать положение узлов, чтобы фиксация была надежной и отрегулированное точное взаимное расположение деталей и узлов прибора сохранялось и после их закрепления.

В процессе пробного шлифования следует проверить при ручной подаче состояние искры по длине шлифуемой поверхности. Если искра будет равномерна по всей длине, то можно включить автоматическую подачу. Отшлифовав деталь, необходимо проверить диаметр шеек в двух наиболее удаленных сечениях. Если окажется конусность, необходимо отрегулировать положение стола в горизонтальной плоскости поворотом его верхней части относительно нижней. Для наблюдения за углом поворота при наладке используют специальный лимб или наладочное приспособление с индикатором (рис. 9.20). Приспособление крепится к нижнему



Рис. 9.20. Приспособление для наладки и определения угла поворота стола:

1 и 4 — поворотные элементы; 2 — индикатор; 3 — сухарь нижнего стола станка

стола станка на сухаре 3 и имеет два поворотных элемента 1 и 4, с помощью которых устанавливается индикатор 2 в различных положениях по высоте и ширине стола станка. Окончательно проверяют установку стола путем повторного пробного шлифования.

Для пневматического измерительного прибора большое значение имеет правильная наладка прибора и соответствующее тарирование шкалы отсчетного устройства, которое производится по эталонам. Для измерения отверстий шкалы пневматические приборы тарируют по установочным кольцам. В комплект должно входить не менее двух установочных колец, соответствующих по размерам предельным диаметрам измеряемой детали, для которой производится тарирование прибора. По установочным кольцам на шкалу прибора наносят контрольные точки, промежуточные значения получаются делением отрезков между точками; нанесенными по кольцам, на равные доли, с тем чтобы получить требуемую цену деления. Правильная эксплуатация пневматического прибора имеет важное значение для точности и надежности его работы.

Особенности наладки плоскошлифовальных станков. Наладку станков с прямоугольным столом и магнитной плитой следует начинать с проверки работы узлов станка, а также с проверки исправности магнитной плиты или приспособления для установки и зажима заготовки. В случае отклонения от плоскостности стола и магнитной плиты их необходимо шлифовать до требуемого отклонения от плоскостности согласно данным паспорта станка. Далее наладку рекомендуется проводить с учетом следующих особенностей.

При использовании магнитной плиты установить на плиту заготовку (заготовки), обеспечив при этом перекрытие каждой заготовкой двух полюсов. Проверить усилие зажима. После установки заготовки, включения электромагнитной плиты и подачи стола шлифовальный круг следует постепенно вводить в соприкосновение с обрабатываемыми заготовками (во избежание его удара).

При наладке станков с прямоугольным столом расставить упоры, переключающие направление хода стола, обеспечив при этом перебеж, который определяется размерами круга и методом шлифования (периферией или торцом). Расставить упоры, ограничивающие поперечное перемещение шлифовальной бабки, обеспечив при этом выход круга относительно края плиты не более 0,3 его высоты. В зависимости от длины и скорости продольного хода стола установить частоту двойных ходов. Установить требуемые значения поперечной и вертикальной подач. Настроить измерительно-управляющее устройство, осуществляющее цикл работы станка и автоматический останов станка в конце обработки.

1. Каков порядок сборки и подготовки шлифовальных кругов к эксплуатации?
2. Расскажите о балансировке шлифовального круга.
3. В какой последовательности производят наладку центрового круглошлифовального станка?
4. Расскажите о наладке измерительного устройства на шлифовальном станке.
5. Назовите особенности наладки плоскошлифовальных станков.

9.7. Особенности наладки станков с ЧПУ

Для системы ЧПУ типа CNC характерны следующие режимы работы.

Режим ввода информации: ввод управляющей программы (УП) или исходных данных для нее с внешнего носителя вручную либо по каналу связи; анализ информации; вывод ошибок на устройства индикации; размещение УП в памяти системы.

Автоматический режим: обработка детали по УП; автоматическое регулирование подачи; ускоренная отработка УП; накопление эксплуатационной информации (счет числа деталей, регистрация времени обработки и др.).

Режим вмешательства оператора в процесс автоматического управления: выполнение операции технологического останова, пропуск кадров УП и их отработка без выдачи управляющих команд, а также коррекция технологических режимов, кодов инструментов и кодов спутников.

Ручной режим: настройка станка и ручное управление перемещениями; отладка УП; отработка перемещений инструмента при задании скорости перемещения вручную; набор и отработка кадра УП, его запоминание и хранение; формирование УП из отдельных кадров, визуализация кадров, ввод коррекции различных видов, диагностирование механизмов станка, инструмента, системы ЧПУ и др.

Режим редактирования: поиск нужного кадра УП и вывод его на устройство индикации, коррекция кадров, их замена, вставка и удаление.

Режим вывода информации УП на внешние устройства — перфоратор, печатающее устройство, компакт-кассету, во внешнюю память, а также на ЭВМ высшего ранга или в локальную вычислительную сеть.

Режим вычислений требуемых величин по формулам (например, параметров режима резания и геометрических преобразований), формирование УП на основе входной информации и др.

Дисплейный режим, когда выполняются выделение и визуализация информации, ведение диалога и др.

Режим диагностирования, в процессе которого автоматически формируются аварийные и диагностические предупреждения.

При наладке программы работы станка оператор пользуется соответствующими режимами, вводя корректировки, необходимые для обработки.

Особенности наладки станков с ЧПУ определяет система управления, так как механическая, гидравлическая, пневматическая и электрическая системы те же, что у аналогичных станков с традиционными системами управления.

Специфика наладки станков с ЧПУ заключается в том, что в процессе эксплуатации приходится периодически (при переходе на обработку новой заготовки) выполнять настройку необходимых характеристик гидравлических, пневматических, механических узлов, электрических аппаратов, электронных устройств, блоков ЧПУ, систем автоматической регулировки, регулируемых приводов подачи.

На рабочем пульте оператора или панели станка расположены программируемые функциональные клавиши. Применяемые современные языки программирования обеспечивают оператору диалоговый режим. Оператор использует при работе возможность программирования на рабочем месте и визуализацию на экране системы ЧПУ траекторий перемещений рабочих органов в заданных и текущих координатах в форме, удобной для оператора и технолога. В соответствии с технологической картой оператор устанавливает технологические параметры обработки (скорость резания, подачи и др.).

Наладку станка выполняет наладчик — рабочий более высокой квалификации, чем учащийся, для которого предназначен данный учебник. Специфику подготовки и работы наладчика станков с ЧПУ см. в справочнике [26]. Наладку простейших элементов выполняет рабочий-оператор. Он пользуется картой, в которой приведены исходные данные для настройки инструментов (их длины и вылета) и приспособления. Если при обработке требуется обеспечить 8-й (и более) качество точности, наладку на обработку первой заготовки осуществляют методом пробных проходов.

В процессе наладки электронных и электрических аппаратов систем управления станками с ЧПУ наладчик проводит осциллографирование напряжения и формы сигналов, а также переходных процессов. Он выполняет наладку УЧПУ последовательно по каждому устройству, блоку, узлу (например, устройства считывания, ввода, арифметическое устройство, блоки индикации, интерполяции, памяти, узел задания скорости и др.). Не изменяя схемы узла, блока, устройства, получают оптимальные значения выходных сигналов, обеспечивающих точность и работоспособ-

ность устройства в целом. Наладку выполняют с помощью настроечных элементов, предусмотренных в конструкции, схеме блока, узле, устройстве (например, с помощью переменного резистора), или путем подбора какого-либо из элементов схемы, влияющего на выходной параметр.

В УЧПУ выполнение наладочных работ связано с разнообразными, проводимыми в контрольных точках, измерениями, по результатам которых оценивают выходные параметры узла, блока и устройства в целом. Наладка УЧПУ считается законченной после проверки функционирования станка с ЧПУ в различных режимах и в соответствии с заданной программой.

Рабочий-оператор осуществляет проверку функционирования станка с ЧПУ после наладки в три этапа.

1. Проверка программы без инструмента, оснастки и заготовки. С помощью ручного управления узлы станка устанавливают в исходное положение, а затем включают автоматическое управление по программе. Контролируют перемещение всех узлов и их возвращение в исходное положение. Контроль осуществляют по лимбам с помощью упоров, индикаторов и т. д.

2. Обработка макетной заготовки, выполненной в отдельных случаях из листового металла, пластмассы и др. Обычно такую операцию выполняют, если заготовки сложны и количество их ограничено.

3. Обработка контрольной (эталонной) детали. Комплексной проверкой точности обработки на станке с ЧПУ является проверка эталонной детали (эталона), обработанной по УП. На рис. 9.21, а изображен чертеж эталона для комплексных испытаний качества наладки многоцелевого станка с ЧПУ. Для станков с горизонтальным шпинделем эталон может быть выполнен в виде угольника. Для горизонтальных станков при отношении максимальных перемещений по осям X и Z более 1:6 и для вертикальных станков при том же отношении максимальных перемещений по осям X и Y рекомендуется использовать два эталона. Эталон окончательно обрабатывают по базовым поверхностям с точностью, в два раза превышающей допуски на проверяемые поверхности.

Кроме комплексной проверки, необходима проверка точности межосевых расстояний обработанных отверстий. Для этого по программе в эталоне сверлят и растачивают пять отверстий по качеству Н7. Длина отверстий должна превышать диаметр или быть равной ему. Возможно растачивание отверстий для проверки межосевых расстояний и на эталоне для комплексной проверки. Проверку проводят с использованием микроскопа или приспособления, предназначенного для измерения межосевых расстояний.

Для горизонтальных станков проверяют отклонение от соосности отверстий, обработанных с поворотом стола. Измерение выполняют дважды, принимая за базовое каждое из расточенных

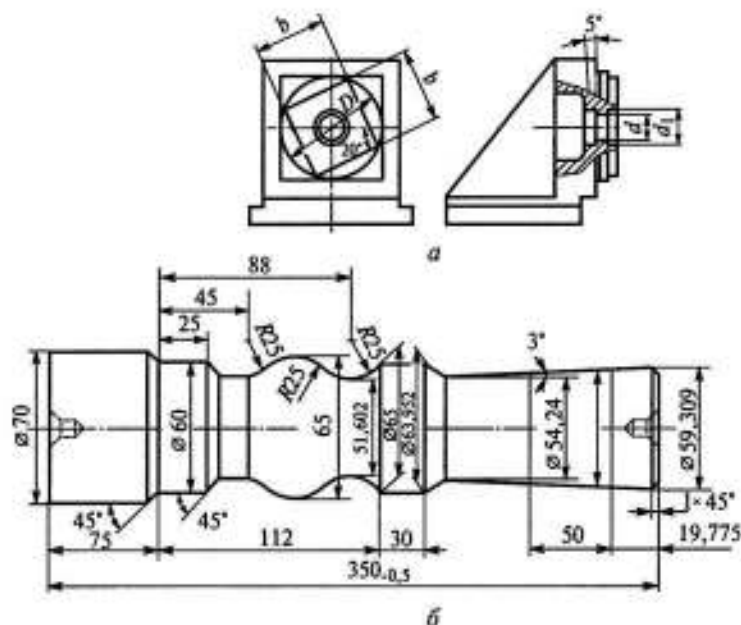


Рис. 9.21. Чертеж эталона для комплексных испытаний многоцелевого станка с ЧПУ (а) и токарного станка с ЧПУ (б):

D — диаметр поворотного устройства; b — ширина заготовки; d, d_1 — диаметры отверстий в корпусе приспособления многоцелевого станка

отверстий. Отклонение от соосности проверяемых осей равно наибольшему из полученных отклонений.

На рис. 9.21, б показан эталон для токарного станка с ЧПУ. Деталь обрабатывают, соблюдая технические параметры (режим резания, материал, геометрию режущих инструментов, СОЖ), рекомендуемые заводом — изготовителем оборудования.

На станках с ЧПУ выполняют испытания на максимальные нагрузки и уточняют режимы резания для характерных видов обработки и инструмента. При испытаниях на максимальное усилие привода главного движения и приводов подач осуществляют сверление инструментом наибольшего диаметра и фрезерование торцовыми фрезами.

Особенности наладки токарных станков с ЧПУ. В начале смены проверяют основные функции движения станка. В целях тепловой стабилизации станка и устройства ЧПУ включают на холостом ходу вращение шпинделя со средней частотой и питание устройства ЧПУ в течение 20...25 мин (при этом станок прогревается).

Согласно карте наладки подбирают режущий инструмент и оснастку для крепления заготовки. Проверяют состояние инстру-

мента. Устанавливают инструмент в соответствующие позиции суппорта револьверной головки, указанные в карте наладки.

Настраивают кулачки, ограничивающие перемещения суппорта и его нулевое (исходное) положение. Вводят УП с пульта УЧПУ с бланка или из кассеты внешней памяти. Проверяют УП сначала в пошаговом режиме, а затем — в автоматическом, наблюдая за правильностью ее осуществления.

Закрепляют заготовку в соответствии с картой наладки. Выполняют размерную настройку режущего инструмента. Обрабатывают заготовку по УП. Определяют размеры готовой детали и вводят необходимые коррекции с пульта управления УЧПУ (при обработке партии заготовок периодически проверяют размеры детали и при необходимости вводят коррекции).

При обработке первой заготовки необходимо наблюдать за процессом резания (особенно за стружкообразованием и шероховатостью обработанной поверхности); при необходимости следует вводить коррекции режимов резания (с пульта управления УЧПУ).

Особенности наладки многоцелевых станков с ЧПУ. Установка зажимного приспособления. Ее можно выполнить непосредственно на столе станка или на приспособлении-спутнике (ПС).

На ПС устанавливают базовые элементы, ориентируя относительно них заготовку. Расположение базовых и крепежных элементов должно соответствовать карте наладки, так как от этого зависят погрешности установки. Если на станке впервые обрабатывается программа обработки заготовки с нескольких сторон, то необходимо определить координаты центра стола от абсолютного нуля по оси X . Эта координата для данного станка является величиной постоянной и может быть использована при настройке баз для других наладок. Положение ПС, а следовательно, и заготовки задается заранее технологом (программистом), который разрабатывает программу в абсолютных (по отношению к нулю станка) или относительных координатах с учетом положения нуля заготовки по отношению к нулю станка. (Ноль станка — это исходное положение стола и шпинделя станка, при котором все датчики перемещений показывают ноль.)

Базовые поверхности заготовки и опорные поверхности ПС, на которые она устанавливается, образуют систему координат, начало которой называют нулем заготовки (рис. 9.22, а). Если задать положение заготовки по отношению к системе координат станка размерами X' и Y' , то при обработке (например, отверстия I) в программе может быть задано перемещение по осям X и Y и т.д. Перемещения по осям $X0$, $Y0$, $Z0$ можно получать за счет имеющегося на станке устройства смещения нуля, набирая значения координат на пульте управления при наладке станка на данную операцию.

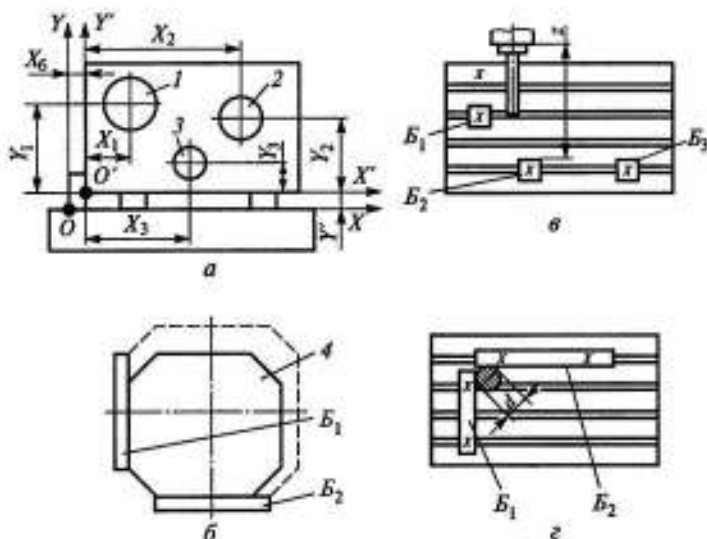


Рис. 9.22. Способы установки приспособлений-спутников на многоцелевом станке:

а — размещение заготовки в системе координат станка; *б* — установка базовых элементов на ПС; *в*, *г* — установка базовых элементов на столе станка; 1—3 — отверстия; 4 — корпус ПС; B_1 , B_2 и B_3 — базовые планки; d — диаметр оправки; X , X' , Y , Y' — оси координат; X_1 , X_2 , X_3 , Y_1 , Y_2 , Y_3 , Z — размеры заготовки; X_6 — расстояние между точками отсчета O и O' ; O — базовая ось ПС; O' — базовая ось обрабатываемой детали

Иногда базирование корпуса ПС 4 осуществляют с помощью базовых планок B_1 и B_2 (рис. 9.22, б). Эти планки образуют систему координат ПС, положение которого по отношению к системе координат данного станка известно и может быть учтено при составлении программы.

В некоторых случаях (рис. 9.22, в) базовые элементы устанавливают параллельно движениям стола по координатам, выверяя с помощью индикатора, закрепляют (в общем случае в таком месте стола, где удобнее всего разместить заготовку), а затем находят положение системы координат заготовки по отношению к нулю станка. Для этого в шпиндель вставляют оправку диаметром d (рис. 9.22, г) и перемещают стол в положение, при котором оправка касается базовых планок B_1 и B_2 . На пульте индикации высвечиваются значения координат, которые затем используют для контроля смещения нуля.

Можно расставить установочные элементы с базовыми планками B_1 , B_2 , B_3 по пазам стола, находящегося в положении нуля станка, и измерить расстояния X (до мерной оправки) и Z (до базовой торцевой поверхности шпинделя). Эти расстояния (с уче-

том диаметра оправки) принимают во внимание при смещении нуля станка (см. рис. 9.22, в).

После установки ПС необходимо произвести ввод базовых координат, который осуществляют путем совмещения оси шпинделя с базовой поверхностью или осью заготовки. Одновременно фиксируют расстояние от базовых элементов до абсолютных нулей по всем координатам. Для введения базовых координат используют вспомогательный инструмент, устанавливаемый в шпиндель станка, и концевые меры. Если базирование осуществляется по отверстию, то базовые координаты вводят, используя центрист, устанавливаемый в шпиндель с помощью оправки. После совмещения оси шпинделя с осью отверстия базовые координаты вводятся корректорами плавающих нулей.

Установка режущих и вспомогательных инструментов в магазин. Измерения длин и диаметров, на которые настроен инструмент, проводятся вне станка. Оператор вводит эти данные в корректор системы ЧПУ.

Дополнительную поднастройку некоторых инструментов выполняют в случае необходимости непосредственно на станке по результатам контрольных измерений обработанных поверхностей. Изменение некоторых размеров обрабатываемых поверхностей возможно за счет введения коррекции на пульте управления. Проще всего корректируется длина обработки по координате Z . Часто коррекцию вводят на радиус фрезы при работе в режиме круговой интерполяции (например, при обработке отверстий, криволинейного наружного контура и в других случаях).

Расстановку инструментов в гнезда магазина, револьверной головки и др. выполняют в соответствии с программной картой. При этом необходимо тщательно сверить номер инструмента (оправки) с номером гнезда магазина, а на станках, где кодируется номер инструмента, установить соответствующую кодовую комбинацию на хвостовике оправки.

При установке в магазин особое внимание необходимо обращать на инструмент, работающий с первоначально ориентированным шпинделем, так как он должен быть установлен в ячейку определенным образом. Кроме того, необходимо проверить: заточку инструмента; крепление сверлильных патронов на конусе оправки и сверл в патроне; крепление концевых фрез в переходных втулках; крепление инструмента в цанговых патронах; настройку резбонарезных патронов и закрепление метчика в переходной втулке; крепление насадных зенкеров и разверток на плавающих оправках; биение сверл и метчиков при установке в патроны с целью его уменьшения.

Если прибор для настройки инструмента вне станка отсутствует, длину инструмента определяют на станке. В зависимости от значения координаты Z измеряют длину инструмента от торца шпин-

деля до вершины режущей кромки или определяют отклонение действительной длины инструмента от запрограммированной.

При обработке с применением СОЖ необходимо проверить состояние защитных элементов станка, отсутствие щелей между элементами защиты, работу насоса и наличие СОЖ в системе.

Комплексной проверкой качества наладки на станке с ЧПУ является изготовление по УП годной детали, качество которой оценивает измерительная лаборатория.

При нормальной эксплуатации станка с ЧПУ в случае повторной обработки заготовки необходимо не реже раза в неделю пропустить тест-программу. В случае брака детали при работе по УП также вводят тест-программу, позволяющую установить ошибки при составлении программы, неисправность ЧПУ, неудовлетворительную работу приводов подачи, нарушение последовательности технологических команд и другие дефекты в функционировании станка.

По оценке результатов прогонки тест-программы определяют с участием наладчика или технолога неисправность в цепи, блоке или группе блоков. Дальнейшие действия характерны для конкретной конструкции УЧПУ и указаны в технической документации.

Контрольные вопросы

1. Как взаимодействуют рабочий-наладчик и рабочий-оператор при наладке станка с ЧПУ?
2. Расскажите о работе оператора при проверке функционирования станка с ЧПУ.
3. В чем особенности наладки токарного станка с ЧПУ?
4. В чем особенности установки зажимного приспособления на многоцелевом станке с ЧПУ?

Глава 10

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СТАНКОВ

10.1. Основы рационального использования станков

Техническая документация. Для каждого станка разрабатывают конструкторские документы, в которых содержатся графические и текстовые материалы, определяющие их устройство, а также необходимые данные для разработки технологии обработки, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта.

Часть конструкторских документов (технические условия, программа и методика испытаний и др.), а также документы на эксплуатацию и ремонт составляют комплект, который называется паспортом. В состав паспорта входят сведения о гарантиях изготовителя (поставщика).

В Руководстве по эксплуатации приводят общие сведения о станке, общий вид станка с указанием основных узлов и обозначением органов управления, кинематические схемы, схемы расположения подшипников, схемы смазывания и другие сведения, необходимые в эксплуатации; указывают габаритные размеры рабочего пространства, посадочные и присоединительные базы станка, габаритные размеры станка, сведения о порядке ремонта и др.

Правила безопасной работы на станке изложены в соответствующих разделах Руководства по эксплуатации при описании транспортирования станка, установки на месте эксплуатации, подготовки к монтажу, выполнения монтажа, демонтажа, наладки, пуска, контрольных испытаний, регулирования и первичной обкатки, а также в разделе «Электрооборудование».

Характер и виды технического обслуживания станков. Работа станочного оборудования зависит от правильности его эксплуатации. Рабочие-станочники, операторы, наладчики и мастера несут ответственность за техническое состояние и правильную эксплуатацию оборудования. Они обязаны хорошо знать работу оборудования и правила эксплуатации.

Система технического обслуживания оборудования служит для предотвращения или сведения к минимуму его простоев, обеспечения его нормальной работоспособности в течение всего срока службы и включает в себя следующие мероприятия:

- снабжение оборудования заготовками, инструментом, оснасткой, маслами, СОЖ и другими необходимыми компонентами;
- загрузку заготовок, ежедневное смазывание, доливку СОЖ, уборку стружки, чистку оборудования и т. п.;
- своевременное выявление и предупреждение неисправностей;
- устранение простейших отказов путем замены или восстановления отказавших деталей и сборочных единиц.

Техническое обслуживание оборудования должно быть плановым. Практика эксплуатации подтверждает, что внеплановое обслуживание приводит к резкому возрастанию отказов¹ оборудования, снижению его долговечности и общему росту производственных затрат.

¹ Отказ станка — это событие, заключающееся в нарушении его работоспособности.

Обслуживание системы смазывания заключается в следующем: замене отработанных масел (слив отработанного масла из резервуара, промывка и чистка резервуара, заполнение свежим маслом, пополнение масла в резервуарах); периодическом смазывании оборудования, сборе и сдаче отработанных масел; периодическом лабораторном контроле качества рабочих масел. Для каждой единицы оборудования в составе технической документации предусмотрена «Карта смазывания». Ежедневное смазывание оборудования и контроль за исправностью состояния системы смазывания проводят станочники.

Чистка оборудования. При резании образуется мелкая и пылевидная стружка (в процессе шлифования — шлам), которая оседает на оборудовании. При эксплуатации необходимо своевременно убирать оборудование (очищать от стружки, шлама и грязи, направляющие насухо протирать, а затем слегка смазывать тонким слоем масла). В конце каждой смены предусматривают 10...15 мин на уборку оборудования. Уборка оборудования во время работы запрещена во избежание травматизма.

Ручные способы уборки трудоемки и не обеспечивают хорошей очистки, а способ сдувания приводит к загрязнению окружающего оборудования и помещения. Рациональным способом отсасывания является применение вентиляционных установок, а также устройств, основанных на эффекте эжекции (индивидуальных или общих). Пыль или стружку собирают фильтрами, циклонами или комбинированными устройствами, а очищенный воздух выбрасывается в окружающую среду.

Уборка территории вокруг оборудования является обязанностью станочников. Не допускается работа оборудования без кожухов, предохраняющих пространство вокруг оборудования от стружки и брызг жидкости, без сборников СОЖ.

Уборка стружки. Уборку стружки на станках производит обслуживающий персонал. В том случае, когда нет централизованной цеховой системы уборки стружки, очистку тары для стружки производят по мере заполнения.

Обслуживание системы подачи СОЖ. Обслуживание централизованной (цеховой) системы подачи СОЖ производит специальная служба, а децентрализованной (состоящей из бака с отстойниками, фильтра и насосной установки) — станочник. Запас СОЖ используют в течение трех-четырех недель (при двухсменной работе), причем жидкость, количество которой уменьшилось вследствие испарения, разбрызгивания, уноса с изделиями и стружкой, периодически пополняют. После установленного срока работы СОЖ заменяют полностью.

Активное наблюдение за работой оборудования. Обслуживающий персонал осуществляет активное наблюдение за состоянием оборудования. При активном наблюдении ра-

бочий постоянно получает информацию о состоянии оборудования и принимает меры для того, чтобы не допускать возникновения отказа, а в случае возникновения — остановить оборудование.

Режущий инструмент быстро изнашивается, за ним необходимо постоянно наблюдать. При стабильной стойкости инструмента целесообразно применять систему его принудительного осмотра и замены. При большом диапазоне колебаний периодов стойкости вводят принудительные осмотры режущих инструментов примерно через каждую треть расчетного периода стойкости. Производя осмотр, рабочий заменяет лишь затупленные инструменты.

Результаты измерения обработанных деталей являются наиболее надежным критерием оценки состояния режущих инструментов. Некоторые инструменты, предназначенные для предварительной обработки, например сверла, при значительном затуплении начинают скрипеть, что является дополнительным сигналом о необходимости их замены до окончания периода стойкости. Другие инструменты, например резцы и концевые фрезы, при значительном затуплении оставляют характерные кольцевые затертые полосы на обработанной поверхности. При периодическом осмотре инструментов необходимо обращать внимание на изнашивание задних поверхностей инструментов.

Восстановление работоспособности оборудования. Во время работы станков возникают отказы, которые устраняет обслуживающий персонал. Он же производит смену и подналадку инструментов, в том числе замену сломанных и изношенных.

Контрольные вопросы

1. Какими техническими документами регламентируется эксплуатация станков?
2. Какие виды технического обслуживания вы знаете?
3. Как производится наблюдение за работой станков?
4. В чем заключается восстановление работоспособности станков?

10.2. Правила эксплуатации токарных станков.

Типовые отказы и методы их устранения

При работе с высокими скоростями резания особое внимание должно быть уделено правильному и надежному закреплению заготовок.

Правила закрепления заготовок и эксплуатации приспособлений на токарных станках, а также приемы удаления стружки при выполнении токарных операций приведены в подразд. 4.11.

Отказы при точении и способы их устранения. Точность при чистовых видах точения может достигать 7...8-го качества, а шероховатость обработанной поверхности — 1,6...3,2 мкм. В табл. 10.1 приведены основные причины отказов при токарной обработке цилиндрических поверхностей, торцов и нарезании резьбы резцом.

Рассмотрим приемы выполнения некоторых токарных операций, не получивших отражение в табл. 10.1.

Таблица 10.1

Отказы токарных станков и способы их устранения

Отказы токарных станков и их причины	Способы устранения
Точение цилиндрических поверхностей	
Конусность обработанной поверхности: несоосность пиноли задней бабки с осью шпинделя большой вылет заготовки из кулачков патрона, в связи с чем происходит ее отжим отжим резца в резцедержателе повышенный износ резца	Совместить оси пиноли задней бабки и шпинделя Поджать заготовку задним центром, применить проходной упорный резец Надежно закрепить резец Заменить резец, уменьшить режимы резания
Овальность обработанной поверхности: неравномерный износ переднего подшипника шпинделя	Отремонтировать станок
Бочкообразность обработанной поверхности: прогиб нежесткого вала	Уменьшить глубину резания и подачу; применить проходной упорный резец, дополнительную опору-люнет; установить резец выше линии центров
Седлообразность обработанной поверхности: отжим заднего центра повышенный износ направляющих у задней бабки, задний центр расположен ниже переднего	Уменьшить вылет пиноли и прочно ее закрепить Отремонтировать станок
Отклонение от соосности поверхностей детали:	

Отказы токарных станков и их причины	Способы устранения
радиальное биение рабочих поверхностей кулачков патрона или переднего центра Чернота на обработанной поверхности: малый припуск повышенная кривизна заготовки смещение заготовки в патроне смещение центровых отверстий относительно оси заготовки Неудовлетворительная шероховатость обработанной поверхности: большая подача; малая скорость резания малый радиус закругления резца изношен резец нежесткое крепление резца и заготовки увеличенные зазоры в направляющих суппорта	Расточить кулачки патрона; применить разрезную втулку, расточенную по диаметру закрепляемой поверхности заготовки; заменить передний центр или проточить на месте его рабочий конус Проверить заготовки и, если необходимо, изменить их размер Отбраковать негодные заготовки Переустановить заготовку Устранить смещение центровых отверстий Установить правильные режимы резания Установить резец с большим радиусом закругления вершины резца Заточить резец Уменьшить вылет резца из резцедержателя; применить более жесткое крепление заготовки на станке Отрегулировать зазоры в направляющих суппорта
Обработка торцов	
Отклонение от плоскостности торца: большая глубина резания и подачи нежесткое крепление резца боковой сдвиг суппорта во время резания Торец перпендикулярен оси детали:	Обработать торец окончательно при малой глубине резания и подаче. При положительных результатах необходимо изменить режимы Уменьшить вылет резца из резцедержателя Закрепить каретку на станине

Отказы токарных станков и их причины	Способы устранения
перекос заготовки в патроне Часть торца осталась необработанной: малый припуск перекос торца заготовки или неправильная ее установка в патроне Неудовлетворительная шероховатость обработанной поверхности (см. точение цилиндрических поверхностей): прогиб детали под действием сил резания Неудовлетворительная шероховатость обработанной поверхности: большая или неравномерная подача работа без СОЖ большой износ резца	Переустановить заготовку в патроне Проверить заготовки Отобрать годные заготовки. Правильно установить заготовку в патроне Уменьшить поперечную подачу Уменьшить подачу Применить СОЖ Заменить резец
Нарезание резьбы резцом	
Неполная высота профиля или срыв вершин профиля резьбы: неправильный выбор заготовки под резьбу Перекас профиля резьбы: неправильная установка резца Отклонение от угла профиля резьбы: неправильная заточка угла профиля резца Стороны профиля резьбы непрямолинейны в осевом направлении: установка резца не на уровне линии центров станка	Выбрать диаметр заготовки по рекомендациям ГОСТ 19257—73 и ГОСТ 19258—73, уточнить его при нарезании пробных заготовок Установить резец относительно оси детали по шаблону Заменить резец Установить резец по высоте линии центров станка

Отказы токарных станков и их причины	Способы устранения
Отклонение от шага резьбы: неправильная настройка станка на шаг Первый виток резьбы утолщен, проходной калибр не навинчивается: отжим резца в момент врезания Неудовлетворительная шероховатость обработанной поверхности резьбы: большой износ резца неправильный выбор СОЖ	Проверить настройку шага по таблице коробки подачи, а при настройке станка со сменными зубчатыми колесами проверить расчет и подбор колес Изменить припуск на нарезание первого витка Заменить резец Подобрать СОЖ

Разрезание заготовок на токарных станках выполняют отрезными резцами, которые по конструктивному исполнению могут быть прямыми и обратными. Прямые отрезные резцы имеют длинную и узкую головку для прорезания заготовки до центра и обеспечивают минимальный отход материала в стружку. Однако они обладают недостаточной прочностью и жесткостью, поэтому место реза должно находиться как можно ближе к кулачкам патрона, на расстоянии не более одного диаметра заготовки. Отрезной резец устанавливают строго на уровне линии центров станка и перпендикулярно оси заготовки.

При разрезании заготовок больших диаметров возможна поломка резца в конце прохода в результате того, что тонкая перемычка под действием сил тяжести и резания прогибается и отрезной резец защемляется в прорези. В этом случае необходимо вывести резец из прорези, не доходя до центра примерно 1,5 ... 2,0 мм, выключить вращение шпинделя и отпилить отрезаемую часть вручную. В процессе резания запрещается поддерживать руками отрезаемую часть заготовки. Выход стружки из узкой и глубокой прорези сильно затруднен, поэтому разрезание следует выполнять постепенным расширением прорези.

Перед сверлением, зенкерованием или развертыванием токарный станок следует тщательно выверить на соосность центров.

Важными условиями проведения операции сверления являются: прочное закрепление заготовки; перпендикулярность ее торца оси вращения; отсутствие на торце выпуклостей; задание первоначального направления сверлу. Для этого заготовку в станочном приспособлении устанавливают с возможно меньшим вылетом, а торец перед сверлением гладко подрезают. Для задания первоначального направления сверлу в центре торца делают углубление центровочным сверлом или коротким жестким сверлом; глубина сверления должна быть приблизительно равна диаметру получаемого отверстия (см. также подразд. 10.4).

Сверление отверстий большого диаметра с ручной подачей затруднено из-за необходимости приложения больших усилий со стороны токаря, поэтому отверстия диаметром свыше 20 мм следует обрабатывать последовательно двумя сверлами. Диаметр первого сверла выбирают примерно равным половине диаметра получаемого отверстия. Благодаря этому перемычка второго сверла не участвует в резании и, соответственно, усилие подачи значительно снижается.

Опиливание применяют для зачистки поверхностей, удаления заусенцев, снятия небольших фасок и т. п. Его выполняют напильниками разнообразной формы, с различной насечкой и только с целой и плотно насаженной ручкой.

Так как опиливание производят вручную, то для предотвращения травмирования токарь должен стоять под углом примерно 45° к оси центров станка, с разворотом вправо. Ручку напильника следует зажимать в левой руке, а противоположный его конец удерживать пальцами правой.

Полирование применяют для снижения шероховатости обработанных поверхностей. Его осуществляют шлифовальными шкурками различной зернистости. Во время полирования шкурку удерживают пальцами либо правой руки, либо обеих рук (передний край шкурки необходимо удерживать левой рукой, а противоположный — правой).

Удерживать шкурку на детали путем охвата ее рукой нельзя, так как она может намотаться на деталь и защемить пальцы.

Обычно в суппорте токарного станка закрепляют одновременно несколько резцов, поэтому при опиливании и полировании следует остерегаться порезов рук острыми кромками резцов, а также при повороте резцовой головки, осуществлении измерений.

Контрольные вопросы

1. Какие правила закрепления заготовок на токарных станках вам известны?
2. Какие отказы и причины их появления при обработке цилиндрических поверхностей и торцов вы знаете?

10.3. Правила эксплуатации фрезерных станков. Типовые отказы и методы их устранения

Обслуживание станка. Проверить легкость перемещения стола станка во всех направлениях ручными подачами, при необходимости ослабить стопорные устройства и установить стол в положение, удобное для установки фрезы.

При возникновении вибраций остановить станок и принять меры к их устранению, проверить состояние и крепление фрезы, надежность закрепления заготовки и приспособления, выбранные режимы резания.

Установка и смена фрезы. Перед установкой фрезы на станок проверить:

- качество заточки — режущие кромки не должны иметь выкрашиваний, трещин и прижогов;
- надежность и прочность крепления режущих зубьев в корпусе фрезы, а также степень их износа при условии, что фреза находилась в эксплуатации; если режущие кромки фрезы затупились или выкрошились, то фрезу необходимо заменить;
- посадочные поверхности фрезы, оправки, переходных втулок, цанги и шпинделя, а также торцы установочных колец, чтобы на них не остались загрязнения и волокна от обтирочного материала.

При установке и съеме фрез остерегаться ранений рук о режущие кромки. Для этого необходимо использовать рукавицы или предварительно надевать на фрезу кожухи, закрывающие ее режущие зубья.

При фиксировании хвостовика оправки или фрезы в шпинделе станка следует убедиться в том, что он садится плотно, без люфта. Фиксацию осуществляют, включив коробку скоростей во избежание проворачивания шпинделя.

После закрепления фрезы проверить биение ее режущих кромок. Настроить коробки скоростей и подач на заданные режимы, а также установить и закрепить упоры автоматического выключения подач.

Для снятия фрезы или оправки со стола применять специальную выколотку, предварительно разместив на столе станка деревянный лоток, предотвращающий порчу как инструмента, так и стола станка.

Установка заготовок и зажимных приспособлений. Перед установкой заготовок на стол станка или в приспособление очистить их от загрязнений; особое внимание обратить на состояние базовых поверхностей; при наличии на базовых поверхностях заусенцев, грата и других неровностей необходимо удалить их слесарным инструментом.

Места крепления заготовки следует выбирать как можно ближе к обрабатываемой поверхности. Особое внимание должно быть уделено состоянию поверхности стола.

Перед установкой заготовки на стол станка необходимо тщательно очистить его от загрязнений и стружки. В случае крепления заготовки на необработанные поверхности следует применять захваты с насечкой.

Если обработку производят в приспособлении, то необходимо выполнить следующие работы:

- перед установкой приспособления протереть стол и посадочные места приспособления;
- при подналадке положения приспособления на столе станка применять только молотки со вставками из мягкого материала (меди, латуни);
- в случае крепления заготовки за необработанные поверхности необходимо оснастить тиски прижимными губками с насечкой;
- закрепляя заготовки в тисках за обработанные поверхности, их необходимо оснастить нагубниками из мягкого металла;
- при закреплении цилиндрических заготовок в патроне делительной головки следует применять разрезные втулки из мягкого металла и прокладывать фольгу.

Удалять стружку со стола после снятия каждой обработанной детали с помощью капроновых, волосяных или щетинных щеток (для этой цели может быть использован пылесос).

Производить установку и съем тяжелых заготовок и приспособлений (с массой более 20 кг) только с помощью подъемных устройств; освобождать заготовку от подвески разрешается только после ее установки и надежного закрепления на станке.

Приемы работы на фрезерном станке:

- заготовку подавать к фрезе только после включения вращения шпинделя, при этом механическую подачу включать до соприкосновения фрезы с заготовкой;
- перед остановкой станка необходимо сначала выключить подачу, затем отвести фрезу от обрабатываемой детали и выключить вращение шпинделя;
- отводить фрезу на безопасное расстояние, чтобы не повредить руки о ее режущие кромки при съеме обработанной детали или ее измерении на станке;
- регулировать правильность подвода СОЖ в зону резания;
- избегать размещения на столе станка режущих, вспомогательных и измерительных инструментов, а также других заготовок и ранее обработанных деталей.

Отказы при фрезеровании и способы их устранения. При наладке операции фрезерования особое внимание следует обращать на жесткое и надежное крепление заготовки и инструмента. Биение режущих кромок фрез не должно быть боль-

ше, чем предусмотрено чертежом. В отдельных случаях целесообразно применить виброгасящие устройства.

Обычная точность при фрезеровании находится в пределах 9...11-го качества, а шероховатость обработанной поверхности $Ra\ 1,6\ldots 6,3\ \mu\text{м}$.

В табл. 10.2 приведены причины отказов при фрезеровании плоскостей, прямоугольных и фасонных пазов и канавок, уступов с одной или двух сторон.

Таблица 10.2

Отказы фрезерных станков и способы их устранения

Отказы фрезерных станков и их причины	Способы устранения
Фрезерование плоскостей	
Выход фрезы после обработки заготовки	Не прекращать подачу стола до полного выхода заготовки из-под фрезы
Следы вибраций на обработанной поверхности: не закреплены консоль, хобот или подвеска	Закрепить консоль, хобот и подвеску
Волнистость поверхности: большая подача	Уменьшить подачу
Фрезерование прямоугольных и фасонных пазов и канавок	
Несоответствие ширины паза размеру, указанному на чертеже: неверно подобран размер фрезы, фреза изношена, большое биение торцов дисковой фрезы или радиальное биение концевой фрезы	Заменить фрезу, проверить оснастку
Глубина паза не соответствует размеру, указанному на чертеже неправильная настройка по шкале лимба подач	Внести поправку в настройку на величину фактической погрешности размера
Уступ на поверхностях паза: прекращение подачи стола во время фрезерования	Не прекращать подачу стола до полного выхода заготовки из-под фрезы

Отказы фрезерных станков и их причины	Способы устранения
Неудовлетворительная шероховатость обработанной поверхности: большая подача на зуб фрезы, малая скорость резания не закреплены хобот, подвески, консоль отсутствие или неправильный выбор СОЖ	Изменить режимы фрезерования (уменьшить подачу, увеличить скорость) Закрепить хобот, подвески, консоль Применить СОЖ в соответствии с техническими рекомендациями
Фрезерование уступов с одной или двух сторон	
Ширина уступа не соответствует размеру, указанному на чертеже: биение торцов дисковой фрезы или радиальное биение концевой фрезы; неправильная настройка по шкале лимба	Устранить биение путем переустановки фрезы, замены ее или оснастки. Внести поправку в настройку подачи на величину фактической погрешности размера
Глубина уступа не соответствует размеру, указанному на чертеже: неправильно выполнена настройка по шкале лимба	Внести поправку в настройку подачи на величину фактической погрешности размера
Неудовлетворительная шероховатость обработанной поверхности: большая подача на зуб фрезы, малая скорость резания отсутствие или неправильный выбор СОЖ не закреплены консоль, хобот или подвеска, не отрегулированы салазки	Изменить режимы фрезерования (уменьшить подачу, увеличить скорость) Применить СОЖ в соответствии с техническими рекомендациями Закрепить консоль, хобот, подвеску, отрегулировать зазор в салазках

Контрольные вопросы

1. Назовите правила установки и смены фрез на фрезерных станках.
2. Какие отказы и причины их появления при фрезеровании плоскостей вы знаете?

10.4. Правила эксплуатации сверлильных станков.

Типовые отказы и методы их устранения

Обслуживание станка. В случае заедания инструмента в заготовке или при проворачивании ее на столе вместе с инструментом немедленно остановить станок.

При перемещении шпиндельной бабки по траверсе радиально-сверлильного станка сильно не разгонять ее.

Не наклоняться близко к вращающемуся шпинделю для наблюдения за ходом обработки.

По возможности не применять при работе патроны и приспособления с выступающими частями. Если они есть, то необходимо их оградить.

После снятия со станка обработанной детали или приспособления вынуть все болты из пазов стола и убрать их в установленное место.

При снятии инструмента выбивать его только клином, специально предназначенным для этой цели и соответствующим по размерам конусу. Для выбивания применять латунные, медные или незакаленные стальные молотки, чтобы предотвратить образование осколков, которые могут нанести травму рабочему.

При транспортировании заготовок и обработанных деталей стропы следует размещать с учетом положения центра тяжести заготовок.

При пользовании стропом проверить дату (она указана на кольце, находящемся на одном из его концов), до которой гарантируется его прочность. Запрещается использовать для транспортирования поврежденные стропы, а также проволоку или веревки.

Удалять стружку из обрабатываемого отверстия только после остановки шпинделя и отвода инструмента. Для удаления мелкой стружки из глухих отверстий и полых заготовок стальных и чугунных деталей применять специальные магнитные стружкоудаляющие устройства. Запрещается использование сжатого воздуха для выдувания стружки.

После настройки радиально-сверлильного станка надежно зафиксировать его траверсу в требуемом положении.

Установка и смена инструмента. Установку инструментов производить при полном останове станка, остерегаясь порезов рук о режущие кромки. Следить за надежностью и прочностью его крепления, а также за центрированием. Смену инструмента без остановки станка производить только при наличии специального быстросменного патрона.

Жестко и прочно закрепить режущий и вспомогательный инструменты. Следить за тем, чтобы хвостовики инструментов и оправок были тщательно пригнаны к конусу шпинделя. Перед уста-

новой инструмента осмотреть и протереть посадочные поверхности. Забоины на этих поверхностях не допускаются.

При креплении в сверлильном патроне инструмента конец его хвостовика должен упираться в дно гнезда патрона.

При нарезании резьб метчиками, особенно в глухих отверстиях, необходимо закрепить инструмент в предохранительном патроне.

Установка заготовок и зажимных приспособлений. Перед установкой заготовки на станок проверить состояние базовых поверхностей. Надежно закрепить заготовку на станке независимо от ее габаритного размера и массы, при креплении использовать только исправный инструмент.

При установке заготовки на набор мерных подкладок использовать возможно меньшее их число.

Крепление заготовки производить в местах, имеющих сплошные опоры; такое крепление исключает возможность деформации и срыва заготовки в процессе обработки.

В качестве крепежных элементов необходимо применять высокие гайки, опорная поверхность которых закалена. Гайки со смятыми поверхностями не применять.

Приемы работы на сверлильном станке. Перед окончанием работы обязательно отвести инструмент от обрабатываемой детали.

При затуплении инструмента, его поломке, а также при выкрашивании кромок у твердосплавных режущих пластин остановить станок и заменить инструмент.

При сверлении отверстий подачу врезания осуществлять вручную, а механическую подачу включать после полного входа в материал режущих кромок сверла.

Сверление глубоких отверстий выполнять в два приема: сначала отверстие сверлить на глубину, равную 5...6 диаметрам, обычным сверлом, затем на заданную глубину — удлиненным сверлом.

При обработке глубоких отверстий периодически выводить режущий инструмент из отверстия, очищать его кисточкой или щеткой от стружки и производить подачу СОЖ.

При сверлении полых заготовок или заготовок, у которых поверхность на выходе сверла расположена под углом к оси его вращения, применять автоматическую подачу и использовать фигурные подкладки. При обработке отверстий в тонких пластинах и полосах закреплять их в специальных приспособлениях.

Отказы при сверлении, зенкеровании, развертывании и способы их устранения.

Точность сверления не превышает 13-го качества, а шероховатость обработанной поверхности Ra 6,3... 12,5 мкм.

При наладке операции сверления необходимо обращать внимание на состояние режущего инструмента, надежное его крепление, своевременную смену и т.д.

Зенкерование применяют в основном для получистовой обработки просверленных, литых и кованных отверстий, изредка — для чистовой обработки. Достижимая при этом точность соответствует 9...12-му квалитетам, а шероховатость поверхности $Ra\ 3,2...6,3\ \text{мкм}$.

Зенкеры работают подобно сверлу при рассверливании отверстия. Поэтому многие причины отказов аналогичны причинам отказов при сверлении. Если при зенкеровании встретятся отказы, не отмеченные в разд. «Зенкерование» табл. 10.3, то искать их нужно в разделе «Сверление» той же таблицы.

Развертывание применяют для окончательной обработки отверстий с малой шероховатостью и высокой точностью, производят после предварительной обработки сверлом, зенкером или расточным резцом.

Шероховатость поверхности отверстий после развертывания $Ra\ 0,63...2,5\ \text{мкм}$, а точность достигает 7...8-го квалитетов.

Для получения повышенной точности обработки припуск снимают последовательно несколькими развертками.

Причинами отказов, как правило, являются нарушения технологии обработки, неудовлетворительная наладка станка, неправильная эксплуатация инструмента и т.д.

Основные причины отказов при выполнении операций сверления, зенкерования и развертывания, выполняемых на сверлильных станках, приведены в табл. 10.3.

Таблица 10.3

Отказы сверлильных станков и способы их устранения

Отказы сверлильных станков и их причины	Способы устранения
Сверление	
Неудовлетворительное качество обработанной поверхности: изношенный или неправильно заточенный инструмент большая подача недостаточное количество СОЖ или неправильный ее выбор сверло имеет биение режущих кромок	Заменить сверло Уменьшить подачу Увеличить подачу или заменить СОЖ на рекомендуемую Переустановить сверло и переходную втулку, заменить их другими
Диаметр обработанного отверстия больше требуемого: увеличен диаметр сверла	Заменить на сверло с меньшим диаметром

Отказы сверлильных станков и их причины	Способы устранения
неравные углы в плане у режущих кромок или разной длины режущие кромки, смещение поперечной режущей кромки сверла большой зазор между сверлом и переходной втулкой или большое биение шпинделя станка биение конусного отверстия шпинделя станка или конуса сверла	Заменить сверло Заменить втулку. Отрегулировать биение шпинделя Устранить биение шпинделя станка, проверить биение патрона или переходной втулки, биение сверла
Смещение отверстия: биение сверла в шпинделе станка сверло уводит в сторону неправильная установка и слабое крепление заготовки на столе станка неправильная разметка заготовки	Устранить биение сверла Проверить правильность заточки и биение сверла. Заменить сверло Проверить установку заготовки и надежно закрепить ее на столе станка Правильно разметить заготовку
Отклонение от перпендикулярности оси отверстия в плоскости: неперпендикулярность поворотного стола станка шпинделю попадание стружки под базовую поверхность заготовки неодинаковые по размеру подкладки неисправное и неточное приспособление	Проверить положение стола и при необходимости выставить его При установке заготовки очищать ее и стол от стружки и загрязнения Заменить подкладки Проверить и отремонтировать приспособление
Увеличенная глубина сверления: неправильная установка упора на глубину сверления	Переустановить упор на требуемую глубину сверления

Отказы сверлильных станков и их причины	Способы устранения
Быстрое изнашивание режущих кромок и уголков сверла: завышение режимов резания (скорости или подачи) неправильная заточка (велик задний угол) сверло проворачивается в патроне плохое прилегание конусной поверхности хвостовика сверла и переходной втулки Выкрашивание режущих кромок: твердые включения или раковины в заготовке высокая скорость резания недостаточное охлаждение или неправильный выбор СОЖ Поломка лапки хвостовика: плохое прилегание хвостовика сверла к конусу переходной втулки заусенцы и стружка в переходной втулке Поломки рабочей части сверла: большой износ сверла большие зазоры в шпиндельном узле перегрузка сверла из-за увеличенных режимов резания забивание спиральной канавки сверла стружкой малый задний угол сверла раковины и неоднородность	Уменьшить режимы резания до нормативных Заменить сверло Надежно закрепить сверло Заменить переходную втулку Заменить заготовку Уменьшить скорость резания до нормативной Увеличить количество подаваемой СОЖ или заменить ее на рекомендуемую Заменить переходную втулку Зачистить заусенцы и насухо протереть переходную втулку и хвостовик сверла Своевременно переточить сверло Отрегулировать зазор в шпиндельном узле Уменьшить режимы резания до нормативных Чаше выводить сверло из отверстия и удалять стружку Заменить на сверло с увеличенным задним углом Заменить заготовку

Отказы сверлильных станков и их причины	Способы устранения
Зенкерование	
Не выдержан размер отверстия по диаметру:	
неправильный выбор диаметра зенкера	Заменить зенкер
биение заборной части зенкера	Заменить зенкер
биение заборной части зенкера на станке	Проверить шпиндельный узел и оснастку, устранить биение
большой износ зенкера	Заменить зенкер
Часть поверхности отверстия осталась необработанной (чернота в отверстии):	
малый припуск	Проверить заготовки, увеличить припуск
установка заготовки с большим смещением	Совместить ось отверстия заготовки с осью зенкера
Неудовлетворительная шероховатость поверхности:	
большой износ зенкера	Заменить зенкер
завышение подачи	Уменьшить подачу
велик припуск	Уменьшить припуск
налипание металла на ленточку зенкера при обработке вязкого металла	Уменьшить ширину ленточек, изменить режимы резания
несоответствие СОЖ	
обрабатываемому металлу или	
недостаточное ее количество	Заменить СОЖ на рекомендуемую или обеспечить обильную подачу СОЖ в зону резания
Развертывание	
Не выдержан размер отверстия по диаметру:	
неправильно выбран диаметр развертки	Заменить развертку
биение заборной части развертки	Проверить шпиндельный узел, инструмент и оснастку, устранить биение
неправильная заточка заборной части развертки	Заменить на развертку с допустимым биением заборной части
Конусообразное отверстие:	
смещение оси заготовки относительно оси шпиндельного узла	Применить для крепления развертки плавающий патрон

Отказы сверлильных станков и их причины	Способы устранения
Следы предварительной обработки отверстия: недостаточный припуск под развертывание грубая обработка отверстия под развертывание	Увеличить припуск, изменив размер предварительной обработки заготовки Выдержать шероховатость поверхности и точность предварительно обработанного отверстия в соответствии с нормативными требованиями
Следы вибраций на поверхности отверстия: завышение припуска под развертывание при заточке развертки не выдержаны задний угол и угол заборного конуса смещение оси развертки относительно оси обрабатываемого отверстия заготовки	Уменьшить припуск до нормативного Заменить развертку Применить крепление развертки в качающемся или плавающем патроне
Надиры и выхваты на поверхности отверстия: развертка плохого качества или изношенная нерациональная скорость резания завышенный припуск на обработку недостаточное число проходов развертками завышенная ширина ленточки на зубе развертки (особенно заметна при обработке вязких материалов) несоответствие СОЖ обрабатываемому материалу или недостаточное ее количество	Заменить развертку Установить нормативную скорость резания Установить нормативный припуск Установить рекомендуемое число проходов развертки Уменьшить ширину ленточки на зубе развертки Применить рекомендуемую СОЖ или увеличить ее подачу в зону обработки

Контрольные вопросы

1. Какие требования предъявляют к установке заготовок на сверлильных станках?
2. Какие отказы при сверлении отверстий возникают? Каковы способы их устранения?

10.5. Правила эксплуатации шлифовальных станков.

Типовые отказы и методы их устранения

Обслуживание станка. При установке на станок сменных шлифовальных шпинделей, шкивов, патронов, оправок и приспособлений тщательно протереть посадочные поверхности станка и устанавливаемых элементов. Периодически проверять усилие натяжения приводных ремней и плавность их работы.

Биение шпинделя шлифовального станка не должно превышать значений, установленных техническими требованиями на станок, иначе биение может привести к снижению точности обработки и даже к разрыву круга.

Все абразивные инструменты, выступающие концы шпинделя и вращающиеся крепежные элементы должны быть ограждены защитными кожухами, прочно прикрепленными к станку.

На станках, имеющих кожухи с регулируемыми козырьками, следует (по возможности) работать с уменьшенными углами раскрытия. Зазор между кругом и верхней кромкой раскрытия подвижного кожуха, а также между кругом и предохранительным козырьком не должен превышать 6 мм.

Зазор между боковыми стенками защитного кожуха и фланцами для крепления круга наибольшей высоты, применяемого на данном станке, должен находиться в пределах 5...10 мм. При работе съемная крышка защитного кожуха должна быть надежно закреплена.

Шлифовальные станки, предназначенные для работы с окружной скоростью круга 60 м/с и более, должны иметь дополнительные защитные устройства в виде металлических экранов и ограждений, закрывающих рабочую зону во время шлифования, и щитков, закрывающих открытый участок круга при отводе последнего.

На станках, где шлифование осуществляют с окружной скоростью, превышающей 40 м/с, защитный кожух должен иметь соответствующую окраску (ГОСТ 12.4.026—76), отличающуюся от окраски станка.

При работе на станках с автоматическим переключением подач во избежание защемления рук шлифовщика с помощью упора установить щитки, закрывающие рычаги переключения.

На станках с движущимся столом оградить зону выхода стола.

Проверить исправность работы механизмов, наличие смазки и СОЖ в соответствующих системах.

Перед включением станка убедиться в исправности и правильности установки и закрепления исполнительных органов станка и ограждающих устройств. Экраны должны быть расположены так, чтобы предотвратить попадание шлифовального шлама, брызг СОЖ в рабочую зону обслуживающего персонала.

Во время обработки на шлифовальном станке, а также при правке круга шлифовщик не должен приближаться близко к шлифовальному кругу или вращающейся заготовке.

Контролировать равномерность износа по всей ширине рабочей поверхности круга и не допускать контакта зажимного фланца с заготовкой. Если диаметр круга уменьшился вследствие износа, частота его вращения может быть увеличена, однако рабочая окружная скорость не должна превышать допустимую для данного круга.

При работе с СОЖ следить за тем, чтобы она омывала шлифовальный круг по всей рабочей поверхности и своевременно отводилась в бак. Не допускать погружение круга в бак.

Не прикасаться к движущейся заготовке и шлифовальному кругу до полного их останова. Измерения производить после отвода шлифовального круга на безопасное расстояние.

Править круг только специальным инструментом, надежно закрепленным в приспособлении. Правку по возможности вести при обильном охлаждении.

Во время работы станка запрещается производить его чистку, открывать или снимать ограждения, отключать предохранительные устройства, а также очищать остановленный станок и отстойник бака от шлама, грязи и абразивной пыли.

Установка и закрепление шлифовальных кругов. Перед началом работы убедиться в надежности крепления и прочности круга, для чего обеспечить его вращение вхолостую на рабочей скорости в течение 2 мин при диаметре круга до 400 мм и в течение 5 мин при диаметре 400 мм и более.

Проверить наличие прокладок между зажимными фланцами планшайбы и кругом, а также не ослаблены ли крепежные элементы, фиксирующие фланцы. Установить на шпиндель станка планшайбу в сборе со шлифовальным кругом после ее балансирования. Оберегать сборку от ударов и при необходимости хранить в вертикальном положении.

Установка заготовок. При установке и закреплении заготовок на круглошлифовальных станках проверить состояние отверстий в заготовках, состояние опорных центров, поводковых устройств, патронов и приспособлений. Для безопасного шлифования длинных заготовок следует использовать люнет.

При установке и закреплении заготовок на плоскошлифовальных станках проверить правильность расположения заготовки путем ручного перемещения стола (если это невозможно, то с помощью линейки), а также расположения крепежных элементов (шлифовальный круг должен свободно проходить над ними).

При закреплении заготовок на электромагнитных приспособлениях проверить действие блокирующих устройств, которые должны автоматически выключать движение стола и вращение шпинделя при прекращении подачи электроэнергии.

Приемы работы на шлифовальных станках. Следить за работой механизмов станка. При нагреве подшипников свыше 60 °С или при появлении необычного шума прекратить работу и принять меры к устранению неисправностей.

Прежде чем остановить станок, необходимо выключить подачу и отвести круг от заготовки.

По окончании работы с использованием СОЖ выключить ее подачу или вывести шлифовальный круг из жидкости и просушить его на холостых оборотах в течение 2...5 мин.

Отказы при круглом наружном и плоском шлифовании и способы их устранения. При окончательной обработке деталей с малыми припусками (до 0,5 мм) наиболее производительным и экономичным процессом является шлифование.

К преимуществам круглого наружного шлифования относятся высокая точность размеров (погрешность 2...4 мкм и менее), высокая точность формы (например, отклонения от цилиндричности 1...2 мкм и от круглости 0,3...0,5 мкм), малая шероховатость обработанной поверхности (0,63...1,25 мкм, а в отдельных случаях 0,16...0,32 мкм) и высокая производительность обработки.

Одним из видов окончательной обработки плоских поверхностей деталей является плоское шлифование. Обработка может осуществляться торцом или периферией круга.

Причины отказов и способы их устранения при выполнении операций круглого наружного и плоского шлифования приводятся в табл. 10.4.

Таблица 10.4

Отказы шлифовальных станков и способы их устранения

Отказы шлифовальных станков и их причины	Способы устранения
Следы вибраций, волнистость: неуравновешенность круга, шпиндельного узла или ротора электродвигателя	Тщательно балансировать круг, шпиндельный узел или ротор (балансировку круга производить до и после его правки)
применение слишком твердого либо мелкозернистого круга	Подобрать круг с надлежащими характеристиками
неправильная или несвоевременная правка круга	Проверить алмаз, жестко его закрепить, повторить правку на рекомендуемых режимах
неплотная посадка на шпинель станка фланца для крепления круга	Заменить фланец
неправильный угол центров и центрального отверстия, неточное их прилегание или чрезмерный износ центров	Проверить центры, центровые отверстия и их прилегание и устранить недостатки, улучшить смазывание центров

Отказы шлифовальных станков и их причины	Способ устранения
недостаточное крепление передней или задней бабки на столе чрезмерные зазоры в опорах шлифовальной бабки слабое крепление заготовки зазубрины на кромке круга применение чрезмерно крупнозернистого круга	Зажать крепежные болты Уменьшить зазоры Усилить крепление заготовки и увеличить натяг пружины задней бабки Закруглить кромки Подобрать круг соответствующей зернистости
Равномерно расположенные узкие и глубокие следы грубой обработки: неправильный режим правки, установка алмаза не соответствует техническим рекомендациям	Снизить продольную подачу алмаза. Обеспечить равномерную подачу вдоль образующей круга. Проверить состояние алмаза и чаще его поворачивать. Установить инструмент для правки под углом 5° книзу и 30° в сторону. Плотно закрепить державку. Окончательный проход при правке производить в направлении, противоположном подаче
Широкие неравномерно расположенные риски разной глубины: применение чрезмерно мягкого круга или круга с засаленными и заглаженными участками, завышение режима шлифования	Подобрать более твердый круг или провести его правку. Проверить и подобрать режимы шлифования
Неравномерные грубые следы обработки: загрязненность СОЖ слабое крепление шлифовального круга	Очистить резервуар и профильтровать СОЖ. Промыть сильной струей кожух станка после правки круга и при переходе на работу другим кругом Тщательно затянуть во фланцах крепежные болты круга

Отказы шлифовальных станков и их причины	Способы устранения
Прижоги и трещины на обработанной поверхности: применение круга высокой твердости занижение скорости вращения заготовки недостаточная подача СОЖ в зону резания увеличенная поперечная подача проскальзывание круга во фланцах или приводного ремня шлифование притупленным кругом правка круга выполнена притупленным алмазом	Заменить на круг меньшей твердости или высокопористый Увеличить частоту вращения заготовки Улучшить подачу СОЖ Уменьшить подачу Закрепить круг, отрегулировать натяжение ремней Провести правку круга Повернуть алмаз и подвести непритупленную кромку или заменить его на новый. Увеличить продольную подачу при правке
Отклонение от круглости обработанной поверхности: неуравновешенность заготовки или поводкового хомутика неправильный угол или неправильное прилегание (изношенность центров) и повреждение центровых отверстий. Зазор между пинолью и корпусом задней бабки применение слишком твердого или мелкозернистого круга недостаточное крепление заготовки неправильная регулировка люнетов повышенный износ шеек шпинделя бабки изделия биение шпинделей передней бабки (при креплении детали в патроне)	Установить противовесы. Сменить хомутик Проверить центры, центровые отверстия и их прилегание, а также наличие зазора между корпусом и пинолью задней бабки. Очистить центровые отверстия и смазать центры Подобрать круг с соответствующими характеристиками Отрегулировать зажим заготовки Выверить люнеты Проверить геометрическую форму шеек шпинделя и провести их ремонт Отрегулировать зазоры в подшипниках

Отказы шлифовальных станков и их причины	Способы устранения
Отклонение от прямолинейности образующей обработанной поверхности: неравномерный износ круга по образующей деформация упругой системы СИД смещение одного из центров в вертикальной плоскости. Отклонение параллельной оси вращения заготовки от направления движения стола. Отклонение от прямолинейности движения стола	Произвести правку круга; заменить кругом, имеющим большую твердость Установить дополнительный люнет. Уменьшить поперечную подачу, увеличить время выхаживания Переналадить станок
Плоское шлифование	
Местное занижение размера (зарезы, выхваты, завал кромок): самопроизвольная подача круга или зазор в паре гайка—винт механизма вертикального перемещения или в подшипниках шпинделя врезание круга в заготовку при установке его на глубину резания низкая твердость круга (завал кромок) выхваты на поверхности недостаточно жестких заготовок	Устранить зазоры в механизме подъема, отрегулировать клинья и планки и улучшить систему противовеса. Устранить зазоры в подшипниках Включить движение стола к заготовке до подвода шлифовального круга Применить более твердый круг Осуществить обильное охлаждение; заготовки обрабатывать с малыми съемами и подачами; наклонять ось круга на 2...3°
Отклонения от плоскостности и параллельности шлифуемой поверхности базовой плоскости: забоины, загрязнения и неровности на поверхности магнитной плиты или заготовки неплоскостность базовой поверхности заготовки	Магнитный стол периодически перешлифовывать, а базовую поверхность заготовки предварительно обрабатывать Тщательно очищать от стружки магнитную плиту и заготовку

Отказы шлифовальных станков и их причины	Способы устранения
изношенность направляющих шлифовальной бабки или подшипников шпинделей неточность приспособления или установки и закрепления в них заготовок шлифование чрезмерно мягким кругом недостаточная частота правки круга интенсивный режим шлифования, вызывающий нагрев заготовки Прижоги и трещины на поверхности: слишком твердый круг недостаточное охлаждение интенсивные режимы (большие глубина шлифования, подача и др.) Неудовлетворительная шероховатость шлифованной поверхности: недостаточный припуск применение крупнозернистого круга грубая правка круга недостаточное охлаждение неуравновешенность вращающихся частей станка и недостаточная его жесткость	Если направляющие изнашивались, но прямолинейность не нарушилась, то достаточно перешлифовать стол в соответствии с новым положением направляющих; если же они имеют отклонения от прямолинейности, то надо шабрить или шлифовать их; изношенные подшипники заменить Проверить приспособление, правильно установить и закрепить заготовку Заменить круг на более твердый Увеличить частоту правки круга, особенно во время чистовых проходов Снизить режим шлифования, провести обильное охлаждение Сменить круг на более мягкий или высокопористый Увеличить подачу СОЖ и наладить ее непрерывное поступление Снизить режимы шлифования Увеличить припуск Заменить круг на более мелкозернистый и мягкий Произвести более тонкую правку Увеличить подачу СОЖ Тщательно балансировать шлифовальный круг и вращающиеся части станка. Проверить качество сшивки ремней, их натяжение

Отказы шлифовальных станков и их причины	Способы устранения
чрезмерно интенсивные режимы шлифования (глубина резания и подача заготовок) Грубые риски на обработанной поверхности: загрязненность СОЖ и системы охлаждения неравномерный ход правящего инструмента чрезмерно большие подачи Следы вибраций на шлифованной поверхности: неоднородность обрабатываемого материала и его термообработки проскальзывание ремня и грубая его сшивка движение стола толчками зазор в подшипниках шлифовального шпинделя слабое крепление заготовки неправильный выбор шлифовального круга Волнистость шлифованной поверхности: неравномерный износ круга неуравновешенность вращающихся частей и жесткость системы	Снизить режимы шлифования Сменить СОЖ, очистить бак Повысить качество правки На последних проходах уменьшить подачу Последние проходы производить при пониженной скорости движения стола Заменить ремень Отрегулировать работу гидравлического привода Заменить или отремонтировать подшипники Усилить крепление заготовки Заменить круг Заменить круг Ввести регулярную правку круга, балансировать вращающиеся части

Контрольные вопросы

1. Каковы особенности крепления шлифовальных кругов на шлифовальных станках?
2. Перечислите основные виды отказов, возникающих при операциях круглого наружного и плоского шлифования. Как их можно устранить?

10.6. Перспективы развития металлорежущих станков и новые требования к профессии станочника

Металлорежущие станки должны отвечать постоянно возрастающим требованиям к оборудованию: обрабатывать новые материалы, конструкции заготовок и деталей; обеспечивать техническую и экологическую безопасность персонала и т.д. Всем этим требованиям должны удовлетворять станки для изготовления конкурентоспособной продукции в условиях рынка. Станочное оборудование из-за его высокой стоимости должно эффективно использоваться конкретным потребителем, что возможно только при условии его интенсивной эксплуатации с максимальным использованием фонда рабочего времени.

Несмотря на большое разнообразие конструкций металлорежущих станков, основные направления развития их потребительских свойств общие, вне зависимости от типа оборудования и выпускаемой им продукции. Для анализа перспектив развития металлорежущих станков выделим следующие тенденции.

Повышение производительности станка, оцениваемое уменьшением калькуляционного времени изготовления конкретных изделий, достигается путем сокращения основного времени (повышения режимов резания: увеличения частот вращения шпинделей и скоростей движения подач) и вспомогательного времени (автоматизации установки заготовки и снятия детали за счет применения промышленных роботов и автооператоров, повышения скорости холостых ходов, сокращения пути перемещения инструмента), уменьшения времени на переналадку оборудования (использования цифровой индикации и программного управления).

Повышение производительности обеспечивается также концентрацией операций на одном станке: для корпусных деталей — это обработка на одном станке заготовки с пяти сторон, для тел вращения — это полная обработка сложной профильной заготовки, включающая в себя помимо токарных, фрезерных, сверлильных (в том числе глубокого сверления) и другие операции. Перспективным является одновременное выполнение на таком станке операций внутреннего и наружного шлифования. При концентрации операций на одном станке совмещают во времени отдельные операции и переходы, используют комбинированные инструменты и инструментальные наладки.

Для работы на повышенных режимах резания и при концентрации операций станки будут иметь большую мощность привода главного движения при широком регулировании частоты вращения шпинделя во время рабочего цикла. Направляющие скольжения будут заменены направляющими качения. Компонировки стан-

ков будут изменяться так, чтобы можно было установить дополнительные узлы, обеспечить сход стружки и отвод СОЖ, предусмотреть кабинетную защиту от СОЖ, отсос пыли и газов. Кроме того, на станках автоматизированы процессы смены инструмента и контроля качества обработки.

Повышение точности обработки на станках. Стремительное совершенствование машиностроительной продукции, повышение мощности, быстроходности и точности машин, высокие требования к экологии окружающей среды и к надежности при функционировании машин сопровождаются постоянно растущими требованиями к точности размеров, формы и взаимного расположения обработанных поверхностей, волнистости и шероховатости поверхности обработанных на станках деталей.

Необходимо также обеспечивать стабильность указанных показателей во времени, учитывая, что обработка будет вестись с относительно меньшим участием человека. Для выполнения указанных требований будет повышаться точность изготовления основных деталей станка, точность сборки и регулировки, а также жесткость элементов, например шпиндельных узлов, износостойкость направляющих и опор, стабильность во времени размеров и формы базовых и корпусных деталей. Для повышения точности обработки на станках будут использоваться специальные системы и устройства компенсации систематических погрешностей ходовых винтов, направляющих и других элементов станков. В станки будут встраивать устройства микропроцессорного управления и различные высокоточные датчики, имеющие высокую разрешающую способность: для линейных и угловых перемещений, контроля температуры, тензометрические преобразователи и другие элементы автоматики. Система управления точностью обработки на станке будет обеспечивать обратную связь привода через микропроцессорную систему управления. Наряду с индуктивными системами измерений предполагается использовать в станках оптоэлектронные, голографические и лазерные системы.

Достижимая точность позиционирования на станках нормальной точности будет ± 1 мкм, а на высокоточных станках — $\pm 0,05$ мкм.

Переналаживаемость станков (гибкость) — это способность их быстрой переналадки на изготовление различных изделий или для выполнения разных операций применительно к быстроизменяющимся требованиям производства.

Наиболее распространенным направлением в обеспечении переналаживаемости станков является применение в них систем ЧПУ типа CNC, построенных на базе ЭВМ (микропроцессора, мини- или микроЭВМ) с цветным дисплеем. Программное управление от ЭВМ обеспечивает сокращение времени на переналадку оборудования, автоматизацию подготовки управляющей программы

(во многих случаях она выполняется на станке рабочим, во время обработки другой заготовки), возможность обработки сложных деталей, имеющих криволинейную поверхность. Дополнительными функциями систем управления типа CNC являются контроль перегрузок станка, стойкости и целости режущих инструментов и др.

Гибкость станков обеспечивается путем их оснащения разнообразными системами и приспособлениями, сокращающими время на переналадку и существенно расширяющими технические возможности станков. К ним относятся инструментальные магазины и револьверные головки для смены режущего инструмента, системы загрузки-разгрузки столов-спутников заготовками, применение промышленных роботов, накладных инструментальных головок, многошпиндельных головок, программно-управляемых планшуппоров, специальных зажимных приспособлений и многих других механизмов. Эти дополнительные устройства включают в гидравлическую и электрическую схемы станка, а также в программно-управляющую систему.

Повышение надежности работы станков обеспечивается проведением следующих мероприятий:

- повышением надежности компонентов станка (систем ЧПУ, программируемых контроллеров, приводов и других элементов);
- встраиванием в станок подсистем автоматического диагностирования и индикации функционирования узлов и механизмов, а также станка в целом;
- применением высокоэффективных и надежных устройств смазывания трущихся пар, использованием самосмазывающихся подшипников;
- применением эффективных систем подачи, сепарирования и фильтрации СОЖ для отвода тепла из зоны резания, а также для смывания и транспортирования стружки.

Примеры автоматизированного оборудования, на котором должен будет работать станочник в начале XXI в., показаны на рис. 11.1 — 11.3. При изготовлении деталей типа диска 7 (рис. 11.1) используют гибкий производственный модуль (ГПМ) на базе токарного фронтального станка 3 с двумя шпинделями 5, мостового робота 1 с захватным устройством 4 и транспортно-накопительного устройства 2, представляющего собой этажерку 8, на которой находятся заготовки и обработанные детали. Управление станком осуществляется системой ЧПУ. Обслуживающий персонал получает информацию с помощью пульта 6, через который вводится программа обработки заготовки. Такой ГПМ оснащают устройствами для смены инструментов и зажимных элементов (или патронов), а также для автоматического зажима заготовок. На станке выполняется двусторонняя обработка заготовок путем их перестановки, включающая в себя токарные, фрезерные, сверлильные и резьбонарезные операции.

На рис. 11.2 показан многоцелевой сверлильно-фрезерно-рас- точный станок для обработки корпусных деталей. По стойке 5 перемещается бабка 6 со шпинделем 7. Инструмент из магазина 3 манипулятором 4 передается в отверстие шпинделя. Стол 9 перемещается по станине 11. На столе расположено основание 8, на которое устанавливают приспособление-спутник 10 с закрепленной прихватами 1 заготовкой 2. Стойка может перемещаться вдоль станины в направлении Z. Управление станком осуществляется от системы ЧПУ и электроавтоматических устройств, расположенных в отдельных шкафах (на рис. они не показаны).

На рис. 11.3 показаны многоцелевые шлифовальные станки с ЧПУ типа CNC для наружного, внутреннего и профильного шли- фования. На наклонной станине 1 установлена бабка изделия 2, на которой в патроне или в центрах закрепляют заготовку 3. Для обработки коротких деталей используют станки с четырехпози- ционной револьверной головкой 4 (рис. 11.3, а), установленной на крестовом суппорте 5 и осуществляющей поворот в пределах 270° относительно оси В. Станок снабжен устройствами правки, люнетом и двухпозиционным измерительным устройством 6. Для обработки деталей типа валов станок оснащен двухпозиционной револьверной головкой 4 (рис. 11.3, б) и дополнительной осью D для задней бабки 7.

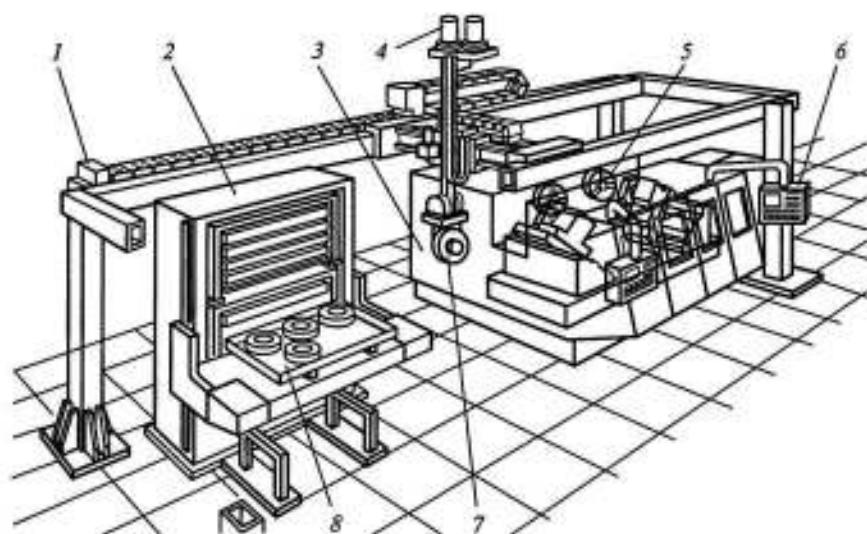


Рис. 11.1. Гибкий производственный модуль:

1 — мостовой робот; 2 — транспортно-накопительное устройство; 3 — токарный фронтальный станок; 4 — захватное устройство; 5 — шпиндели; 6 — пульт управления; 7 — деталь; 8 — этажерка

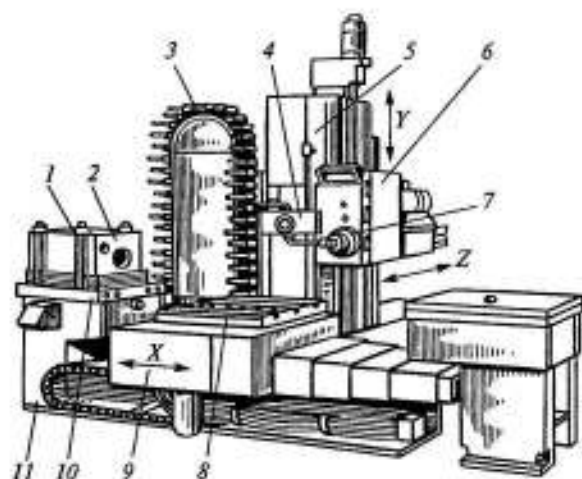


Рис. 11.2. Многоцелевой сверлильно-фрезерно-расточный станок для обработки корпусных деталей:

1 — захваты; 2 — заготовка; 3 — инструмент из магазина; 4 — манипулятор; 5 — стойка; 6 — бабка; 7 — шпиндель; 8 — основание; 9 — стол; 10 — приспособление-случник; 11 — станина; X, Y и Z — направление осей координат

Станки с ЧПУ занимают основное место в общем парке оборудования. Особое внимание уделяется созданию металлорежущих станков с объединением функций сверлильно-фрезерно-расточного и токарного станков с ЧПУ, переходу на многошпиндельные конструкции. Открытая архитектура систем ЧПУ позволяет эффективно объединять их в сеть и увеличивать число выполняемых функций (например, мониторинг от центральной ЭВМ, диагностика, упрощение ввода управляющих программ на рабочем месте и т.д.).

Особого внимания заслуживает возможность объединения отдельных станков в группы по организационно-технологическому принципу благодаря управлению от одного компьютера. На рис. 11.4 приведена принципиальная схема типовой системы управления группой станков с ЧПУ (каждая единица оборудования оснащена компьютером). Наличие специальной системы обеспечивает взаимодействие оператора и оборудования. Персонал, обслуживающий оборудование через сети Интранет и Интернет, имеет также оперативную взаимосвязь для выполнения различных функций.

Новые возможности систем управления в целом привели к расширению возможностей СЧПУ станками. Так, СЧПУ серии Mazatrol 640 фирмы Yamazaki Mazak (Япония), показанная на станкостроительной выставке в Чикаго в 2000 г., была построена на базе персонального компьютера и обеспечивала программирование в диалоговом режиме, связь с внешними источниками информации, выбор режимов резания, регистрацию хода технологических операций. СЧПУ связаны через сеть Интернет с различными подразделениями фирмы (рис. 11.5).

СЧПУ серии Mazatrol 640 отличаются преимуществом по отношению к предыдущим разработкам фирмы (завода).

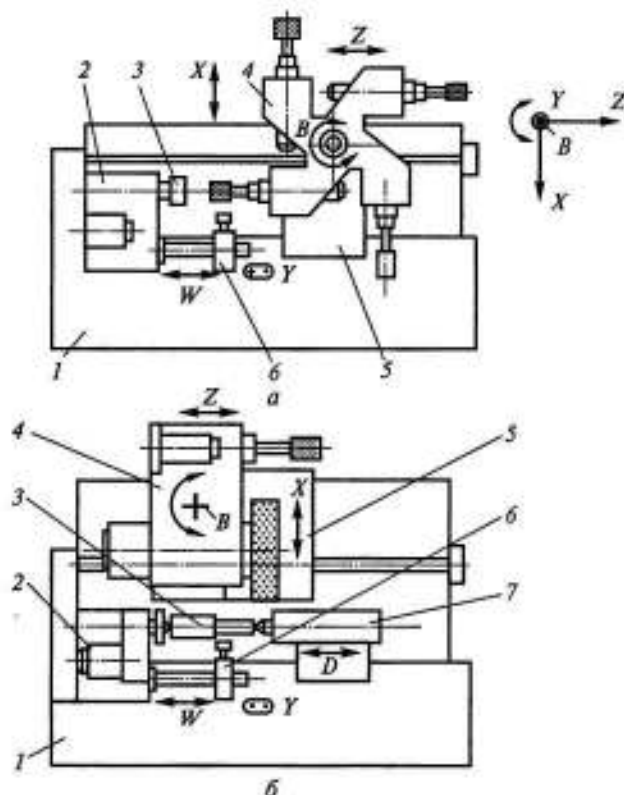


Рис. 11.3. Шлифовальные станки многоцелевые с четырехпозиционной (а) и двухпозиционной (б) револьверными головками:

1 — станина; 2 — бабка изделия; 3 — заготовка; 4 — револьверная головка; 5 — суппорт; 6 — двухпозиционное измерительное устройство; 7 — задняя бабка; X, Y и Z — направление осей координат шлифовального круга; B — ось поворота шлифовальной бабки; D — ось перемещения задней бабки; W — направление оси координат измерительного устройства

В новых СЧПУ время программирования и длина сложных программ значительно меньше, чем в ранее применяемых. Например, благодаря использованию быстродействующего 64-разрядного RISC-процессора значительно сокращено время обработки информации, что способствует оптимизации траектории движения инструмента. Кроме того, достигается сокращение вспомогательного времени и повышение скорости резания; автоматически осуществляется расчет частоты вращения шпинделя и скорости подачи, а также управление обработкой по значениям силы резания.

На экране пульта управления станком отображается ход технологической операции, текущая загрузка, нагрузка на шпиндель, число деталей, обработанных в единицу времени (день, неделю).

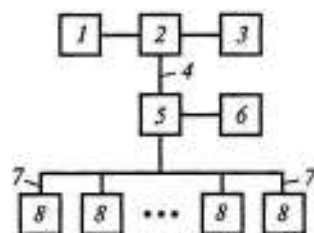


Рис. 11.4. Схема типовой системы управления оборудованием и производством:

1 — домашний офис руководителя фирмы; 2 — персональный компьютер; 3 — рабочий офис руководителя фирмы; 4 — канал передачи и получения информации через Интернет или Интранет; 5 — сервер системы; 6 — службы предприятия (плановая, ремонтная и др.); 7 — каналы связи; 8 — технологическое оборудование (станки и другое оборудование)

Предусмотрена функция автоматического выбора режима резания в соответствии с обрабатываемым материалом заготовки и информацией о текущем состоянии инструмента. Функция самообучения позволяет назначать оптимальный режим резания; в памяти СЧПУ регистрируются использованные режимы, принятые при обработке ранее для различных деталей, из которых в дальнейшем можно автоматически выбирать требуемый режим обработки.

Управление может осуществляться через Интранет или Интернет, по телефону из офиса или другого пункта. Соединение СЧПУ с системой управления производством завода по локальной сети позволяет выполнять следующие функции: генерирование УП, заказ на подготовку инструментов и зажимных приспособлений, управление производством, передачу данных, диагностику, оперативную техническую поддержку делопроизводства в цехе.

Перспективы развития профессии станочника. Тенденция к усложнению конструкции металлорежущих станков, изменение организации их эксплуатации, особенно в условиях малых предприятий, обусловили повышение требований к общеобразовательному и профессиональному уровню подготовки рабо-

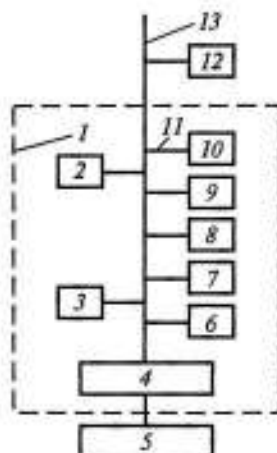


Рис. 11.5. Схема взаимодействия СЧПУ станком фирмы Yamazaki Mazak (Япония) со службами и подразделениями завода:

1 — завод; 2 — различные станки, оснащенные СЧПУ серии Mazatrol Fusion 640-T; 3 — различные станки, оснащенные СЧПУ серии Mazatrol Fusion 640-M; 4 — производственный центр завода; 5 — технический центр завода; 6 — отдел технического обслуживания; 7 — инструментальный отдел; 8 — отдел снабжения; 9 — отдел САПР (программный комплекс для решения задач CAD/CAM); 10 — офис директора завода; 11 — связь через Интранет; 12 — дирекция завода; 13 — телефонная линия Интернета

чих-станочников. Серьезное внимание уделяется положительной мотивации их труда, в которую включаются элементы творчества, ответственности за собственный труд и удовлетворения своей профессиональной деятельностью. Соотношение между физическим и умственным трудом достигнет 1:4... 1:7. Уровень знаний, изложенных в данном учебнике, недостаточен для обслуживания сложных современных станков и станочных систем. Для этого рабочему необходимо повышать свою квалификацию. Основными обязанностями станочника в ближайшем будущем станут: наладка и подналадка сложного, оснащенного ЧПУ оборудования; поддержание оборудования в состоянии, обеспечивающем выпуск изделий в требуемом количестве и заданного качества; контроль качества обработки и сдача продукции без ОТК. В процессе работы станочник будет выявлять и устранять неполадки в оборудовании с использованием диагностических устройств и специальных тестов, совместно со слесарями участвовать в текущем ремонте оборудования, вести статистическое наблюдение и по полученным данным управлять качеством выпускаемой продукции.

Работа оператора на станках с ЧПУ будет заключаться в смене управляющих программ, подналадке и смене инструментов, контроле качества обработки, загрузке заготовок на приемную позицию и снятии готовых изделий, а при необходимости — в выполнении слесарных и сборочных операций и др. Функции оператора будут приближаться к функциям наладчика станков с ЧПУ.

Центральной фигурой в механическом цехе будет рабочий-станочник — организатор и руководитель данного участка производства. Его ответственность и права будут столь широки, что он сможет остановить производство из-за брака или других технических причин. От его знаний, инициативы, умения быстро ориентироваться и принимать правильные организационно-технические решения в большой степени будет зависеть нормальная эксплуатация оборудования, его производительность и качество выпускаемой продукции.

Рабочий-станочник в совершенстве должен знать конструкцию обслуживаемого оборудования, всех его узлов и механизмов (механических, электрических, гидравлических, электронных); уметь разрабатывать технологию обработки деталей, выбирать режимы резания; настраивать управляющие программы; квалифицированно производить наладку станка в возможно короткое время.

Фактически труд станочника становится аналогичен труду техника и инженера, поэтому рабочий-станочник должен постоянно повышать свой общеобразовательный и профессиональный уровень. Усложнение металлорежущих станков и высокие требования к обеспечению эффективного использования дорогостоящего оборудования (станки с ЧПУ и др.) приведут к тому, что функции высококвалифицированного рабочего-станочника будет выполнять

инженер. Организация, где трудится рабочий-станочник (вне зависимости от форм ее собственности), должна организовывать дифференцированное обучение с учетом потребностей производства.

В США обучение специалистов для станкостроительных предприятий часто строится в два этапа: общую подготовку (в том числе теоретическую) дает учебное заведение, а специальную — фирма, в которой будет работать специалист.

Используется и другой метод. Например, фирма, изготавливающая высокоточные оптические прицелы, закупает новые станки компании Index (США) и готовит операторов для работы на них. План закупки станков известен задолго до их приобретения. Компания Index заранее передает учебному заведению заказанные станки на 12...18 мес для обучения операторов. Таким образом, завод-пользователь к моменту поступления новых станков имеет подготовленных операторов.

Список литературы

1. Альперович Т.А., Константинов К.Н., Шапиро А.Я. Конструкция шлифовальных станков. — М.: Высшая школа, 1989. — 288 с., ил.
2. Альперович Т.А., Константинов К.Н., Шапиро А.Я. Наладка и эксплуатация шлифовальных станков. — М.: Высшая школа, 1989. — 270 с., ил.
3. Блюмберг В.А., Зазерский Е.И. Справочник фрезеровщика. — Л.: Машиностроение, 1984. — 288 с., ил.
4. Винников И.З. Устройство сверлильных станков и работа на них: Учебник для подготовки рабочих на производстве. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Высшая школа, 1983. — 240 с., ил.
5. Власов С.Н., Годович Г.М., Черпаков Б.И. Устройство, наладка и обслуживание металлообрабатывающих станков и автоматических линий: Учебник для техникумов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1995. — 464 с., ил.
6. Григорьев С.П., Григорьев В.С. Практика координатно-расточных и фрезерных работ: Учебное пособие для токарей-расточников и фрезеровщиков. — М.: Машиностроение, 1980. — 232 с., ил.
7. Денисенко Г.Ф. Охрана труда: Учебное пособие для инж.-экон. спец. вузов. — М.: Высшая школа, 1985. — 319 с., ил.
8. Дружинский И.А. Концепция конкурентоспособных станков. — М.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1990. — 247 с., ил.
9. Завгороднев П.И. Работа оператора на станках с программным управлением: Учеб. пособие для техн. училищ. — М.: Высшая школа, 1981. — 136 с., ил. (Профтехобразование. Обработка резанием).
10. Кашук В.А., Вережагин А.Б. Справочник шлифовщика. — М.: Машиностроение, 1988. — 480 с., ил.
11. Кружки качества на японских предприятиях. — М.: Изд-во стандартов, 1990. — 70 с., ил.
12. Лакирев С.Г. Обработка отверстий: Справочник. — М.: Машиностроение, 1984. — 208 с., ил.
13. Локтева С.Е. Станки с программным управлением и промышленные роботы: Учебник для машиностроительных техникумов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1986. — 320 с., ил.
14. Лоскутов В.В. Шлифование металлов: Учебник для средних профессионально-технических училищ. — 7-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1985. — 256 с., ил.
15. Лурье Г.Б., Комиссаржевская В.Н. Наладка шлифовальных станков: Учебник для техн. училищ. — М.: Высшая школа, 1983. — 208 с., ил.
16. Лурье Г.Б., Комиссаржевская В.Н. Устройство шлифовальных станков: Учебник для техн. училищ. — М.: Высшая школа, 1983. — 215 с., ил.
17. Металлорежущие станки / В.Э. Пуш, В.Г. Беляев, А.А. Гаврюшин и др. / Под общ. ред. В.Э. Пуша. — М.: Машиностроение, 1985. — 256 с., ил.

18. *Наерман М. С.* Справочник молодого шлифовщика. — М.: Высшая школа, 1985. — 207 с., ил.

19. *Пикус М. Ю., Пикус И. М.* Справочник фрезеровщика. — 2-е изд., перераб. и доп. — Минск: Высшая школа, 1986. — 335 с., ил.

20. *Попов С. А.* Шлифовальные работы: Учебник для СПТУ. — М.: Высшая школа, 1987. — 383 с., ил.

21. Программное управление станками и промышленными роботами: Учеб. для ПТУ / В. Л. Косовский, Ю. Г. Козырев, А. Н. Ковшов и др. — 2-е изд., стер. — М.: Высшая школа, 1989. — 272 с., ил.

22. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем. Справочник-учебник: В 3 т. — Т. 1. Проектирование станков / А. С. Проников, О. И. Аверьянов, Ю. С. Аполлонов и др. / Под общ. ред. А. С. Проникова. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана: Машиностроение, 1994. — 444 с.

23. *Прохоров А. Ф., Константинов К. Н., Волков Л. П.* Наладка и эксплуатация бесцентровых шлифовальных станков. — М.: Машиностроение, 1976. — 192 с., ил.

24. Режимы резания металлов: Справочник / Ю. В. Барановский, Л. А. Брахман, А. И. Гdaleвич и др. — М.: НИИТАвтопром, 1995. — 456 с.

25. *Русый В. Д., Бакин В. А.* В помощь наладчику металлорежущих станков. — Минск: Беларусь, 1987. — 128 с.

26. *Сергеевский Л. В., Русланов В. В.* Пособие наладчика станков с ЧПУ. — М.: Машиностроение, 1991. — 176 с., ил.

27. *Сидоров В. Н.* Безопасность труда при работе на металлорежущих станках. — Л.: Лениздат, 1985. — 216 с., ил.

28. *Усачев П. А.* Справочник фрезеровщика. — Киев: Техника, 1988. — 136 с., ил.

29. *Фещенко В. Н., Махмутов Р. Х.* Токарная обработка: Учеб. пособие для сред. проф.-техн. училищ. — М.: Высшая школа, 1984. — 288 с., ил.

30. *Филонов И. П., Петрова О. Г., Шевандо Я. Г.* Наладка металлообрабатывающих станков и автоматических линий: Учеб. пособие для машиностроительных техникумов. — М.: Машиностроение, 1980. — 128 с., ил.

Оглавление

Введение	3
----------------	---

РАЗДЕЛ I ОСНОВЫ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ

Глава 1. Общие сведения о станках	5
1.1. Классификация металлорежущих станков	5
1.2. Точность станков и качество обработки	9
1.3. Производительность и надежность станков	10
1.4. Организация рабочего места станочника	11
1.5. Условия и охрана труда. Производственные санитарно- гигиенические нормы	13
1.6. Обеспечение пожаро- и электробезопасности	17
1.7. Экология при работе на станках	20
Глава 2. Основы обработки материалов резанием и режущий инструмент	22
2.1. Основные понятия теории резания	22
2.2. Элементы резания	23
2.3. Обрабатываемость материалов резанием и режущие свойства инструментов	26
2.4. Материалы, обрабатываемые резанием	29
2.5. Инструментальные материалы	32
2.6. Геометрические параметры и заточка режущей части инструментов	38
2.7. Процесс стружкообразования. Классификация стружки	41
2.8. Тепловые явления при резании. Износ режущего инструмента	44
2.9. Влияние смазочно-охлаждающей жидкости на процесс резания	47
2.10. Силы, действующие на режущий инструмент	48
2.11. Шероховатость поверхности и точность обработки	50
2.12. Режимы резания	52
2.13. Основные понятия о процессе точения и режущем инструменте для токарной обработки	54

2.14. Режимы резания при точении и нарезании резьбы резцом	58
2.15. Основные понятия о процессе фрезерования	65
2.16. Режимы резания при фрезеровании	71
2.17. Основные понятия о процессах обработки отверстий и режущем инструменте, используемом на сверлильных станках	75
2.18. Режимы резания осевыми инструментами	85
2.19. Основные особенности резания абразивным инструментом	89
2.20. Абразивные материалы	91
2.21. Зернистость абразивных материалов	93
2.22. Основные характеристики абразивных инструментов	94
2.23. Правка шлифовальных кругов	96
2.24. Силы резания и мощность при шлифовании	98
2.25. Тепловые явления и смазочно-охлаждающие жидкости при шлифовании	99
2.26. Режимы резания при шлифовании	100

Глава 3. Общие сведения о металлорежущих станках и технологическом процессе обработки на них	106
3.1. Кинематика станков	106
3.2. Типовые детали и механизмы станков	114
3.3. Приводы главного движения и движения подачи	124
3.4. Общие сведения о технологическом процессе механической обработки	130

РАЗДЕЛ II

СТАНКИ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ НА НИХ

Глава 4. Токарные станки и технология токарной обработки	133
4.1. Основные типы токарных станков и их обозначение	133
4.2. Устройство токарно-винторезного станка	134
4.3. Организация рабочего места токаря	139
4.4. Технология токарной обработки и оснастка	141
4.5. Технология обработки наружных цилиндрических и плоских торцовых поверхностей	149
4.6. Технология обработки цилиндрических отверстий	157
4.7. Технология обработки конических поверхностей	161
4.8. Технология обработки фасонных поверхностей	167
4.9. Технология нарезания резьбы на токарных станках	170
4.10. Технология отделки поверхностей	177
4.11. Основные правила безопасной работы на токарных станках	179

Глава 5. Фрезерные станки и технология фрезерной обработки	181
5.1. Основные типы фрезерных станков и их обозначение	181
5.2. Устройство консольно-фрезерного станка	183

5.3. Организация рабочего места фрезеровщика	188
5.4. Технология фрезерования и оснастка	189
5.5. Технология фрезерования плоских поверхностей и скосов	196
5.6. Технология фрезерования деталей, имеющих сопряженные плоскости, и многогранников	200
5.7. Технология фрезерования пазов, уступов, канавок и разрезания заготовок фрезой	202
5.8. Технология фрезерования фасонных поверхностей	208
5.9. Основные правила безопасной работы на фрезерных станках	214
Глава 6. Сверлильные станки и технология сверлильной обработки	215
6.1. Основные типы сверлильных станков и их обозначение	215
6.2. Устройство вертикально-сверлильного станка	218
6.3. Устройство радиально-сверлильного станка	221
6.4. Организация рабочего места сверловщика	224
6.5. Технология обработки на сверлильных станках и оснастка	226
6.6. Технология сверления и рассверливания отверстий	236
6.7. Технология зенкерования, цекования, зенкования и развертывания	239
6.8. Технология нарезания внутренней резьбы	240
6.9. Основные правила безопасности при работе на сверлильных станках	243
Глава 7. Шлифовальные станки и технология обработки шлифованием	245
7.1. Основные типы шлифовальных станков и их обозначение	245
7.2. Устройство плоскошлифовального станка	246
7.3. Устройство круглошлифовального центрального станка	250
7.4. Организация рабочего места шлифовщика	255
7.5. Технология обработки заготовок на плоскошлифовальных станках	256
7.6. Технология обработки заготовок на круглошлифовальных станках	262
7.7. Основные правила безопасной работы на шлифовальных станках	268
Глава 8. Станки с ЧПУ	269
8.1. Общие сведения о системах управления и станках с ЧПУ	269
8.2. Конструктивные особенности станков с ЧПУ	274
8.3. Токарные станки с ЧПУ	277
8.4. Фрезерные станки с ЧПУ	279
8.5. Сверлильные станки с ЧПУ	283
8.6. Шлифовальные станки с ЧПУ	284
8.7. Многоцелевые станки с ЧПУ	286
8.8. Организация работы оператора станков с ЧПУ	290

РАЗДЕЛ III

НАЛАДКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ СТАНКОВ

Глава 9. Особенности наладки станков	292
9.1. Методы наладки станков.....	292
9.2. Общие сведения о порядке наладки станков	294
9.3. Особенности наладки токарных станков	296
9.4. Особенности наладки фрезерных станков	300
9.5. Особенности наладки сверлильных станков	307
9.6. Особенности наладки шлифовальных станков	310
9.7. Особенности наладки станков с ЧПУ	317
Глава 10. Эксплуатация станков	324
10.1. Основы рационального использования станков.....	324
10.2. Правила эксплуатации токарных станков. Типовые отказы и методы их устранения	327
10.3. Правила эксплуатации фрезерных станков. Типовые отказы и методы их устранения	333
10.4. Правила эксплуатации сверлильных станков. Типовые отказы и методы их устранения	337
10.5. Правила эксплуатации шлифовальных станков. Типовые отказы и методы их устранения	344
10.6. Перспективы развития металлорежущих станков и новые требования к профессии станочника	352
Список литературы	361

Учебное издание

**Чернаков Борис Ильич
Альперович Татьяна Александровна**

Металлорежущие станки

Учебник

Редактор *Е. Е. Алленых*
Технический редактор *Н. И. Горбачева*
Компьютерная верстка: *Л. А. Смирнова*
Корректоры *С. Ю. Свиридова, Н. В. Шувалова*

Изд. №А-529. Подписано в печать 31.01.2003. Формат 60×90/16.
Гарнитура «Таймс». Бумага тип. № 2. Печать офсетная. Усл. печ. л. 23,0.
Тираж 30 000 экз. (1-й завод 1—12 000 экз.). Заказ № 2576.

Лицензия ИД № 02025 от 13.06.2000. Издательский центр «Академия».
Санитарно-эпидемиологическое заключение № 77.99.02.953.Д.002682.05.01 от 18.05.2001
117342, Москва, ул. Бутлерова, 17-Б, к. 223. Тел./факс: (095) 334-8337, 330-1092.

Отпечатано на Саратовском полиграфическом комбинате.
410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 59