

Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
ГОУ ВПО «Дальневосточный государственный
университет путей сообщения»

Кафедра «Технология металлов»

В. М. Григорьев

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ

Рекомендовано
Методическим советом ДВГУПС
в качестве учебного пособия

Хабаровск
Издательство ДВГУПС
2006

УДК 621.91(075.8)
ББК К 63я73
Г 834

Рецензенты:

Доктор технических наук,
директор Института материаловедения Хабаровского научного центра
Дальневосточного отделения Российской академии наук,
профессор *А. Д. Верхотуров*

Кафедра «Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей»
Тихоокеанского государственного университета
(заведующий кафедрой доктор технических наук,
профессор *А. П. Улашкин*)

Григорьев, В. М.

Г 834 Обработка металлов резанием : учеб. пособие / В. М. Григорьев. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2006. – 155 с. : ил.

Учебное пособие соответствует дисциплине «Технология конструкционных материалов» по ГОС ВПО направлений 190300 «Подвижной состав железных дорог» и 190200 «Транспортные машины и транспортно-технологические комплексы», а также специальности 150202 «Оборудование и технология сварочного производства».

Рассмотрены вопросы технологии обработки деталей на металлорежущих станках методами токарной, фрезерной обработок, сверловки, расточки и шлифования. Приведен материал, отражающий основные принципы обработки металлов резанием на токарных, фрезерных, сверлильных, расточных и шлифовальных станках. Даны кинематические схемы станков, их конструктивные особенности, основы технологии и графические пояснения к излагаемому материалу.

Предназначено для студентов I–III курсов всех форм обучения, а также для специалистов по механообрабатывающему производству, обучаемым и аттестуемым в Институте повышения квалификации ДВГУПС.

УДК 621. 01(075.8)
ББК К 63я73

© ГОУ ВПО «Дальневосточный государственный

университет путей сообщения» (ДВГУПС), 2006

ВВЕДЕНИЕ

Обработка материалов резанием известна еще с древних времен, когда применяли кремневые режущие орудия, удерживая их при работе рукой. Первым приспособлением для сообщения движения обрабатываемой детали было гончарное колесо, которое использовалось за 3000 лет до н. э. Одним из примитивных приспособлений был и первобытный токарный станок, при работе на котором обрабатываемая деталь приводилась в движение при помощи лучковой системы, а кремневый резец с рукояткой передвигался в процессе резания рукой.

Русские мастера-ремесленники в XII в. применяли сверлильные и токарные станки с ручным приводом переменного вращательного движения детали или инструмента, а в XIV–XVI вв. приводы прерывистого движения были заменены более совершенными, обеспечивающими непрерывное вращательное движение от водяных колес.

Для производства ружей и пушек в XVI в. в России изготавливали сверлильные и токарные станки еще более сложных конструкций. В 1645 г. стрелец Иван Осипов построил в Москве, на Яузе, «ствольную мельницу», где водяные колеса приводили в движение сверлильные и токарные станки для обработки ружейных стволов. В Москве в 1709 г. в токарной мастерской Петра I А. К. Нартов (1680–1756), воспитанник Московской школы навигационных и математических наук, начал создавать «самодействующие» станки. До этого времени токарные станки во всем мире оставались весьма примитивными, не имели механической подачи резцов, требовали при работе на них большой физической силы и не обеспечивали точность обрабатываемых изделий. В 1712 г. в Петербурге А. К. Нартов изготовил станок с механическим суппортом, который перемещался вдоль обрабатываемой детали с помощью зубчатого колеса и рейки. В 1729 г. им же был создан токарно-копировальный станок, на котором для продольного движения суппорта был поставлен ходовой винт. Некоторые русские станки, в том числе и упомянутые оригинальные станки Нартова, изготовленные им в 1712 г., сохранились до наших дней и находятся в Эрмитаже (г. С.-Петербург), а также в Парижском и Венском музеях.

В 1712 г. мастер М. В. Сидоров построил в Туле ружейный завод с приводными водяными колесами к станкам оригинальной конструкции. Мастер Яков Батищев в том же году создал агрегатные станки для одновременного сверления 24 ружейных стволов. В 1718 г. Петр I послал А. К. Нартова за границу для изучения некоторых вопросов техники. Во время поездки А. К. Нартов демонстрировал свое токарное искусство в Берлине и Париже. Петр I получил послания из Германии и Франции с выражением искренней похвалы мастерству А. К. Нартова, что указывает на высокое развитие токарного дела в России.

Гениальный русский ученый М. В. Ломоносов (1711–1765) в академической мастерской разработал, построил и применил оригинальные станки – шлифовальные, лоботокарные и др.

Выдающийся изобретатель паровой машины И. И. Ползунов (1728–1766) изготовил цилиндрорасточные и токарные станки. И. И. Кулибин (1735–1818), выдающийся механик, работая в академических мастерских, которыми он заведовал после Нартова и Ломоносова, изобрел, построил и применил точные специальные станки для изготовления инструмента.

В 1804 г. русский академик В. М. Севергин в своих работах обосновал технологию как «науку о ремеслах и заводах» и сформулировал основные условия, обеспечивающие развитие технологии.

В Отечественную войну 1812 г. тульскими и уральскими механиками было построено и использовано много оригинальных специальных станков для обработки ружейных деталей. В Москве, на заводе Бромлея, во второй половине XIX – начале XX в. конструктор В. Ф. Игнатов создал оригинальные станки – колесотокарные, осетокарные, карусельные, лоботокарные и др.

В Петербурге в 1876 г. была опубликована работа академика А. В. Гадолина (1828–1892) «О переменах скоростей вращения шпинделей токарных и сверлильных станков», в которой впервые была установлена научно обоснованная кинематика станков, до сих пор применяемая во всех странах мира.

В Брянске инженер Г. М. Горохов разработал и построил специальные станки для обработки деталей паровозов. Эти станки получили высшую награду на выставке в Париже в 1900 г. и были описаны в русской и заграничной литературе.

Можно считать, что к началу второй половины XIX в. были созданы все основные виды металлорежущих станков – сверлильные, токарные, строгальные, фрезерные, шлифовальные.

Научное исследование и обоснование явлений, происходящих при резании металлов, впервые сделал в 1868 г. русский профессор И. А. Тиме (1838–1920). Результаты исследований, проведенных им на Луганском заводе и в С.-Петербургском горном институте, опубликованы в трудах «Сопrotивление металлов и дерева резанию» (1870), «Мемуар о строгании металлов» (1877), «Основы машиностроения» (1883). Профессор И. А. Тиме не только создал, но в открытой дискуссии с французскими и немецкими учеными отстаивал научные основы процесса резания металлов. Он открыл закономерности процесса образования стружки как последовательного скалывания отдельных элементов металла в определенной плоскости, классифицировал типы стружек, установил зависимость типа стружки от различных условий резания, объяс-

нил явление усадки стружки, определил зависимость силы резания от элементов среза и разъяснил ряд других вопросов [1].

Вслед за работами И. А. Тиме были проведены крупные научные исследования процесса резания профессором К. А. Зворыкиным (1861–1928), опубликованные в 1893 г. под названием «Работа и усилие, необходимые для отделения металлических стружек». Эти труды дали возможность теоретически определить положение открытой И. А. Тиме плоскости скалывания и показали зависимости сил резания от толщины и ширины срезаемого слоя металла.

В современных условиях обработка металлов резанием должна обеспечивать изготовление деталей из поковок, отливок, проката не только определенной формы и размера, но и с надлежащими свойствами, обеспечивающими долговечность их эксплуатации. Эта задача решается посредством технологического упрочнения наиболее напряженных поверхностей деталей машин. Осуществление такого процесса связано с новыми методами и режимами, инструментами и приспособлениями, применяемыми либо в процессе механической обработки, либо после него.

Основными факторами, обуславливающими и обеспечивающими современный рациональный процесс механической обработки металлов, являются: обрабатываемость, качество режущего инструмента, качество металлорежущего станка, условия и режимы резания, организация и оснащенность рабочего места и квалификация станочника.

1. СВЕДЕНИЯ О ДОПУСКАХ И ПОСАДКАХ

1.1. Взаимозаменяемость

В современном машиностроении различные машины изготовляют поточно-массовым методом без дополнительной слесарной обработки и подгонки деталей.

Возможность замены деталей или узлов машин при их сборке и ремонте без дополнительной слесарной обработки и подгонки называют *взаимозаменяемостью*. Взаимозаменяемость обеспечивается установлением допустимой степени неточности изготовления деталей, т. е. определением величины допустимого отклонения фактических размеров от номинальных.

Номинальными называют основные размеры, от которых исходят при назначении отклонений и которые являются общими для деталей соединения. Так, например, диаметр вала, который должен вращаться в подшипнике, и диаметр отверстия этого подшипника обозначаются на чертежах одинаковым номинальным размером. Номинальные размеры назначаются по конструктивным соображениям, теоретическим расчетам на прочность или согласно опытным данным и округляются. Округление номинальных размеров имеет большое экономическое значение, поскольку ограничивает их разнообразие и общее число в каком-либо диапазоне.

Порядок округления ряда номинальных размеров устанавливается государственным стандартом. Номинальные диаметры деталей общего назначения от 0,5 до 500 мм имеют семь диапазонов (0,5–2,8; 3–4,5; 5–26; 28–48; 50–100; 105–200 и 210–500 мм) и 120 размеров.

Получение назначенного номинального размера детали при обработке металлической заготовки на станке затруднительно из-за определенной неточности станка, упругой деформации приспособлений и режущего инструмента, колебания температуры обрабатываемого изделия и инструмента, различной квалификации рабочих и т. д. Кроме того, не всегда требуется наивысшая точность размера детали; поэтому для обеспечения взаимозаменяемости точность выполнения той или иной детали задают двумя ее *предельными* размерами – наибольшим и наименьшим, за которые выходить уже нельзя.

1.2. Допуски и припуски

Разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами детали называют *допуском размера*. Допуски размеров имеют верхнее и нижнее предельные отклонения. Промежуток между верхним и нижним предельными отклонениями называется *полем допуска*.

Номинальный размер D_n служит началом отсчета отклонений в ту или иную сторону и обычно обозначается нулевой линией $0-0$. На рис. 1 отсчет отклонения сделан в минусовую сторону от номинального размера.

Разность между наибольшим предельным и номинальным размерами называют *верхним предельным отклонением*, а между наименьшим предельным и номинальным размерами – *нижним предельным отклонением*. Следовательно, действительный размер D будет находиться между наибольшим D_b и наименьшим D_m предельными размерами и в частном случае может равняться одному из них. Сказанное может быть выражено неравенством $D_b \geq D \geq D_m$. На чертежах допуски обозначаются путем записи номинального размера и справа от него (обычно вверху более мелким шрифтом) – предельного отклонения, характеризующего поле допуска (рис. 1).

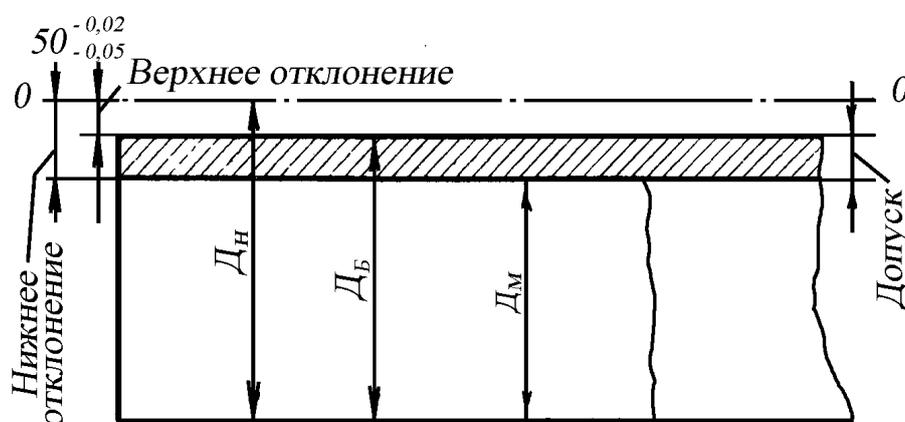


Рис. 1. Допуск и поле допуска

Все размеры изделия, укладываемые в поле допуска, приемлемы, такие изделия считаются годными.

При выборе рациональной величины допуска нужно исходить из номинального размера детали, системы допусков и принятого класса точности обработки, так как один и тот же допуск при разных номинальных размерах характеризует различную степень точности; например, допуск 0,1 мм для размера 4 мм считается грубым, а для размера 400 мм – точным. Рациональные величины допусков в зависимости от номинального размера выбираются по соответствующим таблицам государственных стандартов.

Для получения готовой детали заданной формы, размеров, точности и чистоты поверхности исходная заготовка имеет определенный излишек металла, который подлежит удалению в процессе обработки резанием. Этот излишек металла называют *припуском* на обработку. На практике нужно стремиться к минимальным припускам на обработку, что снижает стоимость обработки и расход металла на единицу изделия.

1.3. Система вала и система отверстия

В машиностроении принято различать размеры сопрягаемые и свободные.

Примером *сопрягаемых* размеров может служить наружный диаметр поршня пневматического молота и парный с ним внутренний диаметр цилиндра, в котором поршень совершает возвратно-поступательное движение. В этом случае цилиндрическая поверхность поршня молота является типовой наружной поверхностью вала, а внутренняя поверхность цилиндра – типовой внутренней поверхностью отверстия.

Для краткости любую наружную поверхность сопрягаемых деталей называют *валом*, а внутреннюю – *отверстием*. Это относится и к поверхностям, форма которых заведомо отличается от цилиндрической. Так, в сопряжении шпонки с пазом паз является отверстием, а шпонка – валом.

Примером *свободных* размеров может служить длина втулки контейнера горизонтального гидравлического пресса, наружный диаметр фланца, диаметр заклепочной головки и т. п.

Систему допусков, в которой за основу берется постоянный предельный размер вала, называют *системой вала* (рис. 2, а). Различные сопряжения с предельным размером вала получают путем необходимого изменения поля допусков отверстия. На чертежах система вала обозначается буквой «В» с индексом класса точности обработки и записывается справа от номинального размера, например 50В₃. Действительный диаметр вала в пределах допуска всегда бывает меньше номинального, в частном случае он равняется ему, но никогда не бывает больше.

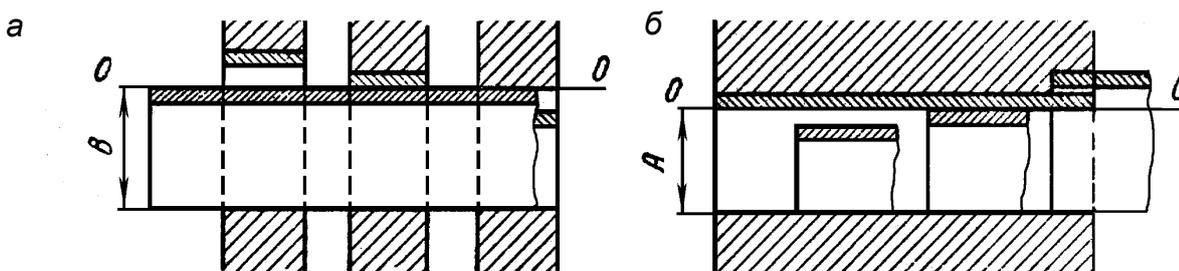


Рис. 2. Система допусков: а – система вала; б – система отверстия

Систему допусков, в которой за основу берется постоянный предельный размер отверстия, называют *системой отверстия* (рис. 2, б). Различные сопряжения с предельным размером отверстия получают путем изменения поля допусков вала. На чертежах система отверстия обозначается буквой «А» с индексом класса точности обработки и записывается справа от номинального размера, например 50А₃. Действительный

размер отверстия всегда больше номинального в пределах допуска, в частном случае может равняться ему, но никогда не бывает меньше.

1.4. Посадки

В машиностроении при сборке деталей в узлы, а узлов – в машины или агрегаты сопрягают парные поверхности одинаковой формы, которые либо входят одна в другую, либо примыкают одна к другой. Характер сопряжения определяется *посадкой*, под которой понимают степень прочности соединения сопрягаемых деталей, или свободу их относительного перемещения. Посадки создаются разностью размеров парных деталей (вала и отверстия), входящих в сопряжения. Различают три основных типа посадок – посадки с зазором, или подвижные, посадки переходные и посадки с натягом, или неподвижные (прессовые).

При *подвижной* посадке сопряженные парные детали могут взаимно перемещаться во время работы в определенном направлении. Такой вид посадки применяется при сопряжении поршня с цилиндром. Чтобы обеспечить подвижную посадку, необходимо иметь диаметр цилиндра несколько больше диаметра поршня. Разность между диаметрами цилиндра и поршня (в общем случае между диаметрами отверстия и вала) называют *зазором*; например, при диаметре отверстия 50 мм, вала – 49,8 мм зазор будет 0,2 мм. Из этого следует, что зазор является величиной положительной.

При *неподвижной* посадке сопряженные парные детали прочно соединяются между собой; их взаимное перемещение во время работы исключается. Неподвижные посадки достигаются путем принудительной запрессовки вала в отверстие. При неподвижной посадке необходимо иметь диаметр вала до запрессовки несколько больше диаметра отверстия. Разность между диаметрами вала и отверстия называют *натягом*.

При *переходных* посадках, обеспечивающих хорошее центрирование отверстий, натяги могут быть положительными и отрицательными; в местах соединений образуется либо натяг, либо зазор, поэтому неподвижность сопрягаемых деталей большей частью обеспечивается при помощи крепежных элементов (шпонки, шплинты и т. д.); разность между диаметрами вала и отверстия незначительна, вследствие этого натяги или зазоры невелики.

В зависимости от степени прочности соединения на практике используется несколько типов подвижных, переходных и неподвижных посадок. Из подвижных посадок в современном машиностроении наиболее часто применяются: 1) посадки скольжения С; 2) движения Д; 3) ходовая Х; 4) теплоходовая ТХ; легкоходовая Л; 6) широкоходовая Ш; из переходных посадок: 1) глухая Г; 2) тугая Т; 3) напряженная Н; 4) плотная П; из неподвижных прессовых посадок: 1) горячая Гр; 2) прессовая Пр; 3) легкопрессовая Пл.

Посадку скольжения с весьма незначительным зазором используют для медленного перемещения деталей (например, пиноль в корпусе задней бабки токарного станка, шпиндель сверлильного станка и т. п.). Посадка движения, также имеющая малый зазор, обеспечивает совпадение осей вала и отверстия (шпиндели токарных станков, делительных головок и т. д.). Ходовые посадки с зазором заметной величины наиболее широко применяются в машиностроении для деталей, вращающихся с умеренными скоростями (коленчатые валы в коренных подшипниках, дроссели во втулке клапана паровоздушного молота и т. п.). Легкоходовые посадки со значительными зазорами имеют взаимное перемещение одной детали в другой при быстроходном вращении или умеренных скоростях, но при большой длине подшипников (валы центробежных насосов, валы приводов круглошлифовальных станков и т. п.). Посадки широкоходовые, обладающие весьма значительными зазорами, используют в тех случаях, когда скорости вращения весьма велики и возможны перекосы при сборке (валы в длинных подшипниках, холостые шкивы на валах и т. п.).

Глухие посадки применяются для деталей, которые не должны демонтироваться в течение всей службы (шестерня на валу бетономешалки или ковочной машины и т. п.). Тугие посадки дают меньший натяг, чем глухие; используются для деталей и узлов, которые при капитальном ремонте можно менять (ступенчатый шкив на валу привода транспортера или круглошлифовального станка и т. п.). Напряженная посадка дает или нулевой, или отрицательный натяг; встречается в узлах и деталях, подлежащих смене без особых усилий при мелких ремонтах (шестерни в металлорежущих станках и т. п.). Плотная посадка характеризуется отрицательным натягом (зазором); применяется в узлах, подвергающихся сборке и разборке в процессе эксплуатации (сменные шестерни, сменные втулки и т. п.).

При горячей, прессовой и легкопрессовой посадках, используемых для неразъемных соединений без крепежных элементов, натяги бывают такими, что в процессе сборки на сопряженных парных поверхностях они создают упругие деформации, обеспечивающие во время работы противодействие взаимному смещению деталей (стальные бандажные колеса, шестерни на промежуточном валу грузового автомобиля, втулки в шестерне передней бабки токарного станка и т. п.).

На чертежах тип посадки условно обозначается соответствующей буквой и индексом справа, указывающим класс точности, например, легкоходовая посадка 4-го класса точности обозначается Л₄.

1.5. Понятие о точности изготовления и шероховатости поверхности деталей

Точность изготовления. Принцип взаимозаменяемости обязывает согласовывать степень точности изготовления различных деталей с их назначением и условиями эксплуатации. Под *точностью* изготовления в машиностроении понимают степень соответствия фактического размера и геометрической формы детали номинальному размеру и форме, заданным по чертежу. Увеличение точности изготовления деталей сверх необходимой приводит к удорожанию обработки, снижению производительности станка и т. д.

Точность изготовления детали устанавливается обычно двумя предельными величинами – наибольшим и наименьшим допустимыми размерами, численные значения которых зависят от типа посадки и габаритов детали.

В машиностроении применяют 10 классов точности: 1, 2, 2а, 3, 3а, 4, 5, 7, 8, 9-й. Отсутствует 6-й класс точности, так как в соответствии с международной системой допусков (JSA) предполагалось интервал между 4-м и 7-м классами разбить на три диапазона.

Каждый класс точности характеризуется определенными допусками для вала и отверстия.

Наиболее высокий класс точности – 1-й, он достигается путем точного шлифования, алмазного точения, калибровки и доводки, применяется в приборостроении, точном станкостроении, при изготовлении деталей шарикоподшипников и т. д.

2-й и 2-й «а» классы точности обеспечиваются чистым точным шлифованием, точным протягиванием и чистовым развертыванием; встречаются в точном машиностроении, станкостроении, при изготовлении автомобильных, авиационных двигателей, электромоторов, пневматических и других подобных машин.

3-й и 3-й «а» классы точности получают при черновом шлифовании и чистовом точении; применяются в общем машиностроении, автотракторостроении, вагоностроении, дизелестроении, при производстве паровых машин и турбин.

4-й класс точности дают рядовое точение, точное сверление и зенкерование; используется в тепловозостроении, сельскохозяйственном машиностроении.

5-го класса точности достигают путем чернового точения и грубого сверления; применяется в машиностроении для неотчетливых деталей различных механизмов, где не предъявляется высоких требований к сопряжениям парных деталей.

7, 8 и 9-й классы точности получают при литье, ковке и прокатке, а также при грубой обдирке на станках; применяются для деталей свободных размеров или заготовок с соответствующими припусками на последующую чистовую обработку на станках.

Шероховатость поверхности. На поверхности изготавливаемых деталей обрабатывающий инструмент оставляет неровности в виде различных впадин и гребней, которые после черновой обработки видны невооруженным глазом, а после чистовой – при увеличении под микроскопом. Эти гребни и впадины получили название *микронеровностей поверхности изделия*. По высоте гребней и глубине впадин определяют качество поверхности изделия: чем они меньше, тем поверхность чище.

ГОСТ 2789–51 вводилось понятие чистоты поверхности изделия. Размерная характеристика чистоты поверхности обрабатываемой детали определялась двумя параметрами: средним квадратичным отклонением высот микронеровностей $H_{ск}$ и средним арифметическим отклонением высот микронеровностей $H_{ср}$ от гребня до дна впадин, вычисленных на небольшой длине (обычно 1–3 мм).

ГОСТ 2789–59 вводит понятие шероховатости поверхности изделия. *Шероховатость поверхности* представляет собой совокупность неровностей, образующих рельеф поверхности в пределах рассматриваемого участка, длина которого выбирается в зависимости от характера поверхности и равна базовой длине.

Шероховатость поверхности образуется в результате обработки резанием и может представлять собой сочетание наложенных друг на друга неровностей с различными шагами.

Для характеристики шероховатости поверхности по ГОСТ 2789–59 различают следующие термины.

Г е о м е т р и ч е с к а я п о в е р х н о с т ь – это поверхность тела заданной геометрической формы, не имеющая неровностей и отклонений от плоской или иной, обозначенной на чертеже формы (рис. 3).

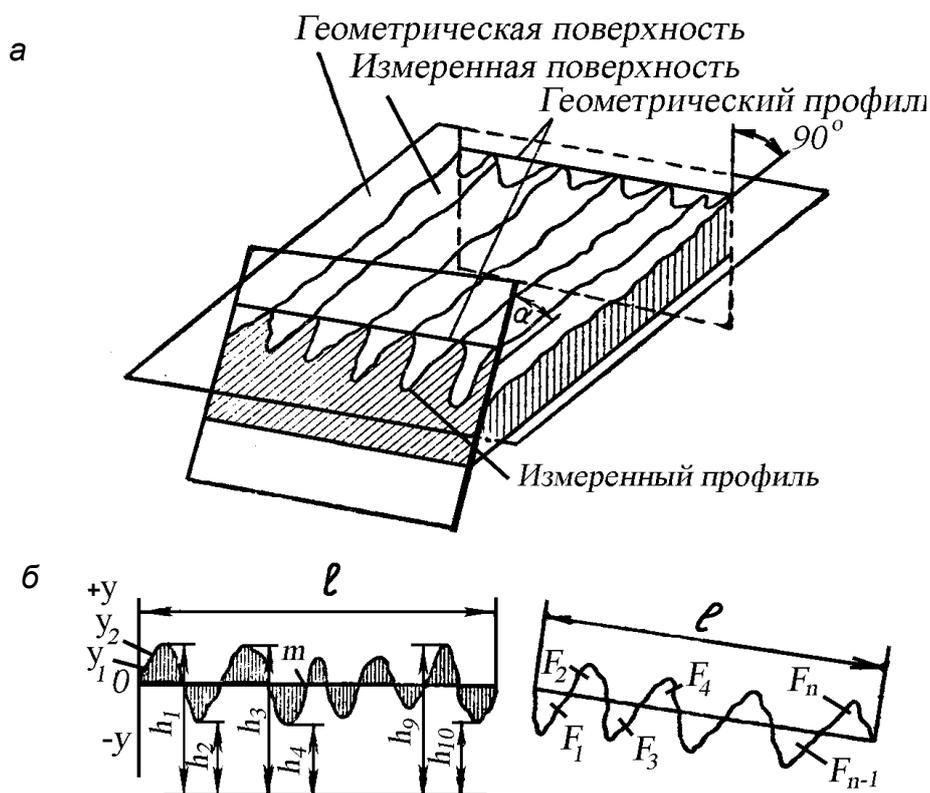


Рис. 3. Шероховатость поверхности по ГОСТ 2789–59:
а – основные элементы; б – профиль

Реальная поверхность – это поверхность, которая ограничивает тело и отделяет его от окружающей среды.

Неровности – выступы и впадины на реальной поверхности.

Измеренная поверхность – это поверхность, воспроизведенная в результате измерения реальной поверхности с учетом ее выступов и впадин (рис. 3, а).

Геометрический профиль – сечение геометрической поверхности плоскостью, ориентированной в заданном направлении по отношению к этой (геометрической) поверхности.

Измеренный профиль представляет собой сечение измеренной поверхности плоскостью, которая ориентирована по отношению к геометрической поверхности под заданным углом α . Графическое изображение измеренного профиля называется *профилограммой*.

Шаг неровностей – расстояние между вершинами характерных неровностей измеренного профиля.

Базовая длина – это длина участка поверхности, выбираемая для измерения шероховатости поверхности без учета других видов неровностей, имеющих шаг более l (рис. 3, б).

Средняя линия профиля – это линия, имеющая форму геометрического профиля; она служит базой для определения числовых значений шероховатости (рис. 3, б). Средняя линия должна делить из-

меряемый профиль таким образом, чтобы в пределах базовой длины площади по обеим сторонам от средней линии до линии профиля были равны между собой, т. е. согласно обозначений на рис. 3

$$F_1 + F_2 + \dots + F_{n-1} = F_2 + F_4 + \dots + F_n.$$

В соответствии с ГОСТ 2789–59 шероховатость поверхности определяется одним из следующих параметров:

- а) средним арифметическим отклонением R_a ;
- б) высотой неровностей R_z .

Среднее арифметическое отклонение профиля R_a характеризует среднее значение расстояний (y_1, y_2, \dots, y_n) точек измеренного профиля до его средней линии (рис. 3, б) и приближенно может быть посчитано по формуле

$$R_a = \frac{\sum_1^n (y_i)}{n}.$$

Высота неровностей R_z – это среднее расстояние между находящимися в пределах базовой длины пятью высшими точками выступов и пятью низшими точками впадин, измеренное от линии, параллельной средней линии (рис. 3, б), и выраженное формулой

$$R_z = \frac{(h_1 + h_3 + \dots + h_9) - (h_2 + h_4 + \dots + h_{10})}{5}.$$

Новым государственным стандартом устанавливаются 14 классов чистоты поверхности, из которых первый класс является наиболее грубым, а четырнадцатый – наиболее гладким. Для обозначения классов чистоты поверхностей принят один знак – $\sqrt{\quad}$, перед которым указывается высота неровностей R_z поверхности в микронах.

Для принятых 14 классов чистоты поверхности максимальные численные значения шероховатости R_a и R_z при выбранных базовых длинах l , мм, должны соответствовать совершенно определенным величинам в микронах. Например, для 3-го класса величина $R_a = 20$ мк, а $R_z = 80$ мк при базовой длине $l = 8$ мм; для 8-го класса величина $R_a = 0,63$ мк, а $R_z = 3,2$ мк при $l = 0,8$ мм и т. д.

Для 6–12-го классов чистоты поверхности основной характеристикой шероховатости является шкала R_a , а для 1–5, 13 и 14-го классов – шкала R_z .

Если требуются более мелкие градации чистоты поверхности, ГОСТ 2789–59 предусмотрена для 6–14-го классов чистоты поверхности дополнительная разбивка на три разряда («а», «б», «в») в каждом классе (например, 8а, 8б, 8в для R_a и R_z).

Для оценки чистоты поверхности и измерения шероховатости и неровности поверхности применяются эталоны чистоты поверхности и различные приборы.

Контрольные вопросы и задания

1. Что входит в понятие взаимозаменяемости?
2. Что входит в понятие допуска и с какой целью назначается припуск?
3. Что обозначают понятия «система вала» и «система отверстия»?
4. Назовите виды посадок, применяемые при сборке деталей.
5. Дайте понятие точности изготовления детали.
6. Раскройте понятие шероховатости поверхности. Как измеряется величина шероховатости поверхности детали?

2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РЕЗАНИИ МЕТАЛЛОВ

2.1. Обрабатываемость металлов резанием

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 друг за другом с каждой обрабатываемой поверхностью. В ряде случаев припуск может быть настолько большим, что его срезают не сразу, а за несколько проходов. После срезания с заготовки всего припуска, оставленного на обработку, заготовка прекращает свое существование и превращается в готовую деталь.

Металл, удаляемый в процессе резания с заготовки, подвергается пластическому деформированию и разрушению. В результате этого материал припуска, отделенный от обрабатываемой заготовки, приобретает характерную форму, и в таком виде его принято называть стружкой. Срезанная с заготовки стружка является побочным продуктом – отходом обработки металлов резанием. Пластическое деформирование и разрушение материала припуска с превращением его в стружку протекает при резании в специфических условиях. Это предопределяет и своеоб-

разные закономерности процесса, отражаемые функциональными зависимостями, справедливыми только для обработки металлов резанием. Таким образом, характерным признаком обработки металлов резанием является стружка. *Все способы и виды обработки металлов, основанные на срезании припуска и превращении его в стружку, составляют методы, определяемые термином «резание металлов».* Все разновидности резания подчиняются общим закономерностям. Способы разделения металлов на части, при которых стружка не образуется, например разрезка ножницами, к обработке резанием не относятся. Условия деформирования обрабатываемого металла и образования новых поверхностей при разрезке ножницами не подчиняются закономерностям теории резания металлов.

Подготовка конструкционных металлов к операциям обработки резанием. Выпускаемый металлургической промышленностью стальной прокат разных профилей и сечений поставляется машиностроительным заводам в виде прутков, полос и листов. Перед тем как приступить к изготовлению деталей машин, поступивший стальной прокат разделяют в заготовительных цехах на мерные куски. Часть заготовленных мерных кусков стального проката доставляют непосредственно в механические цехи. Другую часть направляют в кузнечно-прессовый цех для производства поковок или штамповок, которые по форме и размерам более близки к готовым деталям. Это позволяет в значительной степени сократить трудоемкость операций, связанных с обработкой резанием. Часто из мерных кусков стального проката разных марок сваривают неразъемную заготовку, которую затем подвергают механической обработке резанием.

При необходимости мерные куски стального проката перед механической обработкой поступают в термический цех для предварительной термической обработки.

Заготовки могут быть также литыми из чугуна и стали, алюминиевых сплавов, сплавов на основе меди (бронзы, латуни). Их производят в литейных цехах в виде фасонных отливок сложной формы. Это корпусные детали с тонкими стенками, которые невозможно получить штамповкой.

Продукцию заготовительных производств – кузнечно-прессовых, литейных, сварочных, термических и механических цехов, предназначенную для последующей механической обработки резанием с целью изготовления из них необходимых деталей, принято называть заготовками.

Масса заготовок всегда больше массы произведенных из них готовых деталей. Избыток массы, определяющий размер припуска, надлежит срезать с заготовок в процессе механической обработки. Удаление общего припуска с поверхностей заготовок осуществляется обычно за несколько технологических операций режущими инструментами разного вида путем деления его на межоперационные припуски, В теории и

практике резания металлов межоперационные припуски на обработку определяют глубину резания.

Требования к обработке резанием. Рабочий процесс обработки металлов резанием заключается в динамическом и кинематическом взаимодействии двух твердых тел – обрабатываемой заготовки и режущего инструмента.

К резанию металлов как технологическому процессу обработки деталей предъявляются следующие требования:

- а) высокое качество и точность обработанных поверхностей;
- б) высокая производительность труда;
- в) экономичность.

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

К первой группе относятся факторы, тем или иным способом связанные с физической природой и структурным состоянием металла обрабатываемой заготовки.

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

В третью группу входят факторы, отражающие эксплуатационные условия проведения процесса резания.

Показатели обрабатываемости металлов резанием. При изучении процесса резания был установлен целый ряд взаимосвязанных параметров и характеристик.

Совокупность этих параметров и характеристик принято выражать общим термином – «обрабатываемость металлов резанием», под которым понимается свойство конструкционных материалов подвергаться обработке резанием.

К числу показателей, определяющих сущность термина «обрабатываемость резанием», относятся:

- сила резания (момент вращения) по сравнению с эталонным металлом (обычно сталь 45), измеренная в равных режимных условиях;
- эффективная мощность, затрачиваемая на резание по сравнению с эталонным металлом в равных режимных условиях;
- усадка стружки продольная и поперечная как мера пластической деформации, необходимой и достаточной для ее срезания и образования новых поверхностей на стружке и обрабатываемой заготовке;
- наличие или отсутствие склонности к наростообразованию в равных условиях резания, а также форма нароста;
- качество поверхностей, обработанных резанием в равных и оптимальных режимных условиях, оцениваемое шероховатостью и остаточным напряжением в поверхностных слоях изготовленной детали;
- интенсивность изнашивания инструментального материала по сравнению с резанием эталонного металла;

– теплота, выделяющаяся при деформации материала срезаемого слоя и контактом взаимодействии трущихся поверхностей, а также ее распределение 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 обслуживающего персонала;

– энергозатраты на срезание единицы массы стружки.

Количественные выражения показателей обрабатываемости конструкционного металла данного химического состава и структурного состояния определяются твердостью, пределом прочности и относительным удлинением, коэффициентом трения в паре с инструментальным материалом, свойством изнашивать лезвия инструмента, теплопроводностью и т. д. В реальных производственных условиях перечисленные свойства конструкционных металлов в связи с отклонениями химического состава и неоднородностью микроструктуры не являются постоянными.

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

2.2. Способы обработки металлов резанием и основные элементы режимов резания

Для осуществления обработки резанием необходимо иметь сочетание двух видов рабочего движения:

- 1) главного движения, скорость которого больше остальных движений;
- 2) движения подачи, скорость, которого меньше главного движения.

Наиболее распространенными способами обработки металлов резанием являются **точение, сверление, фрезерование, строгание, шлифование**.

Точение производят на станках токарной группы; главное движение V (в данном случае – вращательное) совершает заготовка, а движение подачи S (поступательное вдоль оси заготовки) – режущий инструмент – токарный резец (рис. 4, а).

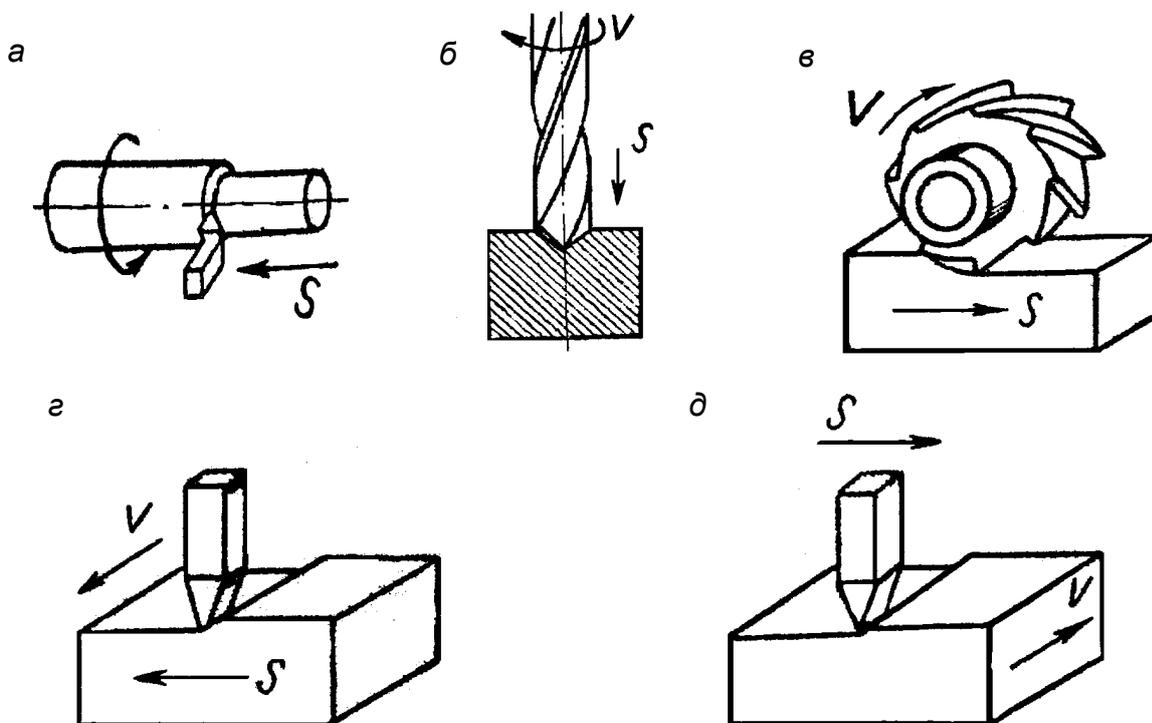
Сверление производят на сверлильных станках; главное движение V (вращательное) и движение подачи S (поступательное) осуществляет режущий инструмент – сверло (рис. 4, б).

Фрезерование производят на фрезерных станках; главное движение V (вращательное) совершает инструмент – фреза, а движение подачи S (прямолинейное) – обрабатываемая заготовка (рис. 4, в).

Строгание осуществляют на строгальных станках; при строгании на поперечно-строгальных станках главное движение V (прямолинейное возвратно-поступательное) совершает инструмент – резец, а движение подачи S (прямолинейное прерывистое) – обрабатываемая заготовка (рис. 4, г); при строгании на продольно-строгальных станках главное движение V (прямолинейное возвратно-поступательное) сообщается заготовке, а движение подачи S – резцу (рис. 4, д).

Шлифование производят на станках шлифовальной группы; при наружном круглом шлифовании главное движение V (вращательное) сообщается шлифовальному кругу, а движение подачи S (вращательное и продольное возвратно-поступательное) – обрабатываемой заготовке (рис. 4, е); при плоском шлифовании главное движение V (вращательное) совершает шлифовальный круг, а движение подачи S – заготовка (продольное возвратно-поступательное S_{np}) и шлифовальный круг (поперечное S_{non}) (рис. 4, ж).

Во всех рассмотренных способах обработки металлов резанием скорость главного движения V во много раз превышает скорость движения подачи S .



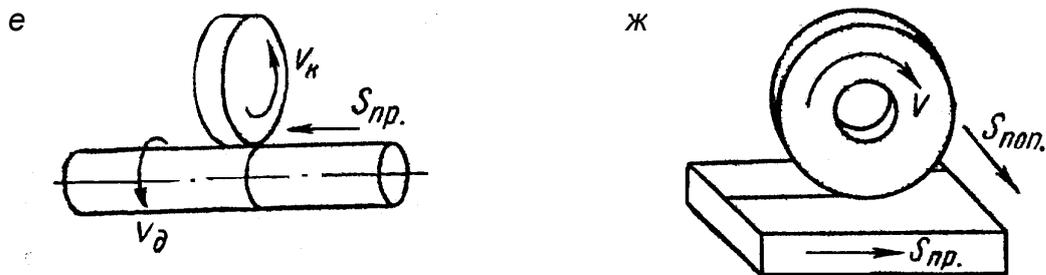


Рис. 4. Основные способы обработки металлов резанием: а – точение; б – сверление; в – фрезерование; г – строгание на поперечно-строгальном станке; д – строгание на продольно-строгальном станке; е – наружное круглое шлифование; ж – плоское шлифование

Основные элементы режима резания. Основными элементами, характеризующими режим резания, являются: 1) скорость резания; 2) подача; 3) глубина резания; 4) поперечное сечение среза (ширина и толщина среза); 5) штучное и машинное время. На рис. 5 показана схема процесса резания с элементами резания.

Скоростью резания называют величину перемещения в единицу времени обрабатываемой поверхности заготовки относительно режущей кромки инструмента.

Скорость резания, м/мин,

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

где D – диаметр обрабатываемой поверхности заготовки, мм; n – число оборотов заготовки в 1 мин.

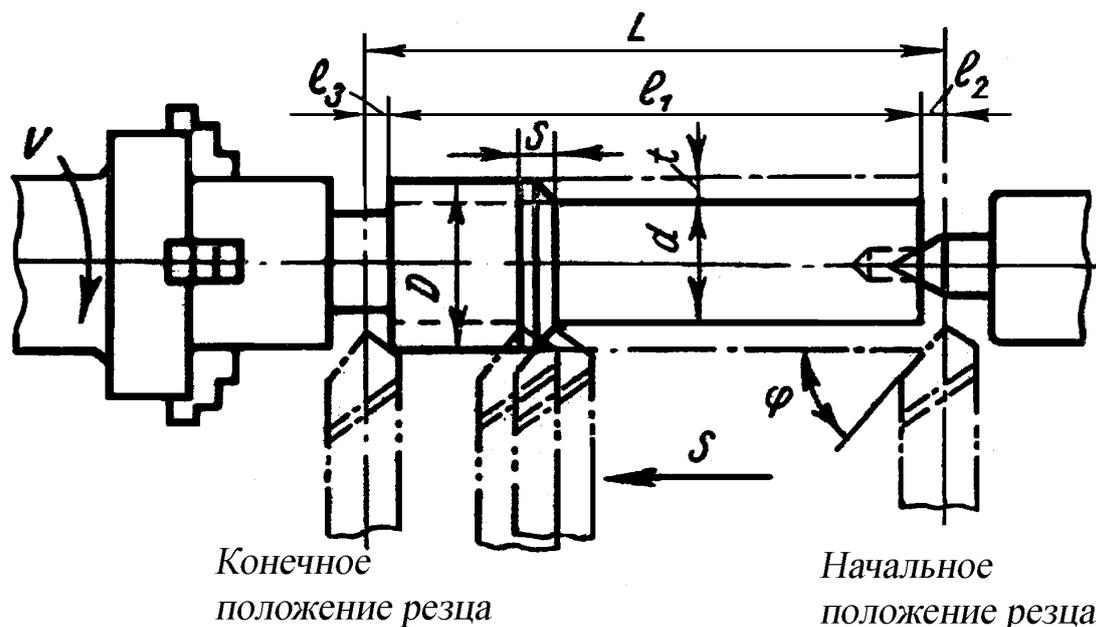


Рис. 5. Элементы режимов резания

Подача – величина поступательного перемещения режущей кромки резца за один оборот обрабатываемой заготовки (рис. 5); при точении измеряется в миллиметрах на оборот.

Глубиной резания t называют расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями, полученное за один проход резца.

Глубину резания t измеряют по перпендикуляру к оси заготовки и при наружном продольном точении за один проход определяют по формуле, мм,

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

где d – диаметр обработанной поверхности заготовки, мм.

Поперечное сечение среза f , представляющее собой площадь срезаемого слоя, равняется произведению величины подачи S на глубину резания t , мм²:

$$f = S \cdot t.$$

Время, затрачиваемое на изготовление одной детали, называется штучным, оно состоит из машинного (основного) и вспомогательного времени.

Машинным, или основным, называют время, затрачиваемое непосредственно на процесс резания металла резцом. Машинное время T_m , потребное при точении на обработку одной детали в несколько проходов, определяют по формуле, мин,

$$T_m = \frac{L \cdot i}{S \cdot n},$$

где L – расчетная длина хода резца, мм; i – число проходов.

Расчетная длина хода резца при продольном точении состоит из длины обрабатываемой поверхности детали l_1 , величины врезания резца l_2 , перебега резца l_3 и определяется по формуле, мм,

$$L = l_1 + l_2 + l_3.$$

Величина врезания резца зависит от глубины резания, главного угла резца в плане φ и определяется по формуле

$$l_2 = t \cdot ctg\varphi.$$

Величина перебега резца l_3 необходима для предотвращения образования заусеницы в конце обработки и в зависимости от диаметра обрабатываемой детали принимается равной 1–3 мм.

Вспомогательным называют время, затрачиваемое рабочим на различного рода подготовительные операции, обеспечивающие успешное выполнение основного производственного задания (установка и снятие детали, пуск и остановка станка, установка и снятие инструмента, подвод резца, измерение детали, уборка стружки и т. д.).

Штучное время $T_{шт}$, потребное на обработку одной детали, определяют по формуле, мин,

$$T_{шт} = T_m + T_g + T_{обс} + T_{отд},$$

где T_m – машинное время, мин; T_g – вспомогательное время, мин; $T_{обс}$ – время на техническое обслуживание рабочего места и станка, мин; $T_{отд}$ – время перерывов на отдых и личные надобности, мин.

Зная штучное время, можно определить производительность станка – количество деталей, изготовляемых в единицу времени, например в течение часа. Часовая производительность станка, шт/ч,

$$A = \frac{60}{T_{шт}} = \frac{60}{(T_m + T_g + T_{обс} + T_{отд})}.$$

Из приведенной формулы видно, что производительность станка может быть увеличена за счет уменьшения машинного и вспомогательного времени, а также времени на обслуживание рабочего места и станка.

Машинное время можно существенно сократить, воспользовавшись наивыгоднейшими режимами резания и прогрессивными методами обработки. Автоматизация и механизация работ, применение рациональных приспособлений, обучение всех рабочих передовым методам труда – пути сокращения вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места и станка.

2.3. Геометрическая форма и углы резца

Наиболее распространенным режущим инструментом является резец (рис. 6).

Резец состоит из головки, или рабочей части, A и тела B , закрепляемого в резцедержателе. Головка резца имеет переднюю поверхность 1, по которой сходит снимаемая стружка, главную 2 и вспомогательную 3 поверхности, задние поверхности и основание 4. Пересечением передней и главной задней поверхностей образуется главная режущая кромка резца $a-b$; пересечением передней и вспомогательной задней поверх-

ностей – вспомогательная режущая кромка резца a – b . Кроме того, у резца имеется вершина a . Главная режущая кромка выполняет основную работу – резание.

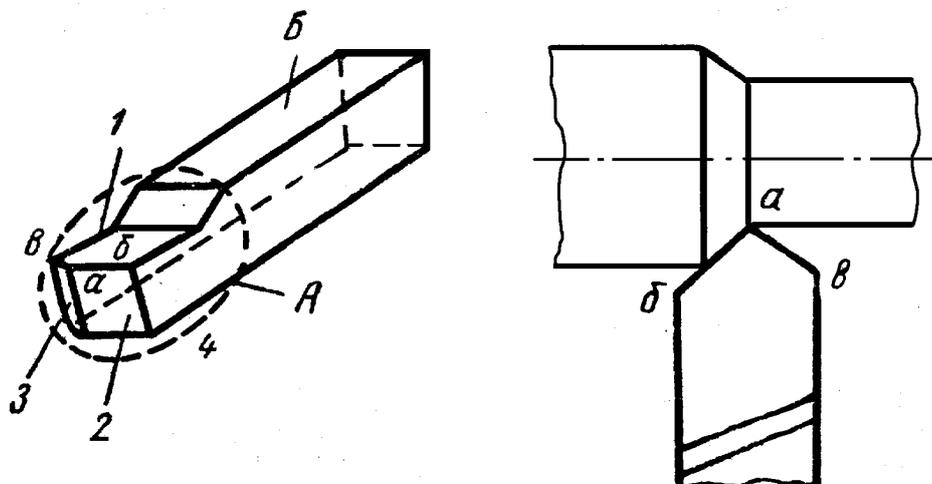


Рис. 6. Резец и его элементы: 1 – передняя поверхность головки; 2 – главная поверхность головки; 3 – вспомогательная поверхность головки; 4 – задние поверхности головки и основание

При обработке детали различают три вида поверхностей (рис. 7):

- 1) обрабатываемую, с которой снимают стружку;
- 2) обработанную, получаемую после снятия стружки;
- 3) поверхность резания, образуемую главной режущей кромкой.

Для определения углов резца в качестве исходных плоскостей установлены плоскость резания и основная плоскость [2].

Первой из них является плоскость, касательная к поверхности резания и проходящая через главную режущую кромку резца; второй – плоскость, параллельная направлениям продольной и поперечной подачи. У токарного резца основная плоскость совпадает с нижней опорной поверхностью резца.

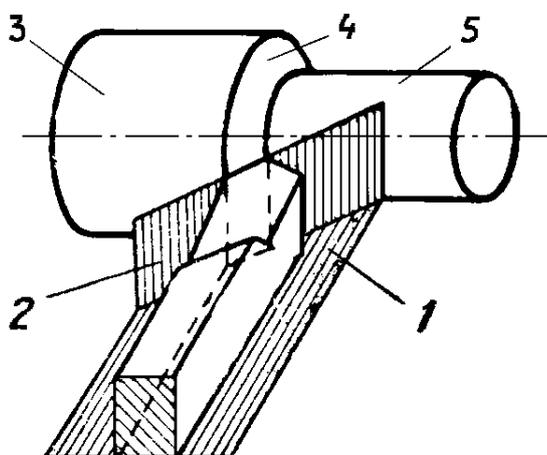


Рис. 7. Основные поверхности об-

рабатываемой детали и исходные плоскости: 1 – основная плоскость; 2 – плоскость резания; 3 – обрабатываемая поверхность; 4 – поверхность резания; 5 – обработанная поверхность

Резец имеет главные, вспомогательные углы и углы в плане. На рис. 8 показаны углы резца.

Если провести главную секущую плоскость $N-N$ перпендикулярно проекции главной режущей кромки на основную плоскость, то получим главный задний угол α , главный передний угол γ , угол заострения β и угол резания δ .

Главный задний угол α , образованный главной задней поверхностью и плоскостью резания, служит для уменьшения трения поверхности резания о главную заднюю поверхность резца и обычно принимается равным 6–12°.

Главный передний угол γ получают при пересечении передней поверхности резца и дополнительной плоскости, перпендикулярной плоскости резания, проведенной через главную режущую кромку. Главный передний угол облегчает процесс стружкообразования, может быть положительным и отрицательным, берется в пределах от –10 до +15°. Чем мягче обрабатываемый материал, тем больше берется угол γ .

Если провести вспомогательную секущую плоскость N_1-N_1 перпендикулярно проекции вспомогательной режущей кромки на основную плоскость, то можно получить вспомогательный задний угол α_1 . Его образуют вспомогательная задняя поверхность резца и плоскость, проходящая через вспомогательную режущую кромку перпендикулярно основной плоскости. Вспомогательный задний угол чаще всего берется в пределах 8–10°, это обеспечивает минимальное трение резца об обрабатываемую поверхность.

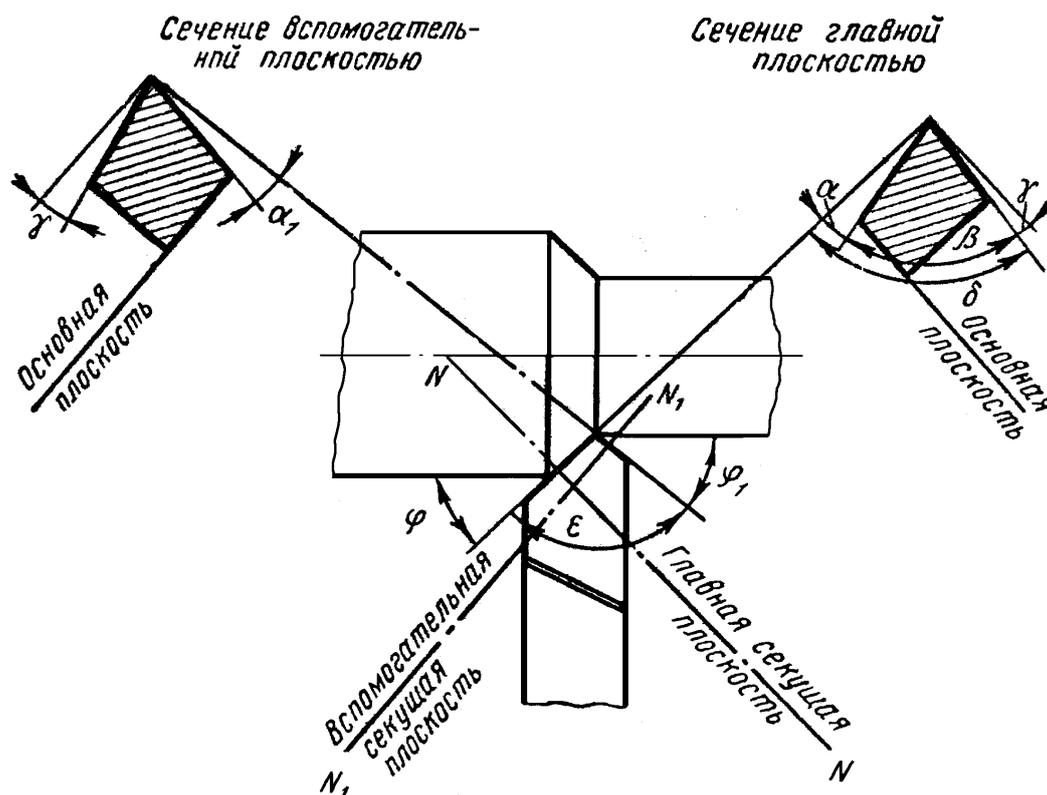


Рис. 8. Углы резца

К углам резца в плане относятся: главный угол в плане φ , вспомогательный угол в плане φ_1 и угол при вершине в плане ε . Перечисленные углы резца влияют на его стойкость и величину допускаемой скорости резания.

Главный угол в плане φ – угол между проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи – изменяется в пределах от 30 до 70° (для металла средней твердости $\varphi = 45^\circ$).

Вспомогательным углом в плане φ_1 называют угол между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи; его обычно принимают равным 10–15°.

Угол при вершине в плане ε образуют проекциями главной и вспомогательной режущих кромок на основную плоскость; чем выше ε , тем больше стойкость резца. Угол ε находят из соотношения $\varepsilon = 180^\circ - (\varphi + \varphi_1)$.

2.4. Процесс образования и виды стружки

Процесс образования стружки. Если закрепить заготовку A на станке, а резец B установить на некоторую глубину резания и перемещать под действием силы P по направлению стрелки (рис. 9, а), то после соприкосновения с заготовкой резец передней поверхностью постепенно будет вдавливаясь в металл и сжимать его поверхностный слой. Под давлением резца поверхностный слой металла будет упруго деформироваться, т. е. в нем возникнет определенное напряженное состояние. Если продолжать вдавливание резца в металл, то наступит момент, ко-

гда возникшее напряжение превысит сначала предел упругости, а затем и предел прочности данного металла; это приведет к сдвигу по плоскости скалывания $N-N$ и отделению от основной массы металла первого элемента стружки (рис. 9, б). Таким же путем и под воздействием тех же сил от основной массы металла отделяются второй, третий и последующие элементы (рис. 9, в), образуя стружку. Отделение элементов стружки происходит по плоскостям скалывания, параллельным плоскости $N-N$. Плоскости скалывания и обработанная поверхность составляют угол скалывания Δ . Установлено, что величина угла скалывания для разных металлов колеблется в пределах $145-155^\circ$ [12].

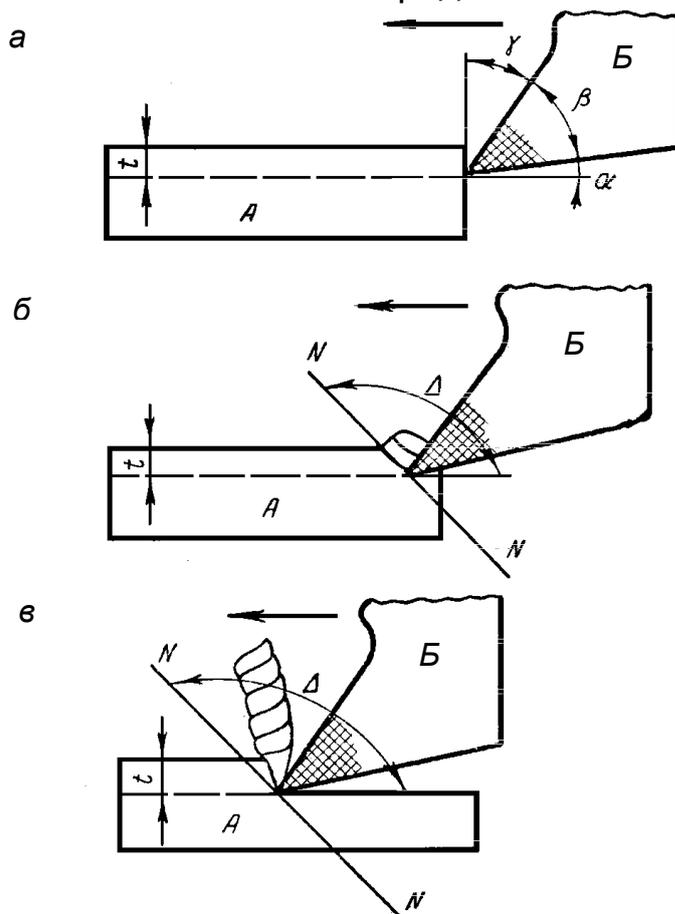


Рис. 9. Схема процесса образования стружки: а – процесс вдавливания резца в деталь; б – начало образования стружки; в – образование и отделение стружки

Стружка, образуемая в процессе резания металлов, пластически деформируется – укорачивается по длине и увеличивается по сечению.

Это явление носит название усадки. Вследствие усадки длина снятой стружки получается короче длины обработанной поверхности (пути, пройденного резцом по поверхности резания).

В общем случае величина усадки стружки зависит от механических свойств обрабатываемого материала, величины переднего резца, скорости резания, подачи и охлаждения. С увеличением переднего угла

резца, скорости резания и применения смазочно-охлаждающих жидкостей коэффициент усадки снижается.

Виды стружек. Виды стружек приведены на рис. 10. При резании различных материалов получают три вида стружек – сливную, скалывания и надлома.

Сливная стружка (рис. 10, а) имеет вид непрерывной ленты, закручивающейся в спираль; она как бы «стекает» с резца. Такая стружка образуется при обработке вязких металлов (малоуглеродистая сталь, медь, алюминий, свинец и т. д.) с малыми подачами, большими скоростями резания и большим передним углом. Обработанная поверхность имеет гладкий блестящий вид.

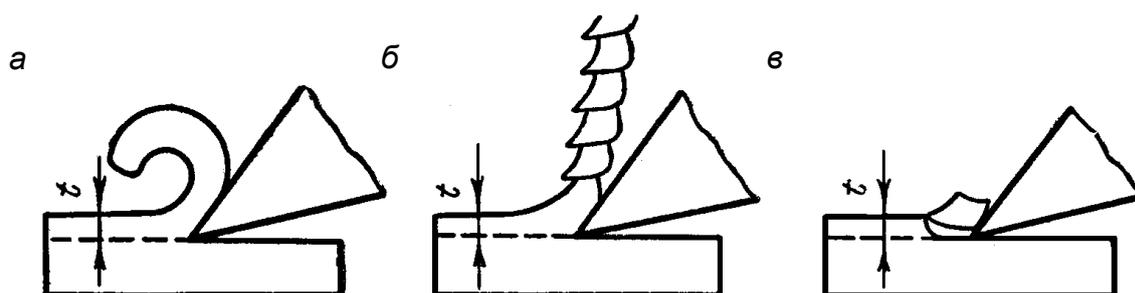


Рис. 10. Виды стружек: а – сливная стружка, б – стружка скалывания, в – стружка надлома

Стружка скалывания (рис. 10, б), состоящая из отдельных элементов, образуется при обработке менее вязких металлов (высокоуглеродистая сталь и т. д.) с большими подачами (большими толщинами стружки), малыми скоростями резания и малым передним углом. Обработанная поверхность имеет ровный вид.

Стружка надлома (рис. 10, в) представляет собой отдельные частицы металла неправильной формы, образуется при обработке хрупких металлов (чугун, бронза). На обработанной поверхности остаются следы неровности.

2.5. Силы, действующие на резец

При обработке резанием металл оказывает сопротивление режущему инструменту. Это сопротивление преодолевается силой резания, приложенной к передней поверхности резца. Сила резания затрачивается на отрыв элемента стружки от основной массы металла и его деформацию, а также на преодоление трения стружки о переднюю поверхность резца и задней поверхности резца о поверхность резания.

Величина силы резания зависит от свойств обрабатываемого металла или сплава, величины подачи и глубины резания, углов заточки резца, скорости резания, охлаждения и ряда других факторов. При продольном точении силу резания P обычно раскладывают на три составляющие P_x , P_y , P_z . (рис. 11). Составляющая сила P_x действует в горизонтальной плоскости параллельно оси заготовки; ее называют осевой си-

лой, или силой подачи. Составляющая сила P_y направлена в горизонтальной плоскости по радиусу обрабатываемой заготовки, ее называют радиальной силой. Составляющая сила P_z действует в вертикальной плоскости по касательной к поверхности резания в направлении главного движения; ее называют вертикальной касательной силой резания или просто силой резания. Равнодействующая всех трех составляющих сил определяется по известной из механики формуле

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2}.$$

По некоторым опытным данным между силой подачи P_x , радиальной силой P_y и силой резания P_z установлено следующее приближенное соотношение: $\frac{P_x}{P_z} = 0,3-0,4$; $\frac{P_y}{P_z} = 0,4-0,5$. Наибольшей составляющей из указанных трех сил является P_z . Она создает крутящий момент $M_{кр}$ на обрабатываемой детали, который определяется по формуле, кг · мм,

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2}.$$

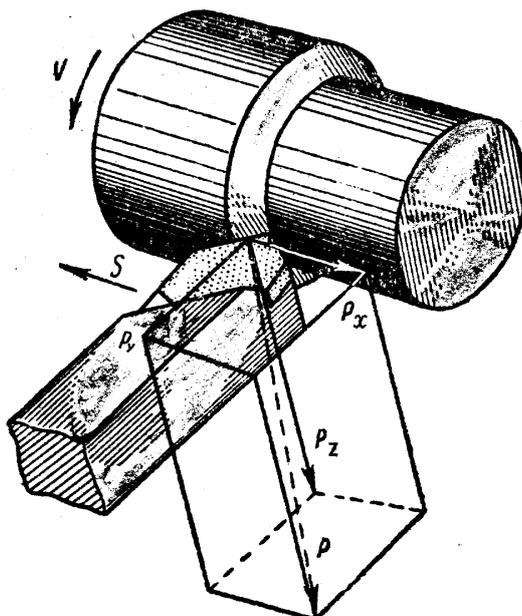


Рис. 11. Схема разложения силы резания на ее составляющие

Для определения силы резания P_z , возникающей, например, при точении, пользуются следующей формулой, кг:

$$P_z = C_p \cdot t_p^x \cdot S_h^y \cdot K,$$

где C_p – коэффициент, характеризующий обрабатываемый материал и условия обработки (определяется по таблицам); K – общий поправочный коэффициент, учитывающий конкретные условия обработки (также определяется по таблицам) [2].

Значения показателей степеней x_p и y_p для большинства видов точения (наружное точение, растачивание, фасонное точение и т. д.) обычно принимаются: $x_p = 1$; $y_p = 0,75$. В процессе обработки резанием рассматриваемые три взаимно-перпендикулярные силы нагружают механизмы металлорежущего станка, резец и обрабатываемую деталь. Вследствие такого нагружения резец и деталь испытывают некоторую упругую деформацию, что приводит к частичному отжатию (перемещению) их в направлении действия сил и является одной из причин неточности обработки. Так, сила резания P_z отжимает резец книзу, а резец под действием этой силы стремится изогнуть деталь вверх; сила P_x отжимает резец в направлении, противоположном продольной подаче, и стремится уменьшить величину подачи; сила P_y отталкивает резец от обрабатываемой детали и стремится уменьшить глубину резания. Для получения большей точности обработки, учитывая действие сил P_x , P_y , P_z , при чистовых проходах обычно уменьшают сечение снимаемой стружки. Правильный выбор углов резца и применение смазочно-охлаждающих жидкостей также способствуют улучшению качества и точности обработки резанием.

2.6. Стойкость и износ резцов

В процессе снятия стружки вся механическая работа резания полностью переходит в эквивалентное ей количество тепла. Работа резания A зависит от силы резания P_z , скорости резания V и определяется по формуле, кГм/мин,

$$A = P_z \cdot V .$$

Количество тепла Q , выделяющееся при резании в единицу времени (в 1 мин), определяется с учетом теплового эквивалента работы, равного 427 кГм/ккал, тогда, ккал/мин,

$$Q = \frac{A}{427} = \frac{P_z V}{427} .$$

Образующееся тепло распределяется между обрабатываемой деталью, стружкой и резцом; незначительная часть тепла излучается в окружающую среду. В непосредственной зависимости от количества выделяющегося при резании тепла и его распределения между обрабатываемой деталью, стружкой и резцом, а следовательно, от температуры резания находятся стойкость и износ резцов.

Под *стойкостью* резца подразумевается время его непрерывной работы при заданном режиме резания до момента затупления. Главным фактором, влияющим на стойкость резца, является скорость резания. Между скоростью резания V и стойкостью T (периодом стойкости) режущего инструмента существует зависимость, заключающаяся в том, что с повышением скорости резания стойкость инструмента снижается. Эта зависимость выражается формулой

$$V = \frac{A}{T^m},$$

где A – постоянная, зависящая от свойств обрабатываемого материала, режима резания, материала режущей части резца, геометрии резца (определяется по таблицам); T – время работы резца до затупления (стойкость резца), мин; m – показатель степени, зависящий от свойств обрабатываемого материала, материала режущей части резца и характера обработки. При обработке стали резцами из быстрорежущей стали $m = 0,125$; при обработке чугуна $m = 0,1$; для резцов, оснащенных твердыми сплавами, $m = 0,15-0,20$.

В процессе резания вследствие трения сбегавшей стружки о переднюю поверхность резца и трения задней поверхности резца о деталь резец затупляется и изнашивается. Величина износа резца зависит от свойства материала резца и обрабатываемой детали, скорости и температуры резания, а также от ряда других факторов.

2.7. Скорость резания и влияние на нее различных факторов

Высокопроизводительное резание металлов. Скорость резания – один из важнейших показателей режима резания, в процессе снятия стружки оказывающий влияние на усилие резания, количество выделяющегося при этом тепла, стойкость и износ режущего инструмента и другие параметры, характеризующие данный процесс. Скорость резания входит составной частью в формулу определения числа оборотов обрабатываемой детали, эффективной мощности, развиваемой при резании, и т. д.

Скорость резания, допускаемая резцом при точении,

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t_{x_v} \cdot S_{y_v}} \cdot K,$$

где C_v – коэффициент, характеризующий обрабатываемый материал и условия обработки (определяется по таблицам); T – стойкость резца, мин; K – общий поправочный коэффициент (определяется по таблицам).

Значения показателя степени m для стойкости резца были приведены выше; показатели степеней y глубины резания и величины подачи (x_v и y_v) при различных условиях обработки даются в специальных таблицах. Как

следует из приведенной формулы, скорость резания зависит от ряда факторов, основными из которых являются: 1) механические свойства обрабатываемого материала; 2) свойства материала режущей части резца; 3) стойкость режущего инструмента; 4) величина подачи; 5) величина глубины резания, а также углы резца, охлаждение и т. д.

Из механических свойств обрабатываемого материала на режиме резания более всего сказываются предел прочности при растяжении σ_s и твердость НВ. При повышении предела прочности и твердости обрабатываемого материала скорость резания при постоянной стойкости резца приходится снижать во избежание быстрого износа инструмента.

Влияние свойств материала режущей части резца на скорость резания учитывают поправочным коэффициентом, который для обработки чугуна и стали резцом с режущей частью из твердых сплавов ВК2 и ВК3 принят за единицу. При обработке тех же материалов другими резцами значение этого коэффициента изменяется в пределах от 0,12–0,15 для резцов из углеродистой и низколегированной стали до 1,3–1,8 для резцов из твердых сплавов ТЗОК4 и Т60К6. Резцы из углеродистой, низколегированной и быстрорежущей стали целесообразнее применять при малых скоростях резания, когда их стойкость больше, чем при повышенных скоростях.

Зависимость стойкости режущего инструмента от скорости резания также учитывается соответствующим поправочным коэффициентом. Стойкость резца T , равная 30 мин, при данной скорости резания принята за единицу. При увеличении скорости резания стойкость резца будет меньше единицы; при уменьшении – больше единицы. Указанная зависимость обусловлена количеством тепла, выделяющегося в единицу времени: при высоких скоростях резания тепла выделяется больше, что приводит к понижению режущих свойств инструмента, и наоборот. При стойкости резца, равной единице, увеличение подачи и глубины резания приводит к уменьшению скорости резания.

На скорости резания сильно отражаются величины главного угла в плане φ , переднего угла γ и главного заднего угла α . При постоянном режиме резания с увеличением угла φ возрастает толщина среза и уменьшается его ширина, что приводит к сокращению длины главной режущей кромки резца, повышению на нее тепловой нагрузки, а следовательно, к снижению стойкости резца. Наоборот, уменьшение угла φ повышает стойкость резца, так как при изменении значения угла от 90 до 30° (при данной стойкости резца) возрастает скорость резания стали почти в 2 раза.

При обработке мягких металлов увеличение переднего угла γ до известных пределов повышает стойкость резца, поскольку уменьшает деформацию срезаемого слоя и силу резания, что позволяет увеличить скорость резания. Материалы высокой твердости обрабатывают резца-

ми с пластинками из твердых сплавов, имеющими отрицательный передний угол γ , что изменяет силовые условия работы резца и повышает его стойкость.

Оптимальная величина главного заднего угла α для различных материалов колеблется в пределах от 6 до 15°.

В процессе обработки резец и изделие охлаждают с целью понижения температуры резания. Это повышает стойкость инструмента, а следовательно, дает возможность увеличить скорость резания; так, при черновой обработке при охлаждении с интенсивностью 8–12 л/мин скорость резания возрастает на 15–25 %, при чистовой – на 5–8 %.

В качестве *охлаждающих* жидкостей при обработке резанием применяют содовые и мыльные водные растворы, эмульсии, растительные и минеральные масла (льняное, сурепное, веретенное, соляровое, а также сульфофрезолы – масла, содержащие активированную добавку в виде серы).

Охлаждение труднообрабатываемых жаропрочных сплавов и других материалов в настоящее время производится высоконапорной струей. Охлаждающую жидкость под большим давлением (20–30 кг/см²) через узкую щель шланга подводят к режущей кромке резца снизу для обеспечения более интенсивного отвода тепла и уменьшения трения задней стенкой резца.

Охлаждение высоконапорной струей повышает стойкость резца в 5–7 раз по сравнению с обычным методом охлаждения, а следовательно, значительно увеличивает скорость резания.

Учитывая влияние геометрических элементов режущей части резца на скорость резания, применяют высокопроизводительные методы резания, т. е. скоростное и силовое резание металлов, при котором можно полнее использовать режущие свойства инструмента с твердосплавной и керамической режущей частью, а также технические возможности металлорежущих станков. Так, путем изменения углов заточки добиваются отвода тепла от режущей кромки и повышения общей стойкости резца. Все это позволяет увеличить скорость резания.

Однако увеличение скорости резания – это только один из путей повышения производительности труда при холодной обработке металлов. Анализ формулы машинного времени показывает, что существует второй путь повышения производительности труда – за счет увеличения подачи S . Этот путь использовал токарь-новатор В. А. Колесов [1], применивший для скоростного резания с большими подачами (называемого иногда методом силового резания) резец специальной конструкции (рис. 12).

При работе резцом В. А. Колесова повышение производительности достигается путем увеличения подачи от 0,1–0,6 до 1–3 мм/об, т. е.

в 5–10 раз, а также путем совмещения черногового и чистового проходов за счет уменьшения вспомогательного угла в плане φ_1 от 10–15 до 0° .

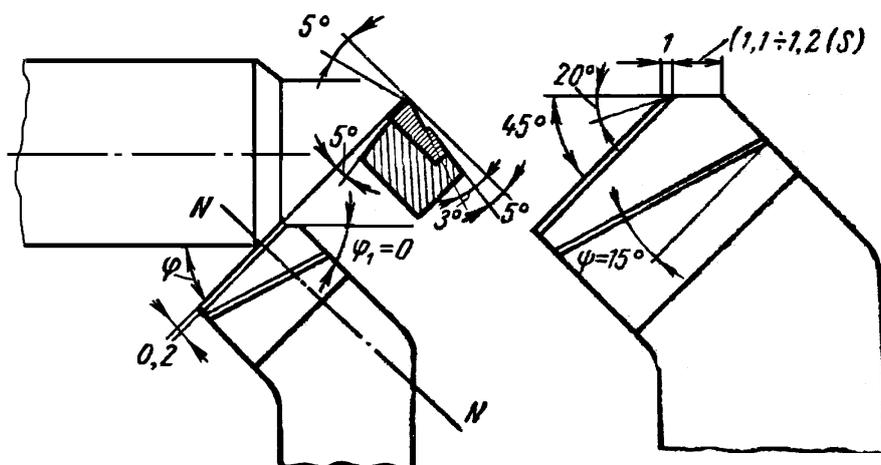


Рис. 12. Резец В. А. Колесова

Принятием вспомогательного угла в плане, равного нулю, с обрабатываемой поверхностью срезаются неровности в виде гребешков, которые остаются после обточки обычным проходным резцом (рис. 13).

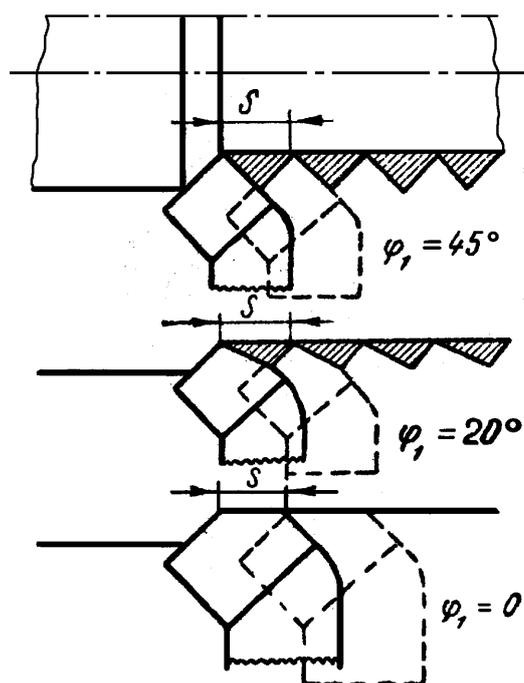


Рис. 13. Влияние вспомогательного угла в плане на образование остаточных гребешков

Таким образом, изменяя углы резца, можно увеличить его стойкость, повысить скорость резания и подачу, а также улучшить качество обработанной поверхности изделия.

2.8. Мощность, затрачиваемая на процесс резания

Зная скорость V и силу резания P_z , эффективную мощность резания N_p , л.с. или кВт (соответственно), потребляемую на вращение изделия, можно определить по формуле

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 75} \text{ или } N_p = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 75 \cdot 1,36}.$$

Полную мощность $N_{дв}$, которую нужно подвести к металлорежущему станку, определяют с учетом коэффициента полезного действия станка (кпд), кВт:

$$N_{дв} = \frac{N_p}{\eta_{СТ}} = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 102 \cdot \eta_{СТ}},$$

где $\eta_{СТ}$ – КПД станка.

КПД показывает затраты мощности на преодоление вредных сопротивлений трения при введении в действие механизмов главного движения и движения подачи. Опытным путем для различных типов станков при полной их нагрузке установлены следующие средние значения КПД: для токарных станков – 0,80–0,90; сверлильных – 0,85–0,90; фрезерных – 0,80–0,90; строгальных – 0,65–0,75; шлифовальных – 0,80–0,85.

2.9. Классификация металлорежущих станков

Современные металлорежущие станки, работающие со снятием стружки, подразделяют на группы по следующим признакам: 1) назначению станка (виду обработки и режущему инструменту); 2) степени автоматизации; 3) степени точности и чистоты обрабатываемой поверхности деталей; 4) конструктивным особенностям станка.

В зависимости от назначения различают станки: токарной, сверлильной, фрезерной, строгальной и шлифовальной групп; протяжные, специальные (резьбообрабатывающие и др.); агрегатные или специализированные и прочие (центровальные, распиловочные и др.). В табл. 1 приведена классификация станков, применяемая в станкостроительной промышленности.

Таблица 1

Классификация станков, применяемая в станкостроительной промышленности

Станки	Группы	Подгруппы
--------	--------	-----------

		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Токарные	1	–	Автоматы и полуавтоматы Одношпиндельные	Многошпиндельные	Револьверные	–	Карусельные	Токарные, токарно-винторезные и лоботокарные	Многорезцовые	Специализированные	Разные токарные
Сверлильные и расточные	2	Вертикальные резьбонарезные	Вертикально-сверлильные	–	–	Координатно-расточные	Радиально-сверлильные	Горизонтально-расточные	Отделочно-расточные	Горизонтально-сверлильные и центровальные	Разные сверлильные и расточные
Для абразивной обработки	3	–	Круглошлифовальные	Внутришлифовальные	Обдирочно-шлифовальные и торцшлифовальные	Специализированные шлифовальные и хонинговальные	–	Заточные	Плоскошлифовальные	Притирочные, полировальные	Разные станки, работающие абразивным инструментом
Для электрофизической и электрохимической обработки; комбинированные	4	–	Универсальные	Полуавтоматы	Автоматы	Электрохимические	Электроискровые	–	Электроэрозионные, ультразвуковые	Анодно-механические	–
Зубо- и резьбообработывающие	5	–	Зубодолбежные для цилиндрических колес	Зубо-резные для конических колес	Зубофрезерные для цилиндрических колес и шлицевых валов	Зубофрезерные для нарезания червячных пар	Для обработки торцов зубьев колес	Резьбофрезерные	Зубоотделочные	Зубо- и резьбошлифовальные	Разные зубообработывающие

Окончание табл. 1

Станки	Группы	Подгруппы									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Фрезерные	6	–	Вертикально-фрезерные консольные	Фрезерные непрерывного действия	Продольно-фрезерные одностоечные	Копировальные и гравировальные	Вертикально-фрезерные с крестовым столом (бесконсольные)	Продольно-фрезерные двухстоечные	Широкоуниверсальные	Горизонтальные консольные	Разные фрезерные
Строгальные, долбежные и протяжные	7	–	Продольно-строгальные		Поперечно-строгальные	Долбежные	Протяжные горизонтальные	Протяжные вертикальные		–	Разные строгальные
			Одно-стоечные	Двух-стоечные				Для внутреннего протягивания	Для наружного протягивания		
Разрезные	8	–	Отрезные			–	Ленточно-пильные	Дисковые кругло-пильные	Пилы ножовочные	–	–
			–	Абразивно-отрезные	–						
Разные	9	–	–	–	–	–	–	–	Балансировочные	–	–

По степени автоматизации металлорежущие станки делятся на станки-автоматы и полуавтоматы, станки с программным управлением, автоматические линии станков и т. п.

По степени точности размеров обрабатываемой детали различают станки нормальной точности и высокоточные (прецизионные); по степени чистоты обрабатываемой поверхности – обдирочные и чистовые.

По конструктивным признакам в зависимости от расположения шпинделя бывают станки горизонтально-фрезерные, вертикально-фрезерные, вертикально-сверлильные и т. д.

Внутри каждой группы станки подразделяют на подгруппы (типы) и модели в соответствии с конструктивными и технологическими особенностями, степенью специализации и т. д.

Модель станка обозначают соответствующим номером. Советские станкостроительные заводы обычно пользовались двузначной нумерацией, согласно которой первая цифра определяла группу станка, вторая – его характерный признак (тип, модель). В обозначениях станков часто встречаются трех- и четырехзначные числа, иногда цифры с буквами. Буквы, а также третьи и четвертые цифры обозначений определяются заводом-изготовителем, обозначая размеры обрабатываемой на станке детали, модернизации и т. п. Например, станки токарной группы имеют

первую цифру 1, а вторую – от 1 до 9 (вторая цифра 1 или 2 – автоматы и полуавтоматы, 3 – револьверные, 6 – токарно-винторезные и т. д.); станки сверлильной группы имеют первую цифру обозначения 2; станки шлифовальной группы – 3, фрезерной – 6, строгальной – 7. Вторые цифры обозначений этих станков могут быть от 1 до 9 в зависимости от типа или модели. Так, станок модели 1620 – это токарно-винторезный станок с высотой центров 200 мм; станок 2150 – вертикально-сверлильный с наибольшим диаметром сверла 50 мм и т. д.

Контрольные вопросы и задания

1. Каковы требования к обработке резанием и показатели обрабатываемости?
2. Перечислите основные способы обработки металлов резанием.
3. Назовите элементы режимов резанием.
4. Каковы основные геометрические параметры резца?
5. Назовите виды стружек.
6. Каковы основные силы, действующие на резец?
7. Дайте понятие стойкости резца.
8. Перечислите факторы, влияющие на скорость резания.
9. Какова классификация металлорежущих станков?

3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ

3.1. Физико-механические свойства инструментальных материалов, определяющие их режущую способность

Работоспособность металлорежущего инструмента может быть обеспечена только в том случае, если его рабочая часть выполнена из материала, обладающего комплексом определенных физико-механических свойств. Материалы, в той или иной мере отвечающие требованиям этого комплекса и способные осуществлять резание, называются инструментальными. Рассмотрим основные физико-механические свойства инструментальных материалов.

Твердость. Чтобы внедриться в поверхностные слои обрабатываемой заготовки, материал режущих лезвий рабочей части инструментов должен иметь высокую твердость. Твердость инструментальных материалов может быть природная, т. е. свойственная этому материалу при его образовании, и может быть получена специальной обработкой. Так, инструментальные стали поставляются с металлургических заводов в отожженном состоянии, и в этом состоянии они легко поддаются обработке резанием. Механически обработанные инструменты подвергаются

термообработке, шлифованию и заточке. В результате термообработки существенно повышаются прочность и твердость инструментальных сталей. Твердость термообработанных инструментальных сталей измеряется по шкале С Роквелла и выражается в условных единицах – **HRC**. При твердости термообработанных инструментов, изготовленных из инструментальных сталей, в пределах HRC 63–64 достигаются наиболее устойчивая их работа и наименьшая изнашиваемость лезвий.

Твердые сплавы, минералокерамика и применяемые для изготовления режущих частей инструментов синтетические инструментальные материалы имеют высокую природную твердость, существенно превышающую твердость термообработанных инструментальных сталей. Твердость минералокерамики и твердых сплавов измеряется по шкале А Роквелла и находится в пределах HRA 87–93. Твердость синтетических инструментальных материалов настолько велика, что сопоставима с твердостью природного алмаза. Поэтому оценку твердости этих материалов производят по их микротвердости, которая находится в пределах 85–94 ГПа.

Конструкционные металлы, имеющие твердость HRC 30–35, удовлетворительно обрабатываются инструментами, выполненными из инструментальных сталей, термообработанных до HRC 63–64, т. е. при отношении твердостей, примерно равном двум. Конструкционные металлы, термообработанные до HRC 45–55, могут быть обработаны твердыми сплавами. Синтетические инструментальные материалы благодаря своей высокой твердости способны производить обработку закаленных сталей.

Прочность. В процессе резания на рабочую часть инструментов действуют силы резания, достигающие значений более 10 кН. Под действием этих сил в материале рабочей части возникают большие напряжения. Чтобы эти напряжения не приводили к разрушениям рабочей части, инструментальные материалы должны быть достаточно прочными.

Из всех инструментальных материалов наилучшим сочетанием прочностных характеристик обладают инструментальные стали. Отношение между их пределами прочности на изгиб и растяжение равно 1,3–1,6, а отношение между пределами прочности на сжатие и растяжение – 1,6–2,0. Благодаря этому рабочая часть инструментов, выполненных из инструментальных сталей, успешно выдерживает сложный характер нагружения и может работать на сжатие, кручение, изгиб и растяжение.

Затем в порядке убывания прочностных характеристик следуют: твердые сплавы, минералокерамика, синтетические инструментальные материалы и алмазы. Все эти материалы достаточно хорошо выдерживают сжимающие напряжения. Однако их существенным недостатком является низкое значение прочности на изгиб ($\sigma_{u-} = 0,3–1,0$ ГПа). Предел же прочности на растяжение у этих материалов настолько мал, что вообще не позволяет производить обработку резанием при действии в

них растягивающих напряжений. При использовании этой группы инструментальных материалов необходимо за счет соответствующей геометрии рабочей части добиваться, чтобы в процессе резания в них действовали только сжимающие напряжения.

Температуростойкость. Интенсивное выделение теплоты в процессе резания металлов ведет к нагреву лезвий инструмента, причем наибольшая температура развивается на контактных поверхностях лезвий. Нагрев до температуры ниже некоторого ее критического значения θ_k (рис. 14), разного для различных инструментальных материалов, не сказывается на их структурном состоянии и твердости. После нагрева вплоть до этой температуры и охлаждения инструментальные материалы не изменяют своих свойств. При нагреве выше критической температуры в инструментальных материалах происходят структурные изменения и связанное с этим снижение твердости. Критическая температура θ_k называется температурой красностойкости. В основе термина «красностойкость» лежит физическое свойство металлов в нагретом до 600 °С состоянии излучать темно-красный свет. По сути своей, термин «красностойкость» означает температуростойкость инструментальных материалов. Различные инструментальные материалы имеют температуростойкость в широких пределах – от 220 до 1800 °С. В порядке убывания температуростойкости инструментальные материалы располагаются в следующем порядке:

- а) синтетические инструментальные материалы;
- б) минералокерамика;
- в) твердые сплавы;
- г) инструментальные быстрорежущие стали;
- д) инструментальные углеродистые стали.

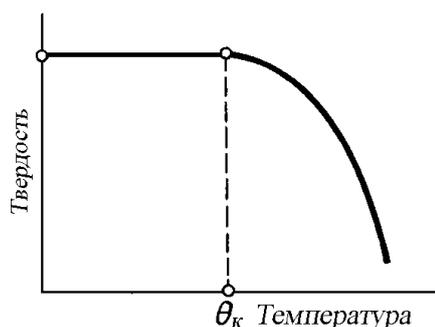


Рис. 14. Зависимость твердости инструментальных материалов от температуры нагрева

Теплопроводность. 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

лезвия инструмента и вызывающей его нагрев до высоких температур. Чем большее количество теплоты отводится от лезвия в глубь массы инструмента, тем ниже температура на его контактных поверхностях. Теплопроводность λ инструментальных материалов зависит от химического состава и температуры нагрева. Теплопроводность, например, инструментальных быстрорежущих сталей повышается с увеличением температуры до 650–750 °С и уменьшается при нагреве свыше этих температур (рис. 15).

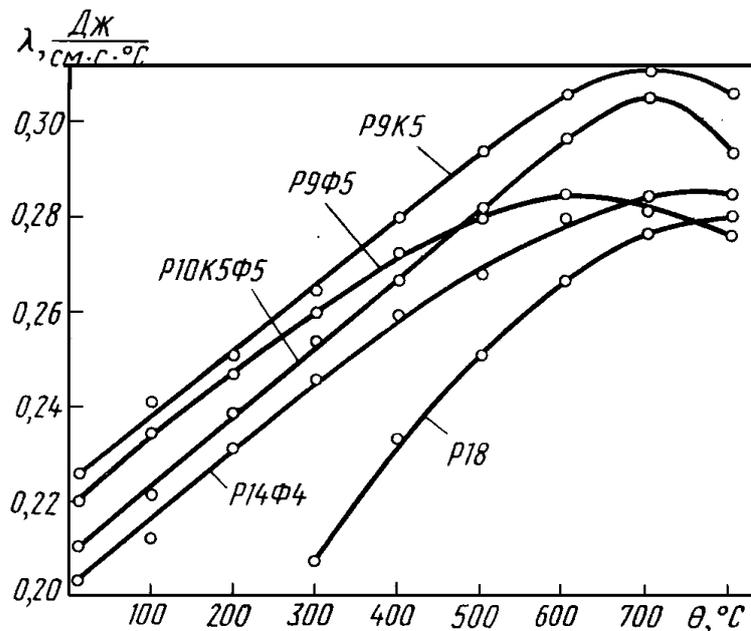


Рис. 15. Теплопроводность быстрорежущих сталей

Присутствие в стали таких легирующих элементов, как вольфрам и ванадий, снижает теплопроводящие свойства инструментальных сталей, а легирование титаном, молибденом и кобальтом, наоборот, заметно повышает. Это же относится и к твердым сплавам, в состав которых входит карбид титана. Они более теплопроводны, чем твердые сплавы, содержащие только карбид вольфрама.

Коэффициент трения. Значение коэффициента трения скольжения конструкционных металлов по инструментальным материалам зависит от химического состава и физико-механических свойств контактирующих пар, а также от контактных напряжений на трущихся поверхностях и скорости скольжения.

В процессе резания металлов значения нормального напряжения на контактных поверхностях лезвий инструментов находятся в пределах 0,1–0,6 ГПа. Под действием столь больших напряжений и сил трения оксидные и адсорбированные пленки на трущихся поверхностях металлов инструмента и заготовки разрушаются. Поэтому условия взаимодействия контактных поверхностей лезвий с обрабатываемыми метал-

лами практически соответствуют условиям сухого внешнего трения, при которых значение коэффициента трения значительно возрастает.

Коэффициент трения μ функционально связан с силой трения и работой сил трения, затраченной на пути L взаимного скольжения. В связи с этим значение коэффициента трения оказывает влияние на износостойкость J_u и интенсивность изнашивания J_H инструментальных материалов.

Износостойкость. Взаимодействие инструмента с обрабатываемым материалом протекает в условиях подвижного контакта. При этом оба тела, образующих трущуюся пару, взаимно изнашивают друг друга. Материал каждого из взаимодействующих тел обладает:

- а) свойством истирать материал, с которым он взаимодействует;
- б) износостойкостью, выражающей способность материала сопротивляться истирающему действию материала контртела.

Практический интерес при изучении процессов резания представляет износ лезвий инструментов. Изнашивание лезвий инструментов происходит на протяжении всего периода их подвижного контакта с обрабатываемым материалом. В результате этого процесса лезвия теряют некоторую часть своей массы, и на них отчетливо заметны следы износа в виде нарушений формы рабочих поверхностей.

Износостойкость не является каким-либо неизменным свойством инструментальных материалов и зависит от условий резания. Износостойкость – это количественное выражение работы сил трения, затраченной на превращение некоторой массы лезвия в продукт износа в конкретных условиях взаимодействия с определенным конструкционным металлом. Таким образом, износостойкость B определяется отношением $B = A/m$, где A – работа сил трения; m – масса продуктов износа. Продукты износа представляют собой весьма мелко диспергированные частицы инструментального материала.

3.2. Классификация инструментальных материалов

Разработанные в настоящее время инструментальные материалы, в определенной степени отвечающие рассмотренным выше требованиям, подразделяются на следующие группы: а) углеродистые и низколегированные инструментальные стали; б) быстрорежущие стали; в) твердые сплавы (металлокерамика); г) минералокерамика и кермсы; д) синтетические композиции из нитрида бора; е) синтетические и природные алмазы.

Инструментальные стали. Инструментальными сталями называются углеродистые и легированные стали, содержащие более 0,7 % С, обладающие высокой твердостью, прочностью и износостойкостью и применяемые для изготовления инструмента. Обычно это заэвтектоидные или ледебуритные стали, которые после закалки и низкого отпуска полу-

чают структуру мартенсит и избыточные карбиды. Производят инструментальные стали следующих групп.

1. Углеродистые и легированные стали для режущего инструмента, не обладающие теплостойкостью.

В свою очередь, эти стали бывают двух типов. Первый тип – углеродистые стали небольшой прокаливаемости и не обладающие теплостойкостью. К ним относятся стали марок У7, У8, У10, У11, У12, У13. В табл. 2 приведен химический состав сталей, а в табл. 3 – их свойства после отжига, т. е. в состоянии поставки.

Таблица 2

Химический состав углеродистых сталей

Марка стали	Содержание химических элементов, масс. %			
	C	Mn	Si	Cr
У7	0,65–0,74	0,2–0,4	0,15–0,30	≤ 0,20
У9А	0,85–0,94	0,15–0,30	0,15–0,30	≤ 0,15
У10А	0,95–1,04	0,15–0,30	0,15–0,30	≤ 0,15
У11А	1,05–1,14	0,15–0,30	0,15–0,30	≤ 0,15
У12А	1,15–1,24	0,15–0,30	0,15–0,30	≤ 0,15
У13А	1,25–1,35	0,15–0,30	0,15–0,30	≤ 0,15

Таблица 3

Механические свойства углеродистых сталей после предварительной обработки (отжига)

Марка стали	НВ, МПа не более	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	φ , %	Феррит, %	Карбиды, %
У7, У7А	1870	630	390	21	38	88–90	10–12
У8, У8А	1870	600	–	–	–	87–89	11–13
У9, У9А	1920	600	–	–	–	–	–
У10, У10А	1970	600	–	23	60	84–86	14–16
У11, У11А	1970	–	–	–	–	83–84	16–17
У12, У12А	2070	600–700	350–450	28	45–55	83–83,5	16,5–17
У13, У13А	2170	–	–	–	–	80–81,5	18,5–20

В табл. 4 приведены механические свойства и прокаливаемость инструментальных сталей после закалки с охлаждением в воде и отпуска. В табл. 5 представлены данные о применяемости инструментальных углеродистых сталей.

Таблица 4

Механические свойства и прокаливаемость инструментальных сталей после закалки (охлаждение в воде) и отпуска

Марка стали	Температура, °С		Содержание Fe ₃ C, %	Твердость, HRC	σ _и , МПа	Прокаливаемость (критический диаметр d, мм)
	закалки	отпуска				
У7, У7А	800–820	150–160 200–220	0	61–63 57–59	2000	15–20
У8, У8А	780–800	150–160 200–220	–	63–65 57–59	1950 –	15–20
У9, У9А	760–780	150–160 200–220	–	62–63 58–59	– –	15–20
У10, У10А	760–780	150–160 200–250	2–4	62–63 58–59	2400 –	15–20
У11, У11А	760–780	150–160 200–250	4–6	62–63 58–59	2900 –	15–20
У12, У12А	760–780	150–160 200–250	5–7	62–63 58–59	3500	10–20
У13, У13А	760–780	150–160 200–250	6,5–8	62–63 58–59	2150	10–20

Таблица 5

Назначение углеродистых сталей

Марка стали	Назначение
У7, У7А	Инструменты для обработки дерева (топоры, колуны, стамески, долота); пневматические инструменты небольших размеров (зубила, обжимки, бойки); слесарно-монтажные инструменты (кусачки, плоскогубцы, острогубцы, молотки, кувалды, отвертки, бородки и др.)
У8, У8А	Инструменты для обработки дерева (фреза, зенковки, цековки, топоры, стамески, долота, продольные и дисковые пилы); накатные ролики; плиты и стержни для форм литья под давлением оловянно-свинцовых сплавов; обжимки, кернеры, бородки, отвертки, плоскогубцы, острогубцы, боковые кусачки
У9, У9А	Инструменты для обработки дерева; слесарно-монтажные инструменты; калибры простой формы и пониженных классов точности
У10, У10А	Столярные пилы ручные и машинные, ручные ножовки, спиральные сверла; слесарные шаберы, напильники, накатные ролики; штампы для холодной штамповки деталей небольших размеров и простой формы; калибры простой формы и пониженных классов точности
У11, У11А	То же, а также ручные метчики, холодновысадочные пуансоны и штампы мелких размеров; калибры простой формы и пониженных классов точности
У12, У12А	То же, а также небольшие пресс-формы для пластмасс
У13, У13А	Инструменты повышенной износостойкости, работающие при умеренных и значительных давлениях без разогрева режущей кромки – напильники, бритвенные ножи, лезвия, острые хирургические инструменты, шаберы, гравировальные инструменты

Второй тип – легированные стали повышенной прокаливаемости, не обладающие теплостойкостью. Примеры таких сталей: 11Х, 13Х, ХВСГ,

9ХС, ХВГ и др. В табл. 6 приведен химический состав легированных сталей, а в табл. 7 представлено их применение.

Таблица 6

Химический состав легированных сталей

Марка стали	Содержание элементов, масс. %							
	C	Mn	Si	Cr	W	V	Ni	Mo
ХВ5	1,25–1,50	< 0,3	< 0,3	0,40–0,7	4,5–5,6	0,15–0,30	–	–
Х	0,95–1,10	< 0,4	< 0,35	1,3–1,6	–	–	–	–
9ХС	0,85–0,95	0,3–0,6	1,2–1,6	0,95–1,25	–	–	–	–
ХГСВФ	0,95–1,02	0,7–1,0	0,7–1,0	0,6–1,0	0,8–1,1	0,08–0,15	–	–
ХГ	1,3–1,5	0,45–0,7	< 0,35	1,3–1,6	–	–	–	–
ХВГ	0,9–1,0	0,8–1,0	< 0,35	0,9–1,2	1,2–1,6	–	–	–
9ХВГ	0,85–0,95	0,9–1,2	0,15–0,35	0,5–0,8	0,5–0,8	–	–	–
7ХФ	0,63–0,73	0,3–0,6	0,15–0,35	0,4–0,7	–	0,15–0,3	–	–
9ХФ	0,8–0,9	0,3–0,6	0,15–0,35	0,4–0,7	–	0,15–0,3	–	–
13Х	1,25–1,4	0,3–0,6	0,15–0,35	0,4–0,7	–	–	–	–
ХВ4	1,3	0,25	0,25	0,75	3,75	–	–	–
В2Ф	1–1,21	≤ 0,4	≤ 0,35	0,2–0,4	1,6–2,2	0,2–0,5	–	–
Х	0,95–1,1	0,15–0,4	0,15–0,35	1,3–1,65	–	–	–	–
9Х5ВФ	0,85–1,0	0,15–0,4	0,15–0,4	4,5–5,5	0,8–1,2	0,15–0,3	–	–
5ХНМ	0,5–0,6	0,5–0,8	0,15–0,35	0,5–0,8	–	–	0,15–0,3	1,4–1,8
27Х2НМВФ	0,25–0,32	0,5–0,8	0,17–0,37	2–2,5	0,4–0,6	0,2–0,3	1,4–1,8	–

Таблица 7

Назначение легированных инструментальных сталей

Марка стали	Назначение
7ХФ	Деревообрабатывающий инструмент (топор, долото, зубила); круглые и ленточные пилы со сплюснутыми и разведенными зубьями; инструмент для чеканки
8ХФ	Ножи для холодной резки металла; обрезные матрицы и пуансоны; кернеры; штемпели
9ХФ	Рамные, ленточные, круглые, строгальные пилы; ножи; обрезные матрицы и пуансоны для холодной обрезки заусениц; кернеры; штемпели
11ХФ	Метчики и другие режущие инструменты диаметром до 30 мм, закаливаемые в горячих средах; хирургические инструменты; штампы для холодной штамповки; пуансоны; калибры
13Х	Вместо стали У13, У13А для мелких инструментов диаметром 1–15 мм, чтобы иметь возможность проводить закалку в масле; для инструментов диаметром до 30–35 мм (при закалке в воде) получают более глубокий закаленный слой, чем у стали У13, У13А; назначение то же, что и у стали У13, У13А

Окончание табл. 7

Марка стали	Назначение
XB4	Инструменты для чистого резания с небольшой скоростью твердых материалов (отбеленный чугун, валки с закаленной поверхностью); граверный инструмент; прошивные пуансоны
B2Ф	Ленточные пилы по металлу; ножовочные полотна
9X1	Деревообрабатывающий инструмент; валки холодной прокатки; клейма; пробойники; холодновысадочные матрицы и пуансоны
X	Токарные, строгальные и долбежные резцы, работающие при небольших скоростях резания; зубила; гладкие цилиндрические калибры и калиберные кольца
9XC	Сверла, развертки, метчики, плашки, гребенки, фрезы; машинные штемпели; клейма; деревообрабатывающий инструмент
12X1	Измерительные инструменты (плитки, калибры, шаблоны)
9XBГ	Резьбовые калибры сложной формы, штампы для холодного деформирования сложной формы, которые при закалке не должны подвергаться значительным объемным изменениям и короблению
XBГ	Режущие и измерительные инструменты, в том числе крупные сечения, для которых повышенное коробление при закалке недопустимо (протяжки, длинные метчики и развертки, плашки, резьбовые калибры; деревообрабатывающий инструмент; ножи для бумажной промышленности; холодновысадочные матрицы и пуансоны)
XBCГ	Инструмент для ручной работы (плашки, сверла, развертки, гребенки, штемпели, клейма); холодновысадочные материалы и пуансоны; деревообрабатывающий инструмент; ножи для бумажной промышленности
X5BФ	Деревообрабатывающий фрезерный инструмент, ручные ножовочные полотна, резьбо-накатный инструмент, матрицы и пуансоны холодного деформирования

2. Быстрорежущие стали.

Данный вид сталей подразделяется на: высокованадиевые типа P9Ф5, P14Ф4, кобальтовые типа P9K5, P9K10, кобальтованадиевые типа P10K5Ф5, P18K5Ф2, вольфрамомолибденовые типа P6M3, P6M5 и вольфрамовые типа P18, P12, P9. В табл. 8 приведен химический состав быстрорежущих сталей после термообработки, т. е. в готовом состоянии, а в табл. 9 представлены их области применения.

Таблица 8

Химический состав и твердость быстрорежущих сталей после термообработки

Марка стали	Химический состав, %				Температура отпуска, °С	Твердость, НВ
	C	Cr	W	V		
P18	0,7–0,8	3,8–4,4	17–18,5	1,0–1,4	560	63–65
P12	0,8–0,9	3,1–3,6	12,0–13,0	1,5–1,9	560	63–65
P9	0,85–0,95	3,5–4,4	8,5–10,0	2,0–2,6	560	63–65
P6M5	0,80–0,88	3,8–4,4	5,5–6,5	1,7–2,1	550	63–65
P14Ф4	1,2–1,3	4,0–4,6	13–14,5	3,4–4,1	570	64–66
P10K5Ф5	1,45–1,55	4,0–4,6	10–11,5	4,3–5,1	570	64–67
P8M4K8	1,0–1,1	3,0–3,6	8,5–9,5	2,1–2,5	550	65–68

Таблица 9

Область применения быстрорежущих сталей

Марка стали	Прочность, износостойкость, особенности стали	Примерное назначение
P18	Удовлетворительные прочность и шлифуемость, широкий интервал закалочной температуры	Для всех видов инструментов, особенно подвергаемых значительному шлифованию, при обработке конструкционных материалов с прочностью до 1000 Мпа
P9	Повышенная износостойкость, более узкий интервал оптимальных закалочных температур, повышенная пластичность при горячей пластической деформации. Шлифуемость пониженная	Для изготовления инструментов простой формы, не требующих большого объема шлифования, применяемых для обработки конструкционных материалов
P6M5	Повышенная прочность, более узкий интервал (чем у стали P18) закалочных температур, повышенная склонность к обезуглероживанию. Шлифуемость удовлетворительная	Для всех видов инструментов при обработке конструкционных материалов с прочностью до 1000 Мпа
P12Ф3	Повышенная износостойкость, теплоустойкость, удовлетворительная прочность. Шлифуемость пониженная	Для чистовых инструментов (резцы, зенкеры, развертки, сверла, протяжки и др.) при обработке на средних режимах резания вязких аустенитных сталей, а также материалов, обладающих повышенными режущими свойствами
P6M5Ф3	Повышенная износостойкость, удовлетворительная прочность. Шлифуемость пониженная	Для чистовых и получистовых инструментов (фасонные резцы, развертки, протяжки, фрезы и др.), предназначенных для работы на средних скоростях резания, преимущественно обрабатывающих углеродистые и легированные инструментальные стали
P9K5, P6M5K5, P18K5Ф2	Повышенная вторичная твердость, теплоустойкость, удовлетворительная прочность и вязкость. Шлифуемость пониженная	Для изготовления черновых и получистовых инструментов (фрезы, долбяки, метчики, сверла и т. п.), предназначенных для обработки углеродистых и легированных конструкционных сталей на повышенных режимах резания, а также некоторых труднообрабатываемых материалов. Инструменты из сталей P6M5K5 и P18K5Ф2 имеют более высокую стойкость, чем из стали P9K5

Окончание табл. 9

Марка стали	Прочность, износостойкость, особенности стали	Примерное назначение
Р6М4К8, Р8М3К6С (ЭП722), Р12М3Ф2К8 (ЭП657), Р12Ф4К5 (ЭП600), Р18Ф2К8М (ЭП379)	Повышенная вторичная твердость, теплостойкость. Пониженная прочность (особенно у стали Р18Ф2К8М) и шлифуемость (особенно у стали Р12Ф4К5)	Все виды инструментов для обработки высокопрочных коррозионно-стойких и жаропрочных сталей и сплавов (в условиях повышенного нагрева режущей кромки), конструкционных материалов повышенной твердости
11Р3АМ3Ф2, Р2М5 (ЭП894), 9Х4М3Ф2АГСТ (ЭК42), 11М5Ф (ЭП980)	Повышенная прочность, удовлетворительная шлифуемость (стали Р2М5, 11М5Ф). Шлифуемость пониженная (стали 11Р3АМ3Ф2, 9Х4М3Ф2АГСТ)	Все виды инструментов для обработки неупрочненных сталей и чугунов, а также цветных металлов и сплавов
В11М7К23 (ЭП831)	Повышенная твердость, теплостойкость. Удовлетворительная прочность, шлифуемость	Все виды инструментов для обработки титановых сплавов, некоторых высокопрочных коррозионно-стойких сталей и сплавов

3. Стали для измерительного инструмента.

Эти стали должны обладать высокой твердостью, износостойкостью, небольшим коэффициентом теплового расширения и сохранять постоянство размеров. Для измерительного инструмента применяют стали типа Х, ХГ. Для цементации и закалки применяют стали типа 15 и 15Х.

4. Инструментальные и металллокерамические твердые сплавы.

Металлокерамическими твердыми сплавами называются сплавы, состоящие из карбидов вольфрама и титана, сцементированных металлической связкой – кобальтом. Для резания используются три группы таких материалов.

1 группа ВК – вольфрамокобальтовые типа ВК2, ВК3, ВК6, ВК8, ВК20, ВК30 (цифра указывает на содержание кобальта в процентах, в обозначении может стоять буква В – что значит крупнозернистый сплав, 3–5 мкм и М – мелкозернистый, 0,1–0,15 мкм).

2 группа ТК – титановольфрамокобальтовые типа Т5К10, Т14К8, Т15К6, Т10К6 (цифры после буквы Т – весовое количество карбида титана TiC в процентах, цифры после буквы К – весовое содержание кобальта, остальное – WC).

Сплавы титановольфрамокобальтовые менее прочны, чем вольфрамокобальтовые, но обладают большей износостойкостью.

3 группа ТТК – титанотанталовольфрамокобальтовые типа ТТК12, ТТ7К12 (цифра после букв ТТ – содержание TiC+TaC, а после буквы К – количество кобальта в процентах). В табл. 10 приведены составы и

свойства твердых сплавов для режущих инструментов, а в табл. 11 – области применения этих сплавов.

Таблица 10

Состав и свойства твердых сплавов для режущих инструментов

Группа	Марка	Мас. доля компонентов, %				Физико-механические свойства				
		WC	TiC	TaC	Co	σи, МПа	HRA	ρ10 ⁻³ , кг/м3	λ, Вт/(м°С)	E, ГПа
						Не менее				
Вольфрам- фрам- вая	ВК3	97	–	–	3	1200	89,5	15-15,3	50,2	643
	ВК3-М	97	–	–	3	1200	91,0	15-15,3	–	647
	ВК4	96	–	–	4	1550	89,5	14,9-15,2	50,2	638
	ВК4-В	96	–	–	4	1500	88,0	14,9-15,2	–	638
	ВК6	94	–	–	6	1550	88,5	14,6-15,0	62,8	628
	ВК6-М	94	–	–	6	1450	90,0	14,8-15,1	67,0	633
	ВК6-ОМ	92	–	2	6	1300	90,5	14,7-15,0	–	–
	ВК8	92	–	–	8	1700	87,5	14,4-14,8	50,2	598
	ВК10	90	–	–	10	1800	87,0	14,2-14,6	67,0	574
	ВК10-М	90	–	–	10	1650	88,0	14,3-14,6	–	–
	ВК10-ОМ	90	–	–	10	1500	88,5	14,3-14,6	–	–
ВК15	85	–	–	15	1900	86,0	13,9-14,1	67,0	559	
Титано- воль- фрам- вая	T30K4	66	30	–	4	1000	92,0	9,5-9,8	12,6	422
	T15K6	79	15	–	6	1200	90,0	11,1-11,6	12,6	520
	T14K8	78	14	–	8	1300	89,5	11,2-11,6	16,7	520
	T5K10	85	6	–	9	1450	88,5	12,4-13,1	20,9	549
	T5K12	83	5	–	12	1700	87,0	13,1-13,5	20,9	549
Титано- тантало- воль- фрам- вая	ТТ17К12	81	4	3	12	1700	87,0	13,0-13,3	–	–
	ТТ8К6	84	8	2	6	1350	90,5	12,8-13,3	–	–
	ТТ10К8-Б	82	3	7	8	1650	89,0	13,5-13,8	–	–
	ТТ20К9	67	9,4	14,1	9,5	1500	91,0	12,0-12,5	–	–

Таблица 11

Область применения твердых сплавов для обработки материалов резанием

Сплав	Применение
ВК3	Чистовое точение с малым сечением среза, окончательное нарезание резьбы, развертывание отверстий и другие аналогичные виды обработки серого чугуна, цветных металлов и их сплавов, неметаллических материалов (резина, фибра, пластмасса, стекло, стеклопластики и т. д.). Резка листового стекла
ВК3-М	Чистовая обработка (точение, растачивание, нарезание резьбы, развертывание) твердых, легированных и отбеленных чугунов, цементованных и закаленных сталей, а также неметаллических материалов

Сплав	Применение
ВК4	Черновое точение при неравномерном сечении среза, черновое и чистовое фрезерование, рассверливание и растачивание нормальных и глубоких отверстий, черновое зенкерование при обработке чугуна, цветных металлов и сплавов, титана и его сплавов
ВК6-ОМ	Чистовая и получистовая обработка твердых, легированных и отбеленных чугунов, закаленных сталей и некоторых марок коррозионно-стойких высокопрочных и жаропрочных сталей и сплавов, особенно сплавов на основе титана, вольфрама и молибдена (точение, растачивание, развертывание, нарезание резьбы, шабрение)
ВК6-М	Получистовая обработка жаропрочных сталей и сплавов, коррозионно-стойких сталей аустенитного класса, специальных твердых чугунов, закаленного чугуна, твердой бронзы, сплавов легких металлов, неметаллических материалов, пластмасс, бумаги, стекла. Обработка закаленных сталей, а также незакаленных углеродистых и легированных при тонких сечениях среза на весьма малых скоростях резания
ТТ8К6	Чистовое и получистовое точение, растачивание, фрезерование и сверление серого и ковкого чугуна, а также отбеленного чугуна. Непрерывное точение с небольшими сечениями среза стальных отливок, высокопрочных, коррозионно-стойких сталей, в том числе закаленных. Обработка сплавов цветных металлов и некоторых марок титановых сплавов при резании с малыми и средними сечениями среза
ВК6	Черновое и получерновое точение, предварительное нарезание резьбы токарными резцами, получистовое фрезерование сплошных поверхностей, рассверливание и растачивание отверстий, зенкерование серого чугуна, цветных металлов и их сплавов и неметаллических материалов
ВК8	Черновое точение при неравномерном сечении среза и прерывистом резании, строгание, черновое фрезерование, сверление, черновое рассверливание, черновое зенкерование серого чугуна, цветных металлов и их сплавов, неметаллических материалов. Обработка коррозионно-стойких, высокопрочных и жаропрочных труднообрабатываемых сталей и сплавов, в том числе сплавов титана
ВК10-ОМ	Черновая и получерновая обработка твердых, легированных и отбеленных чугунов, некоторых марок коррозионно-стойких, высокопрочных и жаропрочных сталей и сплавов, особенно сплавов на основе титана, вольфрама и молибдена. Изготавливают некоторые виды монолитного инструмента
ВК10-М	Сверление, зенкерование, развертывание, фрезерование и зубофрезерование стали, чугуна, некоторых труднообрабатываемых и неметаллических материалов цельнотвердосплавным, мелкогабаритным инструментом
ВК15	Резущие инструменты для обработки дерева
Т30К4	Чистовое точение с малым сечением среза (типа алмазной обработки); нарезание резьбы и развертывания отверстий в деталях из незакаленных углеродистых сталей
Т15К6	Получерновое точение при непрерывном резании, чистовое точение при прерывистом резании, нарезание резьбы токарными резцами и вращающимися головками, получистовое и чистовое фрезерование сплошных поверхностей, рассверливание и растачивание предварительно обработанных отверстий, чистовое зенкерование, развертывание и другие аналогичные виды обработки углеродистых и легированных сталей
Т14К8	Черновое точение при неравномерном сечении среза и непрерывном резании, получистовое и чистовое точение при прерывистом резании; черновое фрезерование сплошных поверхностей; рассверливание отверстий в литых и кованых деталях, черновое зенкерование и другие подобные виды обработки углеродистых и легированных сталей

Сплав	Применение
T5K10	Черновое точение при неравномерном сечении среза и прерывистом резании, фасонное точение, отрезка токарными резцами; чистовое строгание; черновое фрезерование прерывистых поверхностей и другие виды обработки углеродистых и легированных сталей преимущественно в виде поковок, штамповок и отливок по корке и окалине
T5K12	Тяжелое черновое точение стальных поковок, штамповок и отливок по корке с раковинами при наличии песка, шлака и различных неметаллических включений, при неравномерном сечении среза и наличии ударов. Все виды строгания углеродистых и легированных сталей. Сверление отверстий в стали
ТТ17К12	Тяжелое черновое точение стальных поковок, штамповок и отливок по корке с раковинами при наличии песка, шлака и различных неметаллических включений, при неравномерном сечении среза и наличии ударов. Все виды строгания углеродистых и легированных сталей. Тяжелое черновое фрезерование углеродистых и легированных сталей
ТТ10К8-Б	Черновая и получистовая обработка некоторых труднообрабатываемых материалов, коррозионно-стойких сталей аустенитного класса, низкомагнитных сталей и жаропрочных сталей и сплавов, в том числе титановых
ТТ20К9	Фрезерование стали, фрезерование глубоких пазов и других видов обработки, предъявляющих повышенные требования к сопротивлению сплава тепловым и механическим циклическим нагрузкам

Для суперфинишной обработки применяют особотвердые вещества – алмаз природный или искусственный и нитрид бора (эльбор). В табл. 12 приведены свойства природного алмаза и нитрида бора.

Таблица 12

Физические и механические свойства алмаза и кубического нитрида бора (эльбора)

Вещество	Удельный вес, ρ , т/м ³	Теплопроводность, λ , Вт/(м·°С)	Твердость, НВ, ГПа	Относительная режущая способность
Алмаз	3,51	137,9–146,3	100–120	0,58–0,64
Кубический нитрид бора	3,48	41,86	80–100	–

Материалы, указанные в табл. 12, обеспечивают получение обрабатываемых поверхностей с высокой точностью и чистотой.

Контрольные вопросы и задания

1. Каковы физико-механические свойства инструментальных материалов, определяющие их режущую способность?
2. Приведите классификацию инструментальных материалов.
3. Охарактеризуйте инструментальные и быстрорежущие стали.
4. Каковы состав и назначение твердых сплавов для режущих инструментов?

4. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ

4.1. Устройство токарного станка

Точение – технологический способ обработки резанием наружных и внутренних цилиндрических и конических, а также плоских торцовых поверхностей тел вращения. Точение ведется токарными резцами как на универсальных, так и на специальных металлорежущих станках, в том числе с числовым программным управлением, а также на карусельных и револьверных станках, токарных полуавтоматах, автоматах и автоматических линиях.

По своему технологическому назначению точение разделяется на предварительное, межоперационное формообразующее, чистовое формообразующее и окончательное формообразующее.

При выборе и назначении рабочих режимов резания при точении необходимо учитывать характерную особенность этого вида обработки, которая заключается в том, что режущий инструмент имеет всего лишь одно главное лезвие, причем активная длина главного лезвия ограничена шириной b срезаемого слоя. На протяжении всего периода стойкости единственное лезвие резца режет металл, находясь в состоянии большой динамической и температурной напряженности.

Около половины всего станочного парка машиностроительных заводов составляют станки токарной группы.

По назначению, конструкции, количеству инструмента, степени механизации и другим признакам токарные станки делятся на следующие типы: 1) однорезцовые; 2) многорезцовые; 3) револьверные; 4) карусельные; 5) автоматы и полуавтоматы, 6) специализированные и др.

Каждый тип токарных станков имеет несколько моделей, например, выпускают однорезцовые токарно-винторезные станки, токарно-револьверные, многорезцовые полуавтоматы, однорезцовые автоматы.

Станки токарно-револьверной группы в зависимости от назначения подразделяются на токарно-винторезные (в том числе для особых точных работ), револьверные, карусельные, фасонно-токарные, лобовые и др. Особыми видами токарных станков являются многорезцовые станки, одно- и многошпиндельные токарные полуавтоматы и автоматы [6].

Токарно-винторезные станки широко применяют в индивидуальном и серийном производстве, а также для ремонтных и инструментальных работ. На этих станках обрабатывают заготовки разнообразной формы. Токарно-винторезные станки различны по размерам – от настольных, предназначенных для изготовления деталей приборов, до тяжелых, используемых при обработке крупных заготовок.

На рис. 16 показан токарно-винторезный станок модели 1К62, конструкция которого создана в результате модернизации токарного станка модели 1А62.

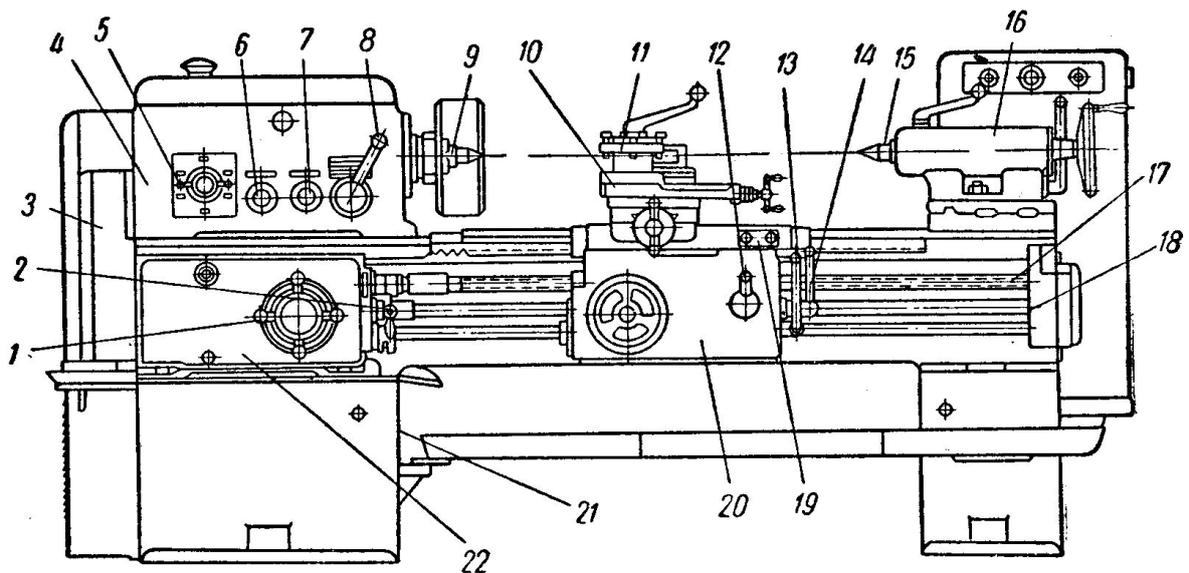


Рис. 16. Схема токарно-винторезного станка 1К62: 1 – рукоятка переключения скорости передач; 2 – рукоятка включения шпинделя; 3 – привод; 4 – передняя бабка; 5 – рукоятка регулировки чисел оборотов; 6 – рукоятка изменения подачи; 7 – рукоятка увеличения шага; 8 – рукоятка изменения чисел оборотов; 9 – центр шпинделя; 10 – суппорт; 11 – резцедержатель; 12 – рукоятка включения продольной подачи; 13 – рукоятка включения шпинделя; 14 – рукоятка реверсирования подачи; 15 – центр задней бабки; 16 – пиноль задней бабки; 17 – ходовой винт; 18 – ходовой вал; 19 – кнопка пуска и остановки главного двигателя; 20 – фартук; 21 – станина; 22 – коробка подач

Модернизации подверглась как кинематика станка, так и конструкция его отдельных узлов и механизмов.

На станине 21 смонтирована передняя бабка 4, в которой расположен механизм коробки скоростей, служащий для изменения чисел оборотов шпинделя. Передняя бабка соединена с приводом 3, непосредственно передающим вращение от электродвигателя к первичному валу коробки скоростей.

Число ступеней скорости шпинделя увеличено при модернизации от 21 до 23 без добавления зубчатых колес в коробке скоростей. Пределы чисел оборотов составляют 12,5–2000 об/мин. Изменение чисел оборотов осуществляется рукоятками 5 и 8, а включение и выключение станка, а также реверсирование шпинделя – рукояткой 13.

Коробка скоростей снабжена реверсирующей передачей, необходимой для нарезания правой и левой резьб, а также передачей для увеличения передаточного отношения цепи подач в 2 раза. Звено увеличения шага управляется рукояткой 7, а реверсирующая и повышающая передачи – рукояткой 6.

В пинולי задней бабки 16 установлен съемный задний центр 15. Обрабатываемая заготовка может быть установлена между центром 9 шпинделя и задним центром 15, в патроне той или другой конструкции или в специальных приспособлениях, связанных со шпинделем. При закреплении в патроне длинной заготовки необходимо дополнительно

поддерживать ее центром задней бабки; в ряде случаев, когда длина обрабатываемой заготовки больше 15 ее диаметров, применяют люнет, поддерживающий заготовку в средней ее части.

Резцы, используемые для обработки, закрепляются в резцедержателе 11, находящемся на суппорте 10; другие виды инструментов (сверла, зенкеры, развертки и пр.), часто применяемые на токарных станках, устанавливаются в отверстие пиноли задней бабки 16 после удаления съемного центра.

Суппорт 10, соединенный с фартуком 20, перемещается по направляющим станины станка посредством ходового винта 17 (при нарезании резьбы) или ходового вала 18 (при точении).

При продольном движении суппорта обтачиваются поверхности тел вращения. При поперечном движении суппорта производятся подрезка торцов заготовки, протачивание канавок и т. п.

Суппорт перемещается автоматически механизмом подачи. От шпинделя станка через сменные зубчатые колеса и коробку подач 22 приводится во вращение ходовой винт 17 или ходовой вал 18, передающие движение суппорту станка. Коробка подач имеет две основные кинематические цепи: одну для нарезания метрических и модульных резьб, вторую для нарезания дюймовых и питчевых резьб.

Для получения заданной подачи по ходовому валу можно пользоваться как первой, так и второй цепью. Все переключения коробки подач осуществляют рукоятками 1 и 2.

В фартуке станка имеются четыре кулачковые муфты, которые служат для включения и реверсирования продольной и поперечной подач. Маточную гайку замыкают рукояткой 12, в реверсировании подачи – рукояткой 14.

Для быстрого перемещения суппорта применяют электродвигатель ускоренного хода.

Кнопка 19 предназначена для пуска и остановки главного привода.

Основными узлами токарно-винторезного станка являются (см. рис. 16): станина, передняя бабка, задняя бабка, коробка подач с ходовым винтом и ходовым валом, фартук с механизмами подачи, суппорт и электропривод. Кроме этих узлов станок имеет масляный электронасос для смазки механизмов передней бабки, плунжерный насос для смазки механизмов фартука и суппорта, насос для подачи охлаждающей жидкости и кнопочное или рычажное управление для пуска и остановки. Включение, выключение и реверсирование электродвигателя производится посредством реверсивного магнитного пускателя. Торможение шпинделя осуществляется противотоком.

Главное движение и движение подачи производятся при помощи соответствующих приводов – совокупности механизмов, передающих движение от его источника (электродвигателя) к тому или иному механизму станка (шпинделю, суппорту и т. д.). Токарный станок имеет два привода: главного движения и движения подачи.

Привод главного движения (рис. 17) состоит из электродвигателя 1, ременной передачи 2, коробки скоростей 3 и шпинделя 4. При помощи это-

го привода через передачу, состоящую из ведущего шкива электродвигателя, приводного ремня и ведомого шкива трансмиссионного вала $I-I$, вращение от электродвигателя передается коробке скоростей и первому исполнительному органу станка – шпинделю (вал $II-II$). Путем изменения числа оборотов шпинделя коробка скоростей обеспечивает получение наивыгоднейших режимов резания.

У некоторых современных токарно-винторезных станков коробка скоростей из передней (шпиндельной) бабки вынесена в переднюю тумбу, а в средней части передней бабки помещен приводной шкив, обычно монтируемый на двух шарикоподшипниках, разгружая шпиндель от консольного натяжения приводного ремня.

Существуют два типа коробок скоростей: со ступенчатым и с бесступенчатым регулированием чисел оборотов шпинделя. В первом случае получают максимальное, минимальное и ряд промежуточных чисел оборотов в 1 мин, во втором – любое плавно изменяемое число оборотов, что дает возможность подбирать наивыгоднейшие скорости резания в зависимости от диаметра обрабатываемой заготовки, получать требуемую чистоту поверхности изделия без снижения производительности станка.

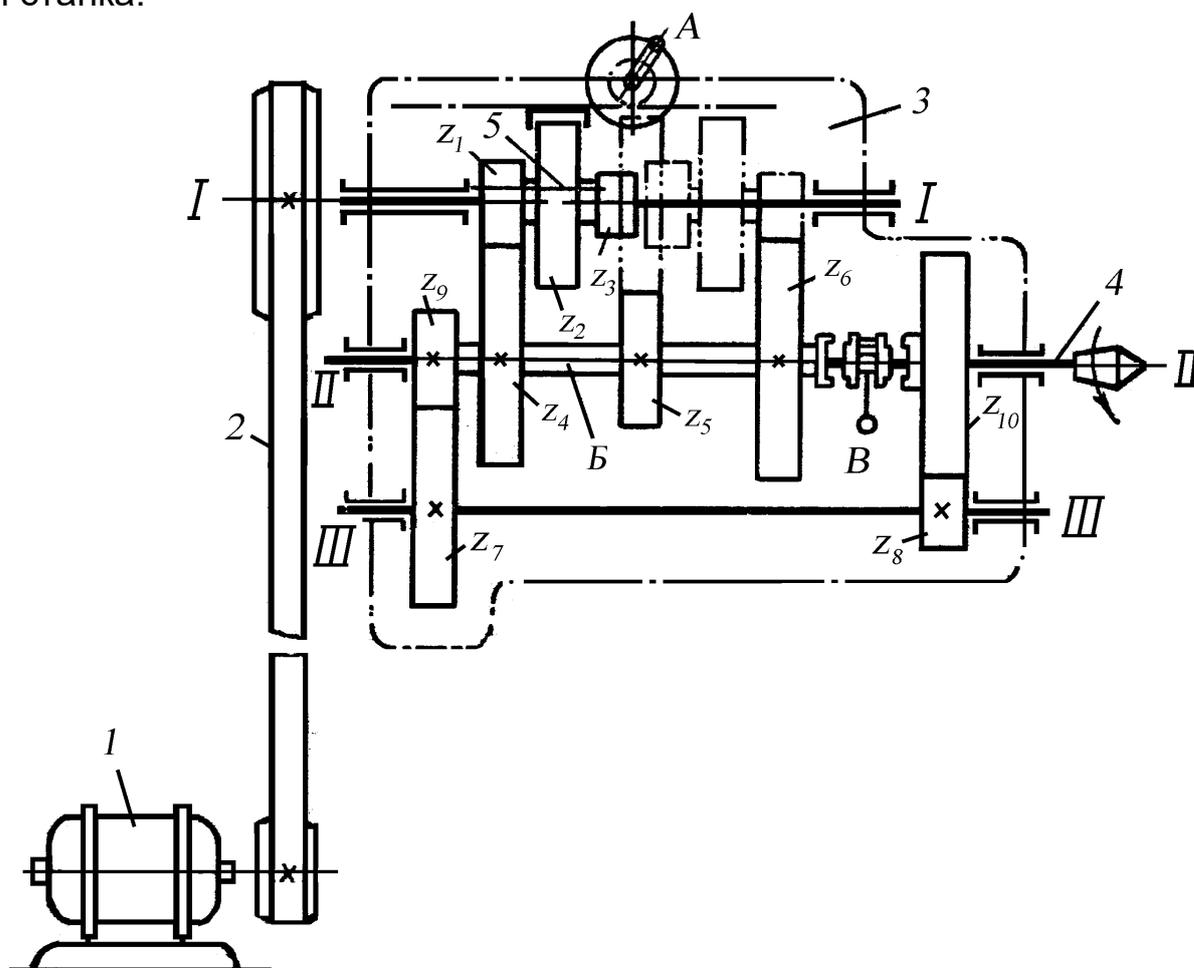


Рис. 17. Схема привода главного движения токарного станка с шестеренчатой коробкой скоростей: 1 – электродвигатель; 2 – ременная передача; 3 – коробка скоростей; 4 – шпиндель; 5 – шпонка

В токарных станках со ступенчатым регулированием чисел оборотов шпинделя применяются шестеренчатые коробки скоростей (см. рис. 17) или ступенчатые шкивы. Привод главного движения с шестеренчатой коробкой скоростей компактнее других типов приводов. От электромотора через ременную передачу движение сообщается валу $I-I$, на котором расположен подвижный блок из трех зубчатых колес z_1 , z_2 и z_3 . Подвижный блок, находящийся на скользящей шпонке 5, при помощи рукояти A перемещается вдоль вала $I-I$ и поочередно сцепляется с зубчатыми колесами z_4 , z_5 и z_6 , неподвижно закрепленными на втулке B . Втулка свободно размещена на шпинделе $II-II$ токарного станка. Зубчатые колеса z_9 и z_{10} , насаженные на шпиндель $II-II$, находятся в постоянном зацеплении с колесами z_7 и z_8 перебора $III-III$ шестеренчатой коробки. При включении кулачковой муфты B влево перебор $III-III$ выключается, и шпиндель в зависимости от положения подвижного зубчатого блока получает три значения чисел оборотов – n_1 , n_2 и n_3 .

Привод движения подачи служит для передачи движения от шпинделя ко второму исполнительному органу токарного станка – суппорту, т. е. для преобразования вращательного движения в поступательное, а также для выбора заданной величины подачи и изменения ее направления. При помощи привода движения подачи можно обеспечить заданную величину подачи не только при точении, но и при нарезании резьбы в широком диапазоне.

Движение привода подачи обычно заимствуется от конечного звена привода главного движения – шпинделя. В этом случае зубчатое колесо реверсивного механизма насаживается либо на шпиндель, либо на промежуточный вал, связанный со шпинделем посредством отдельной зубчатой передачи. Иногда источником движения привода подачи является отдельный электродвигатель.

Привод движения подачи токарного станка (рис. 18) состоит из реверсивного механизма 1, гитары 2 сменных зубчатых колес, коробки передач 3 с ходовым винтом 4 и валиком 5, фартука 6.

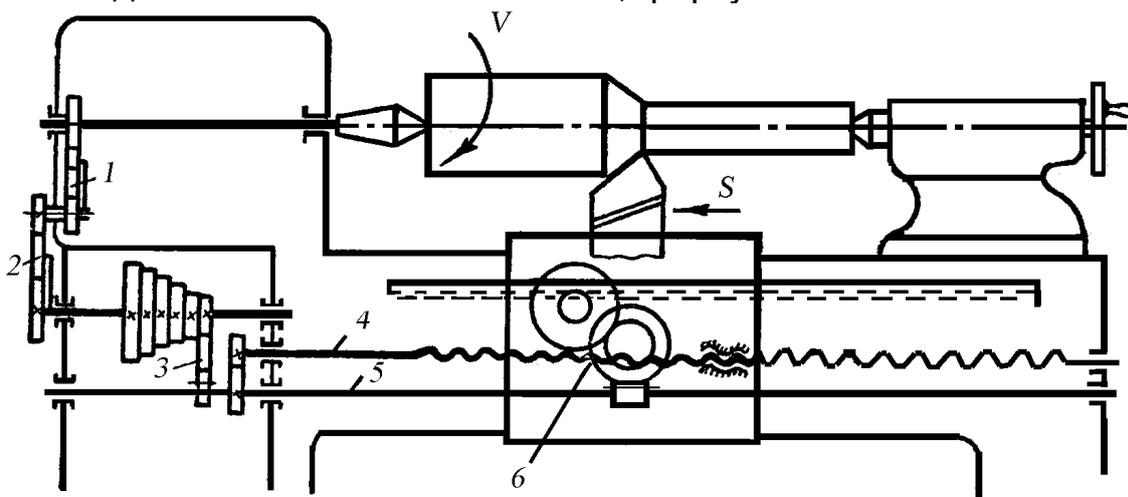


Рис. 18. Схема привода движения подачи токарного станка: 1 – реверсивный механизм; 2 – гитара; 3 – коробка передач; 4 – ходовой винт; 5 – валик; 6 – фартук

Реверсивный механизм предназначен для изменения направления вращения ходового винта или ходового валика, что обеспечивает перемещение суппорта с резцом справа налево или слева направо.

Конструктивно реверсивный механизм может состоять из систем:

- 1) четырех цилиндрических зубчатых колес с последовательным сцеплением так называемого транзеля с цилиндрическими зубчатыми колесами;
- 2) цилиндрических зубчатых колес с параллельным сцеплением и перемещающимся на скользящей шпонке блоком зубчатых колес;
- 3) цилиндрических зубчатых колес с параллельным сцеплением и кулачковой муфтой;
- 4) конических зубчатых колес с кулачковой муфтой и др.

Под *гитарой* привода подачи токарного станка понимают механизм, состоящий из набора сменных зубчатых колес и особого устройства, называемого собственно гитарой. Гитара служит для настройки привода подачи станка на различные числа оборотов, подачу при точении деталей, шаг при нарезании резьбы, а также осуществляет передачу движения от транзеля к коробке подач или ходовому винту.

В токарных станках используют три способа установки сменных зубчатых колес гитары: однопарную, двухпарную и трехпарную.

Для эффективной работы токарного станка соответствующими расчетами установлен нормальный ряд чисел зубьев и минимальные комплекты сменных зубчатых колес.

Коробка подач, расположенная с передней стороны станка под бабкой, позволяет путем переключения рычагов быстро изменять величину подачи при выполнении на станке чисто токарных или резьбонарезных работ.

В токарных станках чаще всего применяют коробки подач с накидной шестерней и с вытяжной (плавающей) шпонкой.

Фартук прикреплен к нижней части каретки суппорта. Заключенные в фартук механизмы подачи служат для преобразования вращательного движения, получаемого от ходового винта или ходового валика, в поступательное движение (подачу) суппорта, на котором закреплен резец. В фартуке имеется система червячных и зубчатых передач.

Червячная и зубчатая передачи механизмов фартука постоянны, их составные части несменяемы; поэтому различная подача может быть задана только изменением скорости вращения ходового винта или ходового валика, получающих движение от коробки подач.

Суппорт предназначен для закрепления резца и сообщения ему продольной или поперечной подачи.

Основанием суппорта служат нижние (продольные) салазки, скользящие по направляющим станины токарного станка (см. рис. 16).

Продольную механическую подачу суппорта осуществляют включением соответствующей рукоятки, расположенной на фартуке; подачу суппорта вручную производят при помощи вращения маховика, разме-

щенного на фартуке. Укрепленный на суппорте резец будет при этом перемещаться параллельно оси шпинделя.

Для поперечной подачи суппорта вручную вращают рукоятку, при этом поперечные салазки суппорта перемещаются перпендикулярно оси шпинделя, скользя по направляющим нижних салазок. На поперечных салазках закрепляется поворотная часть суппорта с верхними салазками и резцедержателем. При необходимости верхние салазки могут быть повернуты на нужный угол.

Задняя бабка токарного станка (см. рис. 16) поддерживает в центрах обрабатываемые детали значительной длины ($L > 4D$), а также служит для закрепления режущего инструмента – сверл, зенкеров, разверток. Состоит она из чугунного корпуса, установленного на скользящей плите. Эту плиту вместе с корпусом можно передвигать по направляющим станины. В зависимости от длины обрабатываемой детали задняя бабка устанавливается на станине в нужном месте.

Верхняя часть корпуса задней бабки имеет отверстие, куда вставляют пустотелый шпиндель – пиноль с закрепленным в ней задним центром станка, которые могут перемещаться в продольном направлении при помощи винта с рукояткой. Закрепление пиноли в определенном положении производится рукояткой.

При обтачивании конических заготовок корпус задней бабки токарного станка может быть смещен относительно основания в поперечном направлении посредством специального болта.

При скоростном резании в пиноль вставляют вращающийся центр.

Кинематическая схема токарного станка. Кинематической схемой токарного станка называется условное изображение всех его движущихся (кинематических) цепей в их взаимной связи.

В токарном станке имеются две кинематические цепи: электродвигатель–шпиндель (цепь главного движения), шпиндель–суппорт (цепи подачи). Последняя цепь изображается в двух вариантах – для продольной (при нарезании резьбы и точении) и поперечной подач резца.

Каждая кинематическая цепь токарного станка состоит из ряда кинематических пар зубчатых колес или шкивов. Последовательность соединения кинематических пар зубчатых колес или шкивов в цепи изображается обычно цифрами, указывающими число зубьев в зубчатых колесах или диаметры шкивов, мм. Запись ведется в строчку следующим образом: для элементов кинематических пар, закрепленных на одном валу, – через тире, для элементов кинематических пар, закрепленных на различных валах, – через знак деления.

На рис. 19 приведена упрощенная кинематическая схема токарно-винторезного станка модели 1Е61МТ. Проследим по данной схеме кинематическую цепь электродвигатель–шпиндель. Эта цепь связывает вал двигателя (диаметр шкива d_1) через клиноременную передачу со шкивом d_2 вала I коробки скоростей токарного станка, где находится шлицевой вал II с соответствующим набором цилиндрических шестеренок с шестью ступенями чисел оборотов. Далее вал II со шкивом d_3 че-

рез клиноременную передачу связан с валом *III* со шкивом d_4 и валом *IV* перебора с зубчатыми шестернями 1:2, 3:4 или же, минуя перебор, непосредственно с валом *III* (шпинделем). Структурная формула рассматриваемой кинематической цепи сокращенно выражается следующим образом, об/мин:

$$n_{шп} = n_{эд} \cdot \frac{d_1}{d_2} \cdot i_{к.с} \cdot \frac{d_3}{d_4} \cdot i_n \cdot \eta,$$

где $n_{шп}$ – число оборотов шпинделя в 1 мин; $n_{эд}$ – число оборотов электродвигателя в 1 мин; $i_{к.с}$ – переменное передаточное число коробки скоростей; i_n – переменное передаточное число перебора; η – коэффициент скольжения ременных передач (обычно принимают равным 0,98).

Токарно-винторезный станок 1Е61МТ имеет 12 чисел оборотов шпинделя (от 35 до 1600 об/мин).

Таким же способом можно установить кинематическую цепь суппорта при продольной и поперечной подачах, а также при нарезании резьбы.

Продольное и поперечное перемещение суппорта при обтачивании производится механически при помощи ходового валика *XI* через механизмы коробки подач и фартука или при помощи ходового винта 5 и разъемной гайки 6.

Ручное продольное перемещение суппорта осуществляется маховиком а через шестерни 7:8–9. Поперечное перемещение суппорта от руки осуществляется через винт 10 и гайку 11 при помощи рукоятки б (см. рис. 19).

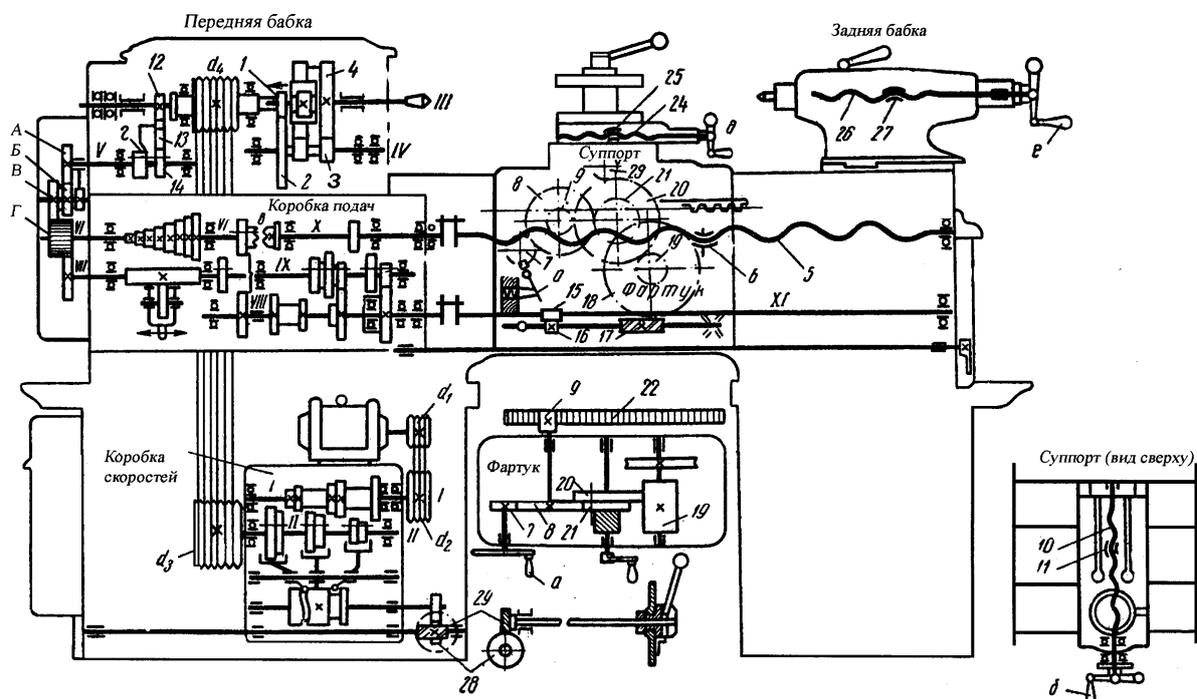


Рис. 19. Кинематическая схема токарно-винторезного станка модели 1Е61МТ

Коробка подач получает движение через шестерни 12:13 и 13:14 (механизм передней бабки) и сменные шестерни А, Б, В и Г на гитаре.

Для нарезания точных резьб ходовой винт 5 соединяют напрямую с валом VI посредством муфты в и вала X.

Через ходовой валик XI суппорт получает механические продольные подачи от 0,04 до 6 мм на 1 оборот шпинделя через шестерни 15:16, червячную пару 17:18, шестерни 19:20–21:8, реечную шестерню 9 и рейку 22 и поперечные подачи от 0,012 до 1,87 мм на 1 оборот шпинделя через зацепление шестерен 20:23, винт 10 и гайку 11.

Изменение направления движения суппорта достигается переключением тrenzельной шестерни 14 и при помощи рукоятки г.

Перемещение верхних салазок производится от руки винтом 24 и гайкой 25 при помощи рукоятки д.

Продольное перемещение пиноли задней бабки осуществляется от руки через винт 26 и гайку 27 при помощи рукоятки е.

Анализируя кинематическую схему токарного станка в целом и ее кинематические цепи, можно подобрать необходимую структурную формулу настройки станка для выполнения конкретной задачи. Полученные таким образом обобщенные данные записывают в таблицу настройки станка и вывешивают на металлической дощечке вблизи рабочего места токаря.

4.2. Классификация резцов

Применяемые при токарных работах резцы делятся на проходные, подрезные, отрезные, расточные, резьбовые и фасонные.

Наружные цилиндрические и конические поверхности обрабатывают проходными резцами; внутренние цилиндрические и конические поверхности растачивают расточными резцами; торцовые плоскости обтачивают подрезными резцами; наружные и внутренние резьбы нарезают резьбовыми резцами; разрезку заготовок на части производят отрезными резцами.

Проходные резцы бывают обдирочные и чистовые.

Обдирочные проходные резцы (рис. 20, а) используют для грубой черновой обработки деталей, когда нужно снять толстый слой металла.

В зависимости от направления подачи при точении резцы разделяются на правые и левые. Правые резцы работают с движением подачи, направленным справа налево, т. е. к шпинделю станка, левые резцы, наоборот, имеют направление движения подачи слева направо – от шпинделя станка. Для идентификации резцов пользуются «правилом руки»: накладывая сверху на резец правую или левую руку так, чтобы в направлении подачи был направлен большой палец, устанавливают тип резца.

В зависимости от расположения рабочей части относительно корпуса резцы бывают прямые и отогнутые и характеризуются углами резания, которые обеспечивают им максимальную стойкость. У прямых резцов рабочая часть является продолжением корпусной части без искривления общей оси резца. Если геометрические оси корпуса и рабочей части пересекаются под углом (чаще всего равным 45°), то эти резцы

называются отогнутыми, Прямые и отогнутые резцы бывают как правыми, так и левыми.

Проходные токарные резцы благодаря заданной геометрии режущей части могут быть проходного и подрезного типов. Резцы проходного типа имеют главный угол в плане менее 90° (обычно 45° , 60° или 75°).

Чистовые проходные резцы (рис. 20, б), обладающие значительно большим радиусом закругления при вершине, чем обдирочные, применяют для окончательной обработки изделий. Для получения особо чистой поверхности пользуются широкими чистовыми резцами.

Торцовые поверхности заготовок или уступов, расположенные под прямыми или острыми углами к оси детали, обрабатывают *подрезными резцами* при поперечной подаче (рис. 20, в).

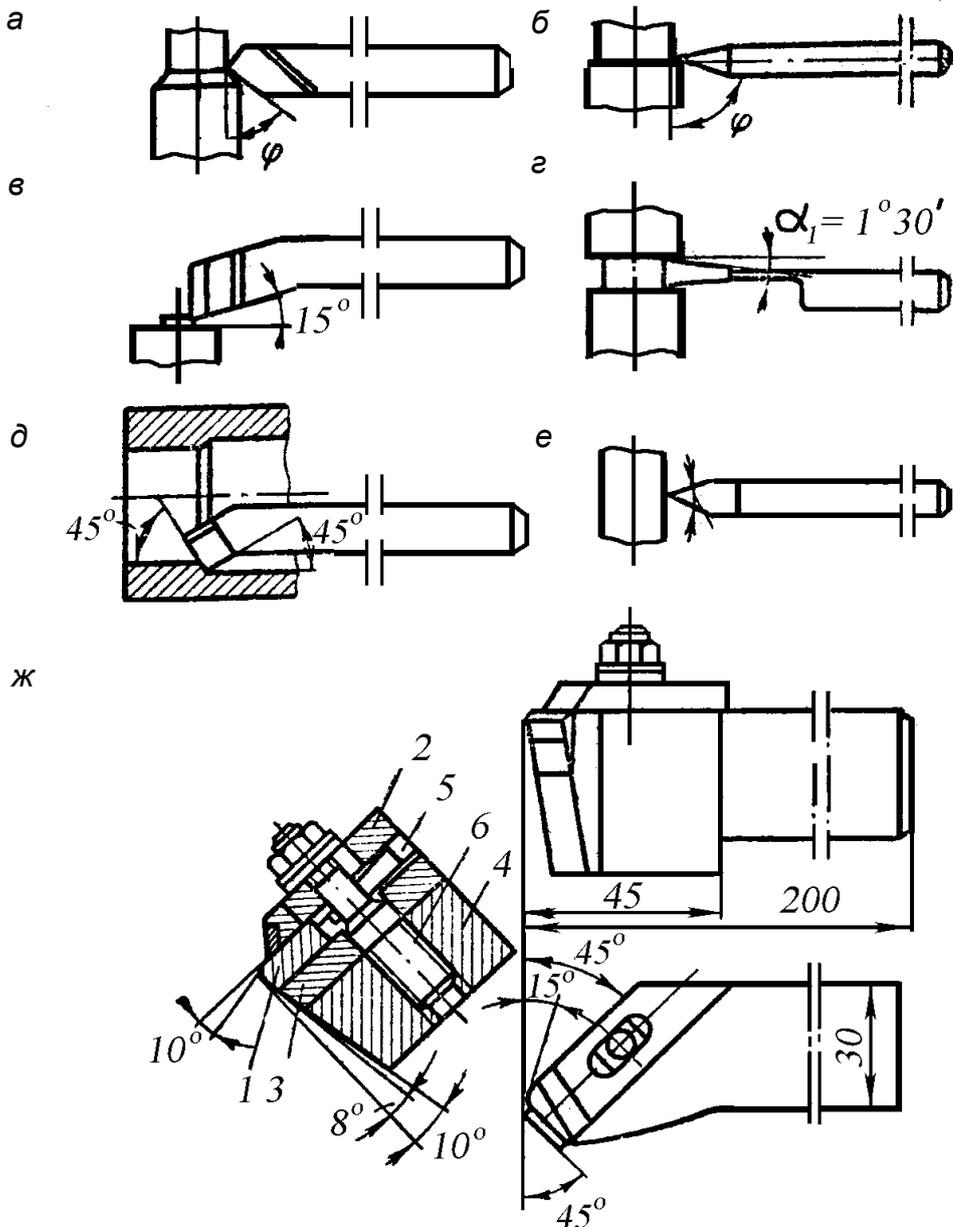


Рис. 20. Токарные резцы: а – проходной обдирочный прямой; б – проходной чистовой с закруглением при вершине; в – подрезной; г – отрезной; д – расточный; е – резьбовой для наружной резьбы; ж – конструкции ЦНИИТМАШ с механическим креплением

минералокерамической пластинки: 1 – пластинка; 2 – накладной стружколом; 3 – подкладка; 4 – державка; 5 – упор; 6 – шпилька

Отрезные резцы (рис. 20, *г*) служат для разделения заготовок на части и выточки кольцевых канавок.

Расточными резцами (рис. 20, *д*) обрабатывают сквозные и глухие отверстия; длина этих резцов всегда должна быть больше длины обрабатываемого отверстия.

Резьбовые резцы (рис. 20, *е*) по расположению головки относительно тела резца для нарезания наружной резьбы делаются прямыми, а для внутренней – изогнутыми. Угол заточки резца в плане должен соответствовать профилю резьбы.

Кроме рассмотренных выше, при токарных работах часто применяют специальные резцы, у которых в той или иной степени изменена геометрическая форма с целью повышения их стойкости при точении.

Важно отметить, что резцы из углеродистой и легированной (а иногда и из быстрорежущей) стали делаются цельными, а твердосплавные и минералокерамические – составными. Пластинки из твердых сплавов припаивают к державке (телу) резца, а пластинки из минералокерамики закрепляют при помощи различных механических приспособлений. На рис. 20, *ж*, показано крепление минералокерамической пластинки на проходном резце. Пластинка 1 прижимается накладным стружколомом 2 через подкладку 5 к державке (телу) резца 4. Для надежного фиксирования положения пластинки служит упор 5. Стружколом крепят к державке шпилькой 6.

Выбор рациональной геометрии резцов. Выбирая геометрическую форму и углы резцов в зависимости от конкретных условий резания, можно добиться наименьшей интенсивности износа и, как следствие, более высокой скорости резания или большей продолжительности работы от переточки до переточки (стойкость резца).

Для характеристики режущей части принята передняя поверхность, по форме которой и типизированы геометрические параметры режущей части резца. Основные геометрические формы передней поверхности резца (рис. 21):

- а* – плоская без фаски;
- б* – плоская с фаской;
- в* – криволинейная без фаски;
- г* – криволинейная с фаской.

В конкретных производственных условиях геометрические формы резца иногда изменяются и дополняются существенными усовершенствованиями.

Плоская форма передней поверхности резца без фаски (рис. 21, *а*) применяется при обработке хрупких материалов, например, чугуна, бронзы, высоколегированных конструкционных сталей и закаленных ме-

таллов, обладающих высокой твердостью и пределом прочности более 100 кг/мм².

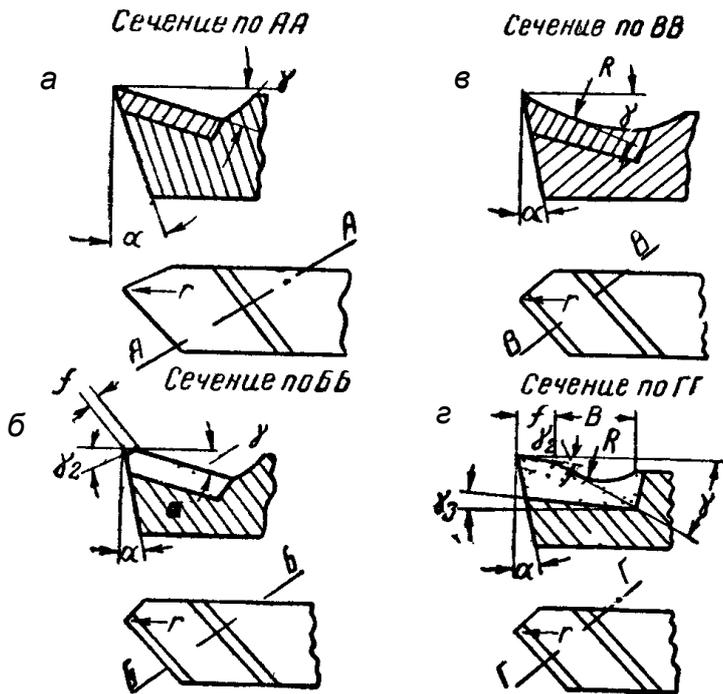
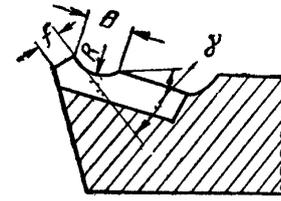


Рис. 21. Основные формы передней поверхности режущей части резца: а – плоская без фаски; б – плоская с фаской; в – криволинейная без фаски; г – криволинейная с фаской



$f = 0,2-0,3$ мм,
 $B = 2-2,5$ мм,
 $R = 4-6$ мм (глубина канавки
 $0,1-0,15$ мм)

Рис. 22. Форма передней поверхности твердосплавного резца с канавкой для завивания и отвода стружки: B – ширина канавки; R – радиус канавки; γ – передний угол

При обработке чугуна и бронзы передние углы обычно делают положительными, а при обработке высоколегированных сталей и закаленных металлов – отрицательными. Эта же плоская форма без фаски применяется и в тех случаях, когда изготовление другой формы затруднено или вообще невозможно, а надо срезать слой толщиной не более 0,2–0,3 мм.

Плоская форма передней поверхности с фаской (рис. 21, б) применяется при изготовлении резцов для обработки стали средней твердости с пределом прочности, равным 70–90 кг/мм², при толщине срезаемого слоя более 0,2 мм. Образование фаски имеет целью упрочнить режущую часть резца и предохранить ее от разрушения силами, возникающими при срезании достаточного толстого слоя, а также при трении стружки о переднюю поверхность и трении задних поверхностей режущей части резца. Величина фаски выбирается в зависимости от величины подачи: чем больше последняя, тем больше фаска (в пределах $f = 0,2-1,0$ мм), или $f = (0,8 - 2)s$. Угол фаски γ_2 выбирается для резцов из быстрорежущей стали от 0 до +5° и резцов из твердых сплавов от минус 5 до минус 10°. Для ломания стружки при работе этими резцами требуется *стружколомающее* устройство.

Криволинейная форма передней поверхности без фаски (рис. 21, в) выбирается главным образом для резцов, изготавливаемых из инструментальных сталей (P18, P9, У10А, У12А и др.) и предназначенных для обработки мягких сталей и сталей средней твердости с большой вязкостью и пределом прочности, равным или меньше 70 кг/мм^2 . Криволинейную поверхность получают заточкой по дуге определенного радиуса для завивания сходящей стружки в винтовую спираль, которая может быть направлена в сторону и не будет мешать работе. Величина радиуса зависит от качества обрабатываемого металла и толщины снимаемого слоя.

Криволинейная форма передней поверхности резца с фаской (рис. 21, г) применяется для тех же условий, что и без фаски, но при обработке стали более высокой твердости с пределом прочности, равным или меньше 80 кг/мм^2 , при толщине среза более $0,2 \text{ мм}$.

Обычные резцы из твердого сплава редко изготавливаются с криволинейной передней поверхностью, но иногда на плоской поверхности твердосплавного резца с помощью электроискровой обработки делают канавку определенных размеров для обеспечения стружкозавивания или стружколомания (рис. 22). Здесь B , R – соответственно ширина и радиус канавки, а γ – передний угол.

Такая форма режущей части твердосплавного резца применяется для полустойковой обработки сталей с пределом прочности, равным 80 кг/мм^2 , при глубине резания, равной $1\text{--}5 \text{ мм}$, и подаче от $0,3 \text{ мм/об}$ и выше. Криволинейную канавку не следует изготавливать с помощью шлифовального круга из-за возможной порчи пластины.

Иногда на передней поверхности резца, изготовленного из твердого сплава, делают криволинейную канавку такого размера, который обеспечивает ломание сходящей стружки на мелкие куски. Данное устройство для стружколомания при скоростном резании сравнительно просто и при наличии приспособления для электроискровой обработки может найти широкое применение.

Принципиальная схема конструкции режущей части твердосплавного резца с канавкой для стружколомания показана на рис. 23.

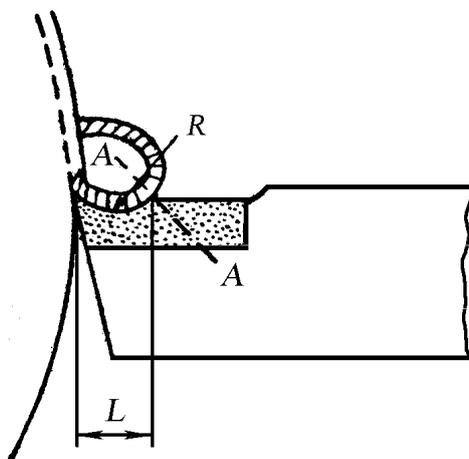


Рис. 23. Схема режущей части резца с канавкой для ломания стружки при скоростном резании сталей

Из рисунка видно, что срезаемый слой металла скользит по канавке и изгибается в полукольцо с радиусом R , равным радиусу канавки. Конец срезанного слоя (стружки) упирается в поверхность резания (или другое поставленное на пути препятствие) и под действием соответствующих сил должен ломаться по плоскости $A-A$, проходящей через точку выхода из криволинейной поверхности.

Размеры канавки для ломания стружки зависят от качества металлов и режимов резания и особенно от толщины среза: при прочих равных условиях чем больше толщина среза, тем больше следует делать радиус канавки и расстояние L .

Оптимальные значения углов режущей части резцов зависят от материала резки, качества обрабатываемого металла и режимов резания. Величины задних углов необходимо выбирать в основном в зависимости от толщины срезанного слоя, причем с ее уменьшением величину заднего угла следует увеличить, а с увеличением – уменьшить.

Величины передних углов нужно выбирать в зависимости от физико-механических свойств обрабатываемого металла, из которого сделан резец, и характера его износа. При установлении переднего угла резца, изготовленного из быстрорежущей стали, для обработки стали следует учитывать пластичность последней. При установлении переднего угла резца, изготовленного из твердого сплава, для обработки сплава и чугуна надо прежде всего учитывать предел прочности на растяжение или твердость обрабатываемого металла. При обработке металлов с большими подачами (грубое обтачивание), когда преимущественно изнашиваются передняя или одновременно передняя и задняя поверхности, необходимо применять резец с двумя передними углами, т. е. с передней поверхностью, которая непосредственно у режущей кромки имеет фаску.

Величины главных и вспомогательных углов в плане выбирают минимальными, допускаемыми, как правило, жесткостью и виброустойчивостью системы деталь–инструмент. Уменьшение главного угла в плане φ ведет к увеличению массы режущей части резца и уменьшению толщины срезанного слоя (при неизменных подаче и глубине резания), а это вызывает снижение механических и тепловых напряжений на контактных поверхностях резца; благодаря этому уменьшается интенсивность износа и увеличивается время работы резца (как общее, так и от переточки до переточки). Но увеличивающаяся в этом случае ширина срезанного слоя вызывает усилие или появление вибрации системы станок–деталь–инструмент, поскольку радиальная сила, возникающая в процессе резания, при этом возрастает. Таким образом, это ограничивает применение малых значений φ .

Уменьшение вспомогательного угла в плане φ_1 , с одной стороны (так же как и для главного угла в плане), ведет к снижению механического и теплового напряжения режущей части резца, а с другой стороны, при

очень малых вспомогательных углах в плане приводит к увеличению работы трения и выделению теплоты, что вызывает в конечном итоге повышение интенсивности износа и сокращение времени работы резца.

Величину угла наклона режущей кромки резца λ следует выбирать исходя из величины и положения исходной площади контакта передней поверхности с деталью, что косвенным путем влияет на механическое и тепловое напряжение режущей части резца. В обычных условиях трения этот угол оказывает влияние преимущественно на внешний вид и направление схода стружки в нужную, безопасную для станочника сторону.

В некоторых случаях с помощью подбора соответствующей величины угла наклона режущей кромки удается получать ломание стружки при скоростном резании вязких сталей (например, при скоростной обработке осей ломание стружки происходило при значениях этого угла от $+10$ до $+15^\circ$, при переднем угле – от -5 до -10° и при главном угле в плане, равном 70°).

Радиусы сопряжения режущих кромок необходимы для уменьшения интенсивности износа вершины резца – места сооружения задних поверхностей. Иногда для этой же цели делают так называемую переходную кромку, т. е. прямую линию небольшой длины (до 3 мм) с углом в плане в пределах $10-45^\circ$.

Для выбора углов резцов, оснащенных пластинами из быстрорежущей стали и твердого сплава, существуют соответствующие нормативы и справочная литература, на основании которой в табл. 13 представлены основные значения углов α , γ , φ и φ_1 этих резцов [1, 5, 8, 9, 14, 15, 16, 17, 19].

Угол наклона режущей кромки λ в зависимости от назначения резца выбирается:

- от 0 до 4° для проходных и расточных резцов при обдирке;
- от 0 до -4° для проходных и расточных резцов при чистовых работах;
- 0° для подрезных, прорезных и отрезных резцов;
- $10-30^\circ$ для резцов при обработке прерывистой обрабатываемой поверхности;
- до -20° для резцов, которыми обрабатываются нежесткие детали.

Таблица 13

Основные углы резцов

Обрабатываемый металл	α		γ						φ	φ_1
	$S > 0,2$	$S \leq 0,2$	Форма передней поверхности резца							
			I		II		III-IV			
			$S > 0,2$	$S \leq 0,2$	$S > 0,2$	$S \leq 0,2$	$S > 0,2$	$S \leq 0,2$		
Сталь $\sigma_b < 80 \text{ кг/мм}^2$	8	12	20/-5	25/-5	30/-5	–	30/15	30/15	45-750 проходные; до 900 подрезные 5-150 проходные; 20-250 подрезные	
Сталь $\sigma_b \geq 80 \text{ кг/мм}^2$	8	12	20/-10	20/-5	25/-10	–	25/15	25/15		
Чугун мягкий $H_b < 200$	8	12	20-12/-5	20-12/-5	–	–	–	-/12		
Чугун твердый $H_b \geq 200$	8	12	8/-5	8/-5	–	–	–	-/8-5		
Алюминий, магниевый, легкие сплавы, красная медь	10	15	25	25	30	30	25	25		

для резцов из быстрорежущей стали										
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Примечание. В знаменателе указано значение для резцов, оснащенных твердым сплавом.

Радиус закрепления при вершине резца r выбирается в зависимости от вида обработки: 1–3 мм для грубого точения; 1,5–5 мм при полуцистковой обработке.

4.3. Предварительная обработка заготовок

Поверхности вращения представляют собой наиболее распространенный вид обрабатываемых поверхностей заготовок. Обработку их ведут различными способами: точением, шлифованием и др.

Заготовки деталей типа валов изготавливают из проката (прутков), отливок и штамповок.

Заготовки в виде отливок и штамповок применяют обычно для ступенчатых валов.

При изготовлении из проката заготовку обычно разрезают и правят.

Торцы заготовок подрезают или фрезеруют. Если по технологическому процессу намечена дальнейшая обработка заготовок в центрах, их центруют.

Центровые отверстия являются, как правило, установочными базами, и поэтому от их точности положения и исполнения зависит и точность обработки всей поверхности заготовки. Центровые отверстия обрабатывают на токарных, револьверных, сверлильных и двусторонних центровальных станках, однако наиболее производительный способ – их обработка на фрезерно-центровальном полуавтомате, где заготовки вначале торцуют (первая позиция), а затем центруют (вторая позиция) с двух сторон.

Для центрования применяют типовые наборы инструментов – спиральные сверла и конические зенковки, а также комбинированные центровочные сверла.

На рис. 24 показаны конструкции центров токарного станка: нормальные (рис. 24, а), со сферическим концом (рис. 24, б), применяемые при смещении осевой линии заготовки относительно линии центров станка, полуцентры (рис. 24, в), позволяющие совмещать операции наружного продольного точения с подрезкой торцов.

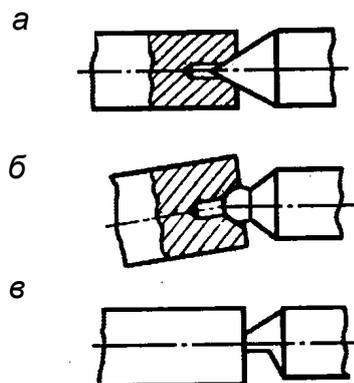


Рис. 24. Виды центров для токарных работ:
 а – нормальное; б – со сферическим концом;
 в – полуцентры

Наибольший удельных вес при обработке наружных поверхностей вращения занимает обработка на станках токарно-револьверной группы, которые составляют 25–50 % от общего станочного парка машиностроительного завода.

4.4. Технология токарной обработки

Наиболее распространенным видом обработки наружных поверхностей тел вращения является обтачивание при продольном перемещении суппорта с режущим инструментом (рис. 25, а).

Фасонное обтачивание осуществляют при одновременном перемещении режущего инструмента в продольном и поперечном направлениях (рис. 25, б), а также при обработке фасонными резцами. Фасонное обтачивание по копиру, контур которого соответствует контуру обрабатываемой заготовки (рис. 25, в), значительно упрощает обработку заготовок сложной конфигурации [3].

Нарезание резьбы (рис. 25, г) также является весьма распространенной операцией. На современных токарных станках можно нарезать метрические, дюймовые и другие резьбы, а также многозаходные резьбы разных профилей.

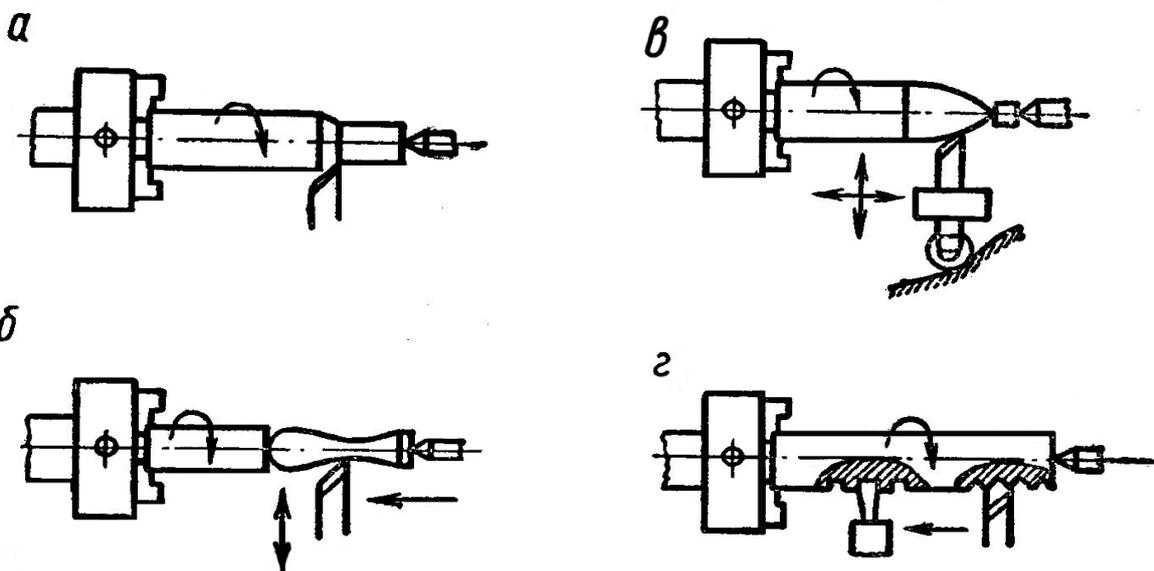


Рис. 25. Виды токарной обработки основных наружных поверхностей тел вращения: а – обтачивание при продольном перемещении суппорта; б – фасонное обтачивание; в – фасонное обтачивание по копиру; г – нарезание резьбы

Токарная обработка обычно подразделяется на черновые (обдирочные) и чистовые операции. В ряде случаев применяют также получистовую и отделочную (тонкую) обработку. При черновых операциях снимают возможно большую часть припуска с приданием заготовке формы,

приближающейся к форме детали; достигаемая при этом чистота поверхности в соответствии с ГОСТ 2789 – 59 не превышает $\nabla 3$.

Получистовое точение позволяет повысить чистоту обрабатываемой поверхности до $\nabla 4$ и достичь более высокой точности обработки.

При чистовых операциях заготовке придают окончательную форму в пределах точности 3–4-го классов и чистоту поверхности $\nabla 4$ – $\nabla 6$. Тонкое точение может заменить шлифование, представляющее собой отделочную операцию и позволяющее получить чистоту обработанной поверхности $\nabla 8$.

Простейшей формой фасонного обтачивания является обработка конической поверхности. Узкие конические поверхности, например фаски, обрабатывают путем установки резца с прямолинейной режущей кромкой на заданный угол. Конус можно обработать также при повороте суппорта на угол, равный половине угла при вершине конуса.

При небольшом значении угла при вершине конус можно обработать методом поперечного смещения задней бабки. Однако этот метод является приближенным, так как при смещении задней бабки вместе с ней смещается и заготовка, а результате чего ее длина проектируется на плоскость, проходящую через линию центров станка, с искажением.

На токарных станках, и в частности на токарно-винторезных, выполняют точение в центрах, в патроне и на планшайбе; растачивание; торцовое точение; отрезку и подрезку; нарезание винтовой резьбы; точение конусов, фасонных поверхностей и другие виды работ с применением соответствующих инструментов и приспособлений.

Точение в центрах. Прутковые детали (валы, оси) с отношением длины к диаметру $L/D > 4$ обычно подвергают продольному точению в центрах (рис. 26) с использованием проходных резцов. Деталь с просверленными осевыми отверстиями на торцах и надетым хомутиком *a* зажимают между центрами передней и задней бабок. Центр передней бабки устанавливают в шпинделе, а задней – в пиноли. Хомутик закрепляют на одном из концов детали при помощи винта *1* так, чтобы его палец *2* входил в прорезь поводковой планшайбы *3*. Планшайбу навинчивают на передний конец шпинделя.

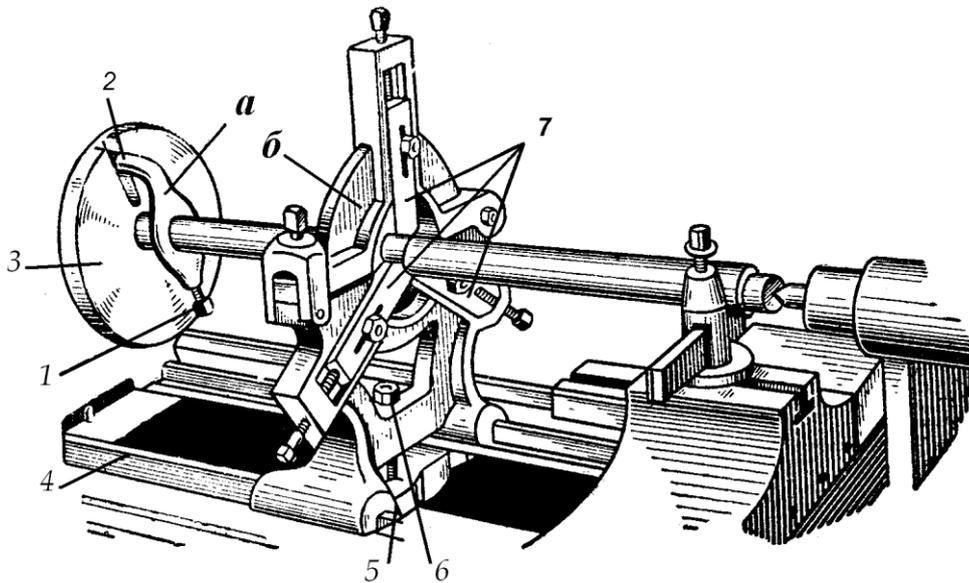


Рис. 26. Точение в центрах с неподвижным люнетом: а – хомут; б – неподвижный люнет; 1 – винт; 2 – палец; 3 – планшайба; 4 – станина; 5 – планка; 6 – болт с гайкой; 7 – упоры

Вместо планшайбы часто применяют поводковый патрон с безопасным хомутиком. Центр и хомут на передней бабке станка защищены корпусом поводкового патрона; в последнем помещен поводковый палец, вращающий хомут с деталью.

При обработке длинных деталей ($L/D > 10-12$) для предохранения их от прогиба применяют направляющие приспособления – люнеты. Люнеты могут быть неподвижными и подвижными.

Неподвижный люнет б (см. рис. 26) ставят на обе направляющие станины 4 и при помощи планки 5, болта с гайкой 6 закрепляют между передней и задней бабками станка. Обрабатываемая деталь охватывается тремя регулирующими упорами 7 (кулачками). При точении с большими скоростями вместо обычных упоров в люнетах устанавливают роликовые или шариковые подшипники, наружные кольца которых служат роликами, касающимися поверхности вращающейся детали.

Подвижный люнет крепится на каретке суппорта и вместе с ней перемещается вдоль обрабатываемой детали. Люнет имеет два упора, касающихся обработанной поверхности детали и принимающих на себя давление от резца.

При обработке на токарном станке тяжелых и длинных деталей один конец закрепляется в патроне, а другой поддерживается центром задней бабки. Это обеспечивает необходимую жесткость крепления детали и уменьшает износ центров.

Точение в патроне. Обработка деталей длиной $L < 4D$ производится проходными, подрезными, отрезными или расточными резцами. Такие детали закрепляются только в патроне, без поддержки свободного кон-

ца центром задней бабки токарного станка. Для закрепления используются трех- и четырехкулачковые патроны, навинчиваемые на шпиндель.

Трехкулачковый самоцентрирующий патрон (рис. 27, а) используют обычно для закрепления симметричных деталей. В этом патроне захватывающие кулачки 1–3 могут радиально перемещаться к центру или от него. Для этой же цели служит большое зубчатое коническое колесо 4 с нарезанной плоской спиральной впадиной на торцевой стороне, а также связанные с ним три небольших конических зубчатых колеса 5, вмонтированных в корпус 6 патрона и получающих вращение от торцового ключа. Выступы кулачков входят в спиральную впадину большого колеса и при вращении последнего вместе с кулачками совершают перемещение в радиальных пазах корпуса патрона, захватывая деталь.

В четырехкулачковом патроне (рис. 27, б) имеется независимое перемещение каждого из кулачков 7–10, укрепленных в радиальных пазах планшайбы 11. Эти патроны применяют для установки и закрепления деталей сложной и несимметричной формы.

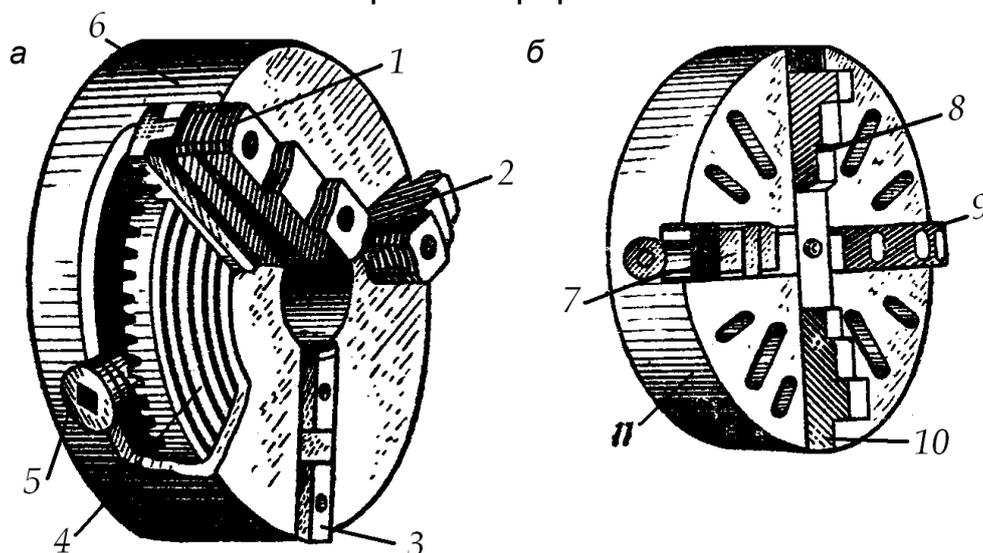


Рис. 27. Токарные патроны: а – самоцентрирующий; б – четырехкулачковый: 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10 – захватывающие кулачки; 4 – большое зубчатое колесо; 5 – три малых зубчатых колеса; 6 – корпус; 11 – пазы планшайбы

Обработку торцовых поверхностей пластин и других тонкостенных плоских деталей удобно проводить в патронах с постоянным магнитом.

При массовом и крупносерийном производстве некоторых деталей применяют патроны с пневматическими и гидравлическими зажимами, которые значительно облегчают и ускоряют работу.

Точение на планшайбе. При обработке несимметричных деталей и деталей сложной формы, закрепление которых в кулачковых патронах неудобно или невозможно, применяют планшайбу 1 (рис. 28), навинчи-

ваемую на шпиндель. Планшайба представляет собой диск с радиально прорезанными пазами.

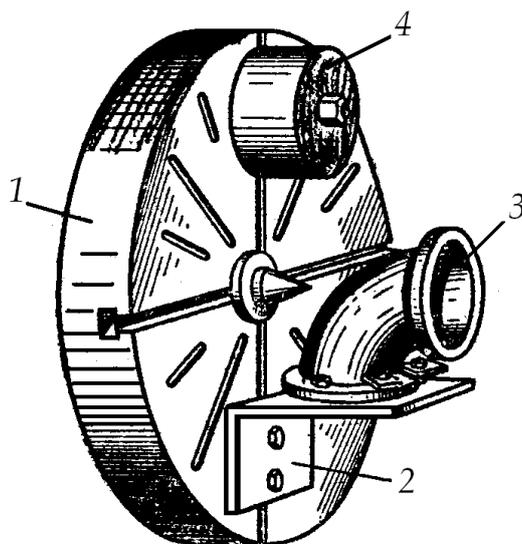


Рис. 28. Крепление детали на планшайбе: 1 – планшайба; 2 – угольник; 3 – обрабатываемая деталь; 4 – противовес

Обрабатываемую деталь укрепляют на планшайбе болтами. Если такое крепление затруднительно, то сначала ставят угольник 2 и к нему уже прикрепляют обрабатываемую деталь 3. Закрепленная деталь уравнивается противовесом 4.

Растачивание. Данный вид токарной работы производится внутри отверстия с применением расточных резцов (см. рис. 20, д); обрабатываемые детали укрепляют в кулачковых патронах или на планшайбе. Иногда растачиванию предшествует сверление отверстия.

Торцовое точение. При торцовом точении на обрабатываемой детали можно получить сплошную торцовую плоскость или частичную кольцеобразную плоскость путем поперечной подачи резца (см. рис. 20, в). Точение торцовых поверхностей производят подрезными резцами, обрабатываемую деталь закрепляют в кулачковых патронах или на планшайбе.

Отрезка и подрезка. При отрезке или подрезке обрабатываемую деталь закрепляют в патроне. Работа выполняется при поперечной подаче резца. Подрезку можно производить, перемещая резец от периферии к центру детали или от центра к периферии.

Нарезание винтовой резьбы. Перед нарезанием винтовой резьбы настройку станка производят в большинстве случаев набором соответствующих сменных зубчатых колес гитары подач, как указано на схеме (рис. 29); при этом передаточное отношение зубчатой пары, соединяющей шпиндель и трензель, и передаточное отношение трензеля иногда принимают равным единице.

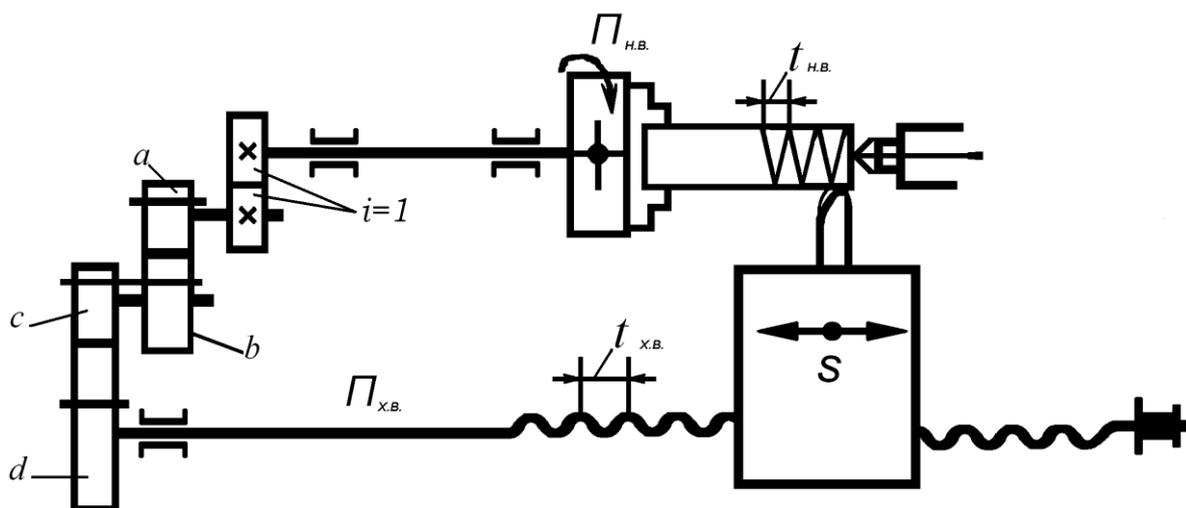


Рис. 29. Схема нарезания резьбы на токарном станке

Расчетное уравнение кинематической цепи шпиндель–суппорт при нарезании винтовой резьбы выводят из условия, что за один оборот шпинделя продольное перемещение суппорта станка должно равняться величине шага нарезаемого винта $t_{H.B.}$, поэтому

$$t_{H.B.} = t_{X.B.} \cdot t_{CM} \cdot t_{об}$$

или

$$\frac{t_{H.B.}}{t_{X.B.} \cdot t_{об}} = t_{CM},$$

где $t_{X.B.}$ – шаг ходового винта станка, мм; t_{CM} – передаточное число гитары сменных зубчатых колес; $t_{об}$ – общее передаточное отношение всех постоянных передач от шпинделя до ходового винта.

Для двухпарной гитары подач расчетная формула определения передаточного отношения сменных зубчатых колес при нарезании винтовой резьбы будет иметь вид

$$\frac{t_{H.B.}}{t_{X.B.} \cdot t_{об}} = t_{CM} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d},$$

где a, b, c, d – числа зубьев зубчатых колес гитары подач.

Используя это отношение, можно решать различные задачи настройки станка для нарезания резьб путем подбора сменных зубчатых колес с соответствующим числом зубьев; при этом необходимо строго соблюдать размерности $t_{H.B.}$ и $t_{X.B.}$, которые могут быть выражены в дюймах, миллиметрах, числе ниток резьбы на дюйм, модулях и т. д.

На токарно-винторезном станке модели 1Е61МТ, рассмотренном ранее (см. рис. 19), настройку на различные шаги нарезаемых резьб производят по двум вариантам, соответствующим резьбам нормальной и повышенной точности.

Винтовые резьбы нормальной точности получают при помощи механизма коробки подач и соответствующих шести настроек гитары.

В таблице, помещенной на передней части корпуса шпиндельной бабки, указаны всевозможные величины продольных и поперечных подач и шаги резьб нормальной точности.

Винтовые резьбы повышенной точности нарезаются при более короткой кинематической цепи «напрямую» путем соединения ходового винта S (рис. 19) с валом VI посредством муфты $в$. В этом случае в передаче движения от шпинделя к ходовому винту шестерни коробки подач не участвуют, чем создается кратчайшая кинематическая винторезная цепь.

В машиностроении применяется четная и нечетная резьба. Если частное от деления шага ходового винта на шаг нарезаемой резьбы есть целое число, резьба называется четной, в остальных случаях – нечетной.

При нарезании четной винтовой резьбы возврат суппорта с резцом в исходное положение после каждого прохода можно осуществлять быстро вручную, выключив маточную гайку и не останавливая или не изменяя движения станка (без реверсирования). При включении маточной гайки для нового прохода резец автоматически попадает в нитку – впадину нарезаемой резьбы.

При нарезании нечетной винтовой резьбы после каждого прохода возврат суппорта в исходное положение для обеспечения точного попадания резца в нитку можно производить, включив обратный ход суппорта без выключения маточной гайки.

Точение конусов. Обработку конических поверхностей производят при повороте верхних салазок суппорта или смещении центра задней бабки, а также при помощи широкого резца, копировальной линейки и других приспособлений.

При точении конической поверхности с повернутыми верхними салазками суппорта (рис. 30, а) сначала определяют угол поворота α по формуле

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{D-d}{2l},$$

где D – больший диаметр конуса, мм; d – меньший диаметр, мм; l – длина конуса, мм.

Затем верхние салазки поворачивают на угол α вокруг оси 1 и закрепляют в этом положении.

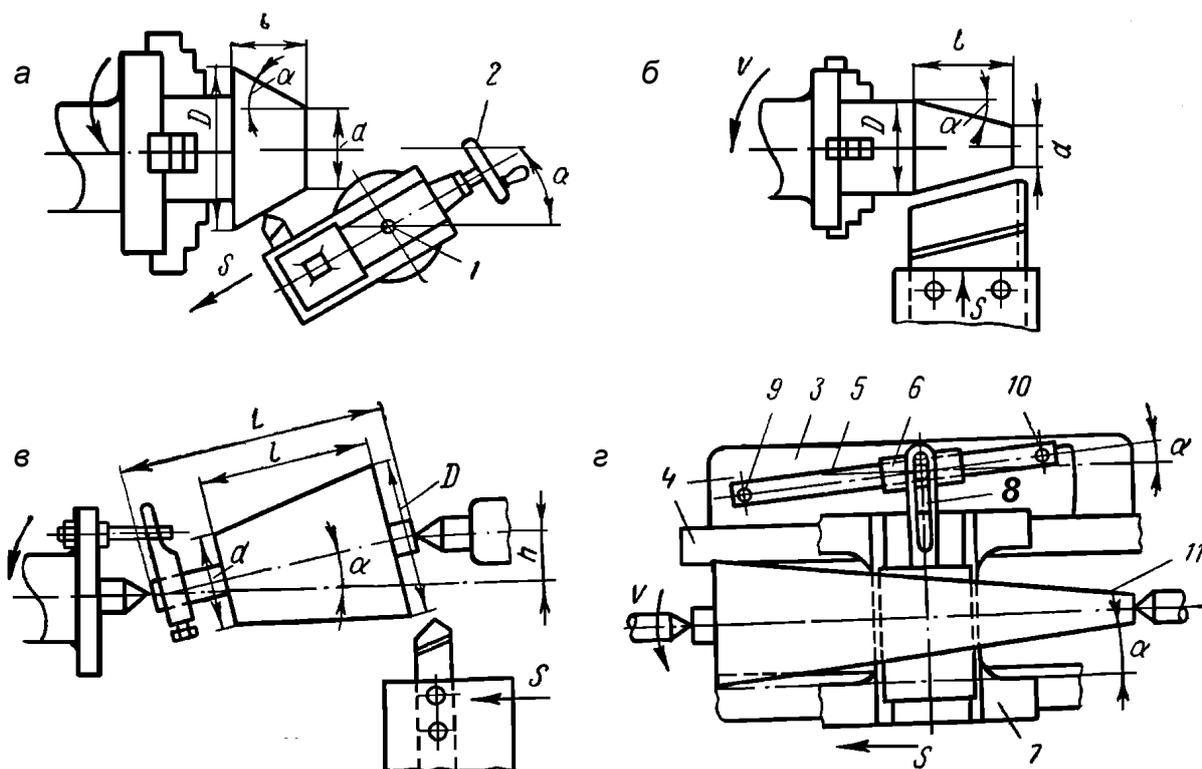


Рис. 30. Схема точения конусов: а – поворотом верхних салазков суппорта; б – широким резцом; в – смещением центра задней бабки; г – при помощи копировальной линейки; 1 – ось; 2 – рукоятка; 3 – кронштейн; 4 – станина; 5 – линейка; 6 – ползун; 7 – суппорт; 8 – тяга; 9, 10 – болт; 11 – деталь

Точение выполняют при ручной подаче путем вращения рукоятки 2 (рис. 30, а). Этим способом обтачивают как наружные, так и внутренние конусы малой длины, но с большими углами.

Обрабатываемую деталь обычно закрепляют в патроне. В качестве режущего инструмента применяют проходной резец.

Точение наружных конусов небольшой длины с различными углами конусности можно получить также широким резцом (рис. 30, б) при его поперечной подаче. Ширину резца выбирают обычно несколько больше длины обрабатываемого конуса. Деталь закрепляют в патроне или на планшайбе.

Длинные детали с небольшой конусностью (с углом α не более 8°) обычно обрабатывают при смещении центра задней бабки (рис. 30, в) на величину h , приближенно определяемую по формуле

$$h = \frac{L(D-d)}{2l},$$

где L – длина всей детали, мм.

После смещения центра задней бабки на величину h (обычно до 15–20 мм) образующая обрабатываемого конуса будет параллельна

направлению продольной подачи резца; поэтому точение можно вести с механической подачей.

Обработку конусных деталей большой длины часто производят при помощи копировальной (конусной) линейки (рис. 30, *а*). С этой целью на кронштейне 3, прикрепленном к станине 4, располагают линейку 5 с ползуном 6. Суппорт 7 станка освобождают от винта поперечной подачи и через тягу 8 соединяют с ползуном 6. Линейку 5 закрепляют болтами 9 и 10 под углом α , определяемым по вышеприведенной формуле.

При продольном движении суппорта ползун 6 скользит по линейке и перемещает резец в направлении, перпендикулярном оси детали 11. В результате сложения двух движений резец перемещается параллельно копировальной линейке и обрабатывает поверхность по заданному конусу.

Точение фасонных поверхностей. Обработку фасонных поверхностей вращения на токарном станке производят фасонными резцами или копировальными приспособлениями при поперечной подаче.

Профиль фасонного резца должен строго соответствовать профилю обрабатываемой поверхности.

Фасонные резцы обычно применяются в качестве чистовых, поэтому они долговечны и хорошо сохраняют свой профиль.

Копировальные приспособления, используемые для обработки фасонных поверхностей, бывают механические и гидравлические.

На рис. 31 показана схема точения фасонной поверхности при помощи механического копировального приспособления, предложенного А. П. Ионовым. Копир 1 установлен в пинולי задней бабки 2. В резцедержателе 3 напротив резца укреплен ролик 4, который находится в контакте с копиром 1. Каретка суппорта 5 может свободно перемещаться в продольном направлении. При поперечной подаче резца и постоянном контакте ролика 4 с копиром 1 образуется сферическая поверхность детали 6. На таком приспособлении путем замены копира можно обрабатывать многие фасонные поверхности при торцовом точении (поперечной подаче).

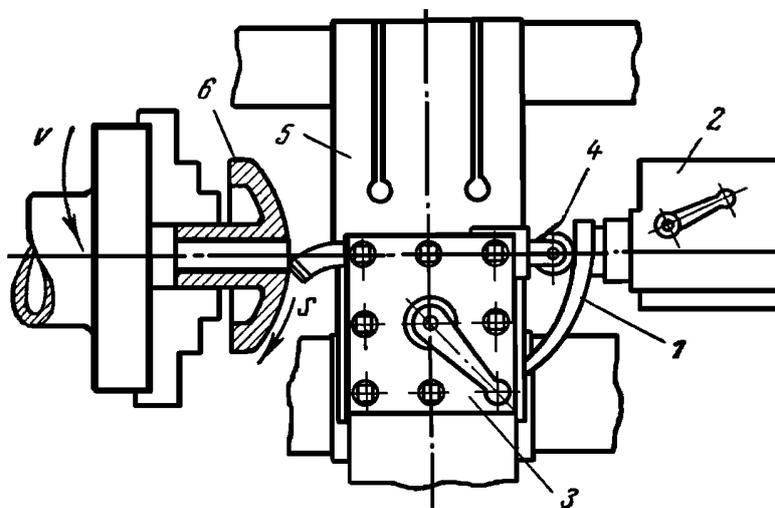


Рис. 31. Схема точения фасонной поверхности:
1 – копир; 2 – пиноль задней бабки; 3 – резцедержатель; 4 – ролик; 5 – каретка суппорта; 6 – сферическая поверхность детали

Для получения фасонных поверхностей при продольном точении используют те же копировальные приспособления, что и при обработке конусов, но в этом случае копировальная линейка заменяется соответствующим фасонным копиром.

4.5. Обработка на револьверных станках

Токарно-револьверные станки отличаются от обычных токарных станков тем, что работа на них может производиться комплектом режущих инструментов нескольких видов, установленных в определенной последовательности в револьверной головке и на поперечном суппорте. Поэтому токарно-револьверные станки более производительны, чем обычные токарные станки, и, как правило, применяются в серийном производстве.

На токарно-револьверных станках можно выполнять все виды токарных работ при обработке как штучных заготовок, так и заготовок из пруткового материала. Токарно-револьверный станок (рис. 32) отличается от токарно-винторезного отсутствием задней бабки, на месте которой установлена револьверная головка 5 с кареткой 6.

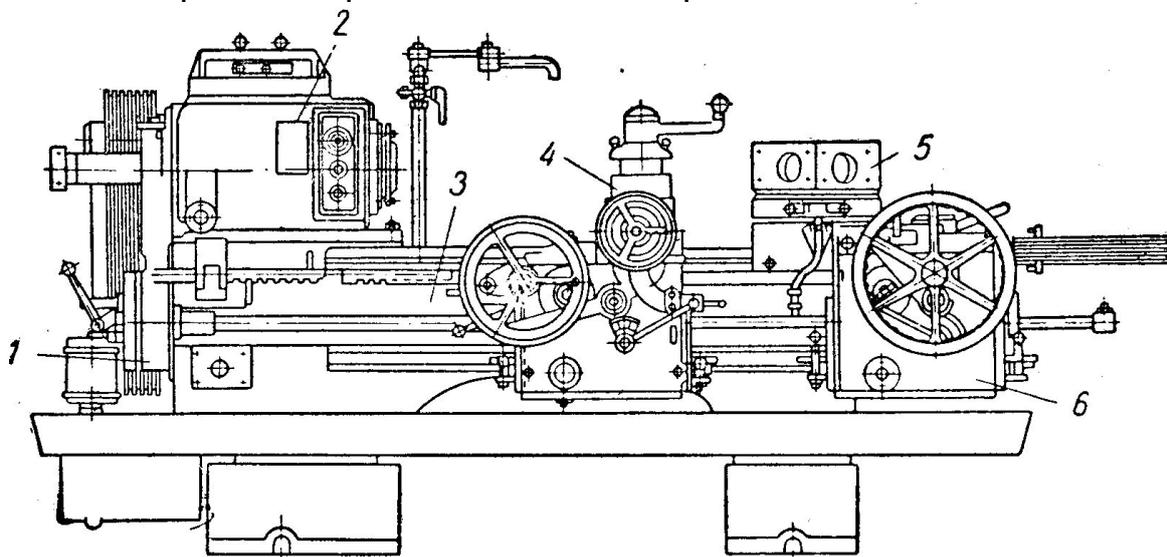


Рис. 32. Общий вид токарно-револьверного станка: 1 – коробка подач; 2 – передняя бабка; 3 – станина; 4 – передний суппорт; 5 – револьверная головка; 6 – каретка

На станине 3 находится передняя бабка 2 с коробкой скоростей и приводом шпинделя, а также передний суппорт 4. Для обработки заготовок из пруткового материала шпиндель станка снабжен специальным механизмом подачи и закрепления прутка. Коробка подач 1 на токарно-револьвер-

ных станках имеет ограниченное число подач и иногда располагается в каретке револьверной головки б, снабженной механизмом управления.

Револьверная головка бывает различных конструкций. Наиболее распространенными являются шестигранные револьверные головки (рис. 33, а) с вертикальной осью вращения и круглые револьверные головки (рис. 33, б) с горизонтальной осью вращения.

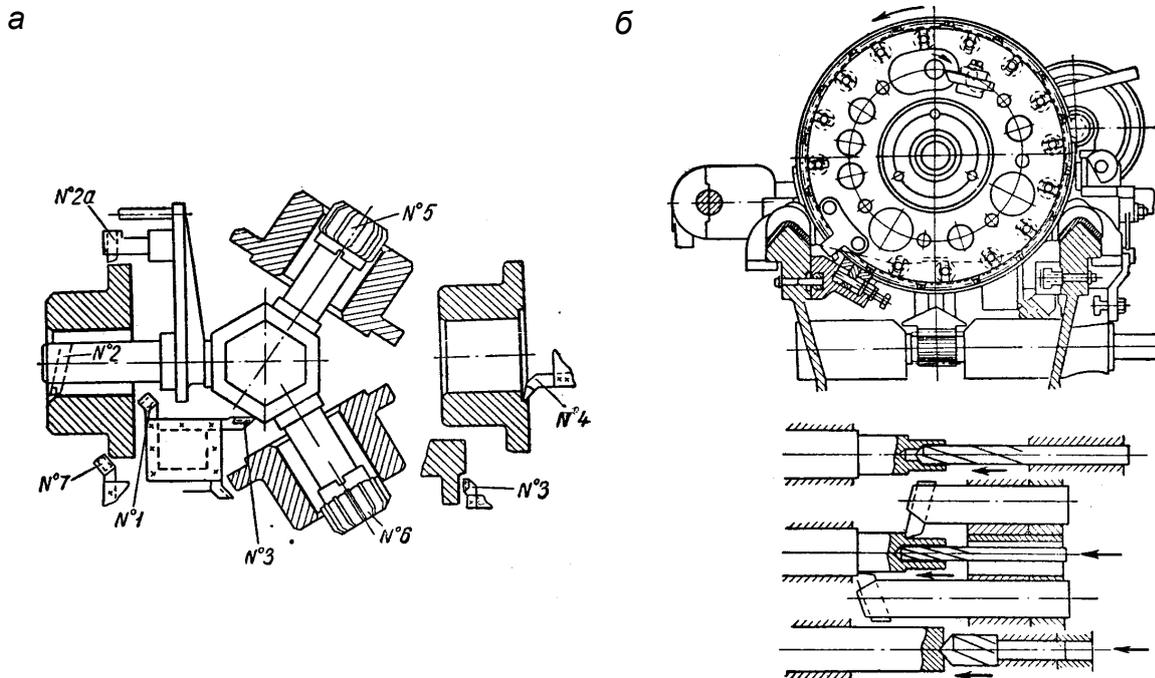


Рис. 33. Виды револьверных головок и схемы наладок: а – с вертикальной осью вращения; б – с горизонтальной осью вращения

В шестигранных револьверных головках с вертикальной осью вращения имеется шесть гнезд для установки инструмента. Станки с такой головкой обычно изготовляют с одним поперечным (передним), а иногда с передним и задним суппортами. Последний используют для прорезки канавок, подрезки опорных поверхностей, отрезки, причем перемещать инструменты можно только в поперечном направлении. С помощью переднего суппорта выполняют такую же обработку, что и на токарно-винторезных станках, кроме нарезания резьбы, которое осуществляется при помощи револьверной головки. Наружную резьбу нарезают плашками, а внутреннюю – метчиками.

4.6. Обработка на токарно-карусельных и токарно-лобовых станках

Современные карусельные станки имеют 18 и более скоростей вращения планшайбы. Так, у карусельных станков, имеющих 36 скоростей вращения планшайбы, число оборотов шпинделя находится в пределах 5,85–134 в минуту, что позволяет при обработке поверхностей диаметром 1000 мм применять скорость резания 420 м/мин. На боковом суппорте 3

станка обычной конструкции (рис. 34) можно устанавливать один или два резца; суппорт перемещается горизонтально и вертикально.

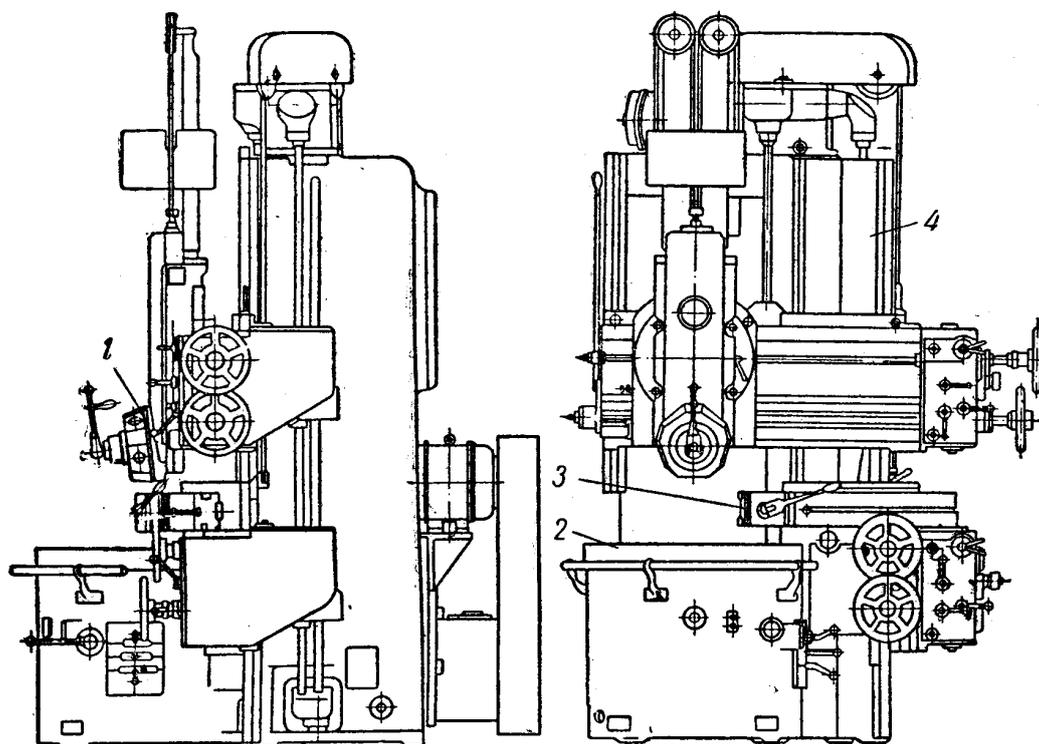


Рис. 34. Общий вид токарно-карусельного станка: 1 – вертикальный суппорт; 2 – планшайба; 3 – боковой суппорт; 4 – стойка

Вертикальный суппорт 1 смонтирован на консольной траверсе, закрепленной на стойке 4, и перемещается по ней в вертикальном и горизонтальном направлениях. На суппорте расположен резцедержатель с пятью гнездами для инструмента. Резцедержатель можно легко и быстро повернуть и закрепить рукояткой. Закрепление инструмента в резцедержателе производится обычными крепежными средствами. Деталь крепится на планшайбе 2. Все суппорты обладают механической подачей и реверсируются; имеется ускоренная подача для быстрого перемещения и установки резцов при наладке. Токарно-лобовые станки применяют в индивидуальном производстве и в ремонтных мастерских. Они предназначены для обработки крупных заготовок малой длины и большого диаметра, преимущественно устанавливаемых на планшайбе.

Современные лобовые токарные станки производят с большим диапазоном диаметров планшайб – от 1000 до 4000 мм с пределами чисел оборотов для больших планшайб 17–20 в минуту. Лобовые токарные станки изготовляют двух основных типов: с суппортами, установленными отдельно от бабки станка (рис. 35, а), и с суппортами, установленными

ми на станине (рис. 35, б) токарных станков.

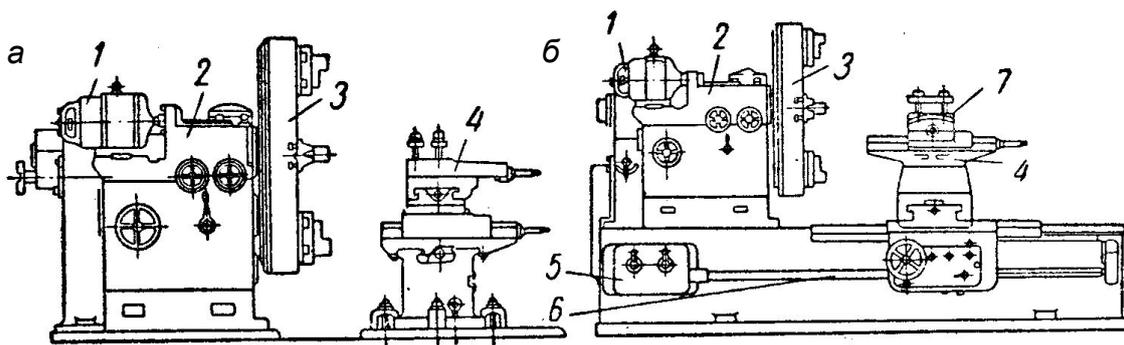


Рис. 35. Основные типы токарно-лобовых станков: а – с суппортами; б – с суппортами, установленными на станине; 1 – электродвигатель; 2 – коробка скоростей; 3 – планшайба; 4 – суппорт; 5 – коробка подач; 6 – ходовой вал; 7 – резцедержатель

На коробке скоростей 2 установлен электродвигатель 1. Планшайба 3 укреплена и управляется на шпинделе обычными раздвижными несамодвижущимися кулачками. Резец размещают на суппорте 4 (станок может быть снабжен двумя суппортами – передним и задним) в обычном одноместном резцедержателе 7. Если суппорт установлен на общей станине, подача его осуществляется от коробки подач 5 ходовым валом 6.

4.7. Нарезание резьбовых поверхностей

Основным видом цилиндрической резьбы в России является метрическая резьба, регламентированная ГОСТ 9150–59. По величине шага эта резьба подразделяется на резьбу с крупным и мелким шагом. Таким образом, одному и тому же номинальному (наружному) диаметру резьбы соответствуют несколько шагов разной величины. Кроме указанных резьб, используют специальные цилиндрические резьбы: трубную, трапецеидальную, упорную, часовую, круглую.

Трубная резьба представляет собой измельченную по шагу дюймовую резьбу с закругленными впадинами. Трапецеидальную резьбу обычно применяют в резьбовых соединениях, передающих движение (ходовые и грузовые винты). В резьбовых соединениях, предназначенных для передачи движения, иногда используют прямоугольную резьбу с квадратным профилем.

Упорную резьбу применяют в резьбовых соединениях, испытывающих большое одностороннее давление (в винтовых прессах, специальных нажимных винтах и др.). Часовую резьбу применяют в точном приборостроении для резьбовых соединений диаметром меньше 1 мм. Круглую резьбу используют в соединениях с повышенными динамиче-

скими нагрузками или в условиях, загрязняющих резьбу. Конические резьбы, как правило, применяют в трубных соединениях, если необходимо обеспечить плотность соединения без специальных уплотняющих материалов (пряжи с суриком, льняных нитей и др.). Наиболее распространенным видом является трубная коническая резьба, которая соответствует по закругленному профилю трубной цилиндрической резьбе.

В зависимости от назначения и характера работы резьбовые сопряжения разделяют на неподвижные и кинематические. К первым относятся обычные резьбовые соединения (болт–гайка), соединения труб и т. п. К кинематическим резьбовым соединениям – ходовые винты, микрометрические пары, грузовые винты и др.

Нарезание наружной резьбы. Наружную резьбу нарезают плашками различных конструкций, резьбонарезными головками (с раздвигающимися плашками), резьбовыми резцами, гребенками, дисковыми и групповыми резьбовыми фрезами, одно- и многониточными шлифовальными кругами, а также изготовляют накатыванием. Круглыми плашками обычно нарезают резьбы относительно невысокой точности, так как у этих плашек профиль резьбовой нитки не шлифуют.

В ряде случаев применяют круглые плашки особо высокой точности изготовления, у которых режущие кромки, притирая, доводят до высокой точности. Такими плашками можно нарезать и калибровать точные резьбы. Однако этот способ нарезания резьбы неэкономичен, и вследствие этого применяется редко. Круглые плашки используют главным образом для нарезания резьб на заготовках из цветных металлов, а также для нарезания резьб малых диаметров (менее 3 мм). Круглые плашки изготовляют разрезными, или регулируемыми по диаметру, и неразрезными. Неразрезные плашки значительно надежнее и обеспечивают получение более правильной и чистой резьбы, чем разрезные.

При нарезании наружной резьбы (так же как и внутренней) на заготовках из вязких металлов происходит «поднятие нитки» (вспучивание металла), т. е. наружный диаметр резьбы получает некоторое приращение по сравнению с первоначальным диаметром стержня перед нарезанием резьбы. Поэтому диаметр стержня под нарезаемую резьбу делают на 0,1–0,2 мм меньше наружного диаметра резьбы. При нарезании резьбы на станках круглыми плашками последние вставляют обычно в самовыключающиеся от упора патроны. Плашку закрепляют в патроне тремя упорными винтами. Патрон подают на нарезаемый стержень вручную до тех пор, пока нарезаемая резьба захватит и поведет плашку, после чего происходит самозатягивание. Для нарезания резьбы на револьверных станках и автоматах применяют разновидность круглых плашек – трубчатые плашки (рис. 36), которые работают значительно лучше обычных круглых плашек вследствие свободного удаления

стружки, удобства заточки режущих кромок, надежного центрирования плашки в патроне и возможности регулирования размера при помощи стягивающего кольца.

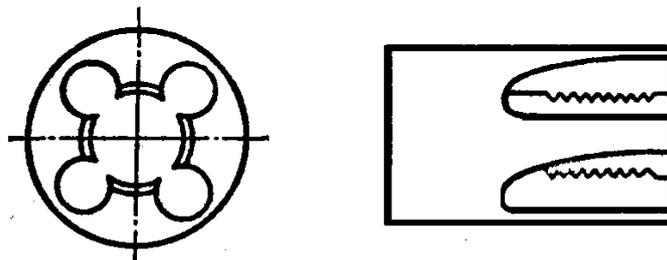


Рис. 36. Трубчатая плашка

При ручном нарезании используют круглые и раздвижные плашки, которые вставляют в клуппы. Нарезание наружной резьбы на сверлильных, револьверных, болторезных станках и автоматах резьбонарезными (винторезными) головками является более совершенным, производительным и точным способом образования наружной резьбы. В зависимости от расположения гребенок различают следующие типы резьбонарезных головок: 1) с радиальным расположением гребенок для точных резьб (рис. 37, а); 2) с тангенциальным расположением гребенок для менее точных резьб (рис. 37, б). По конструкции гребенок резьбонарезные головки бывают с круглыми гребенками (рис. 37, в) и с плоскими гребенками (рис. 37, а и б).

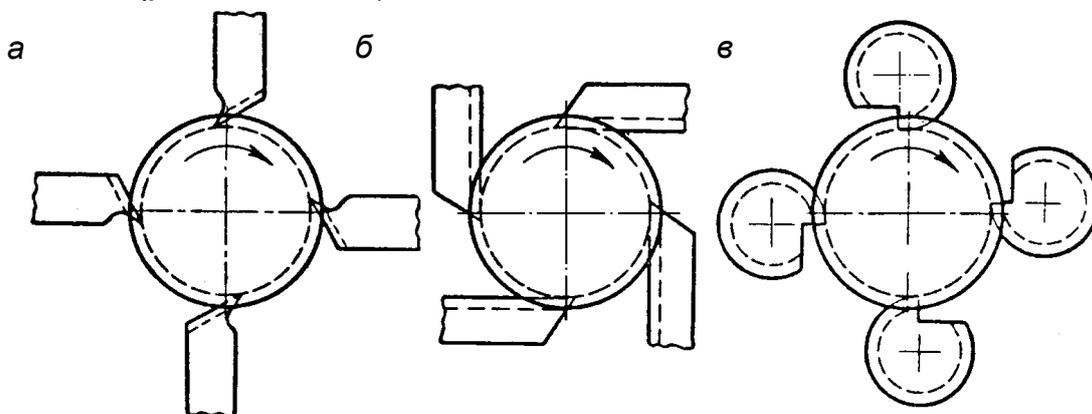


Рис. 37. Схемы работы гребенок в резьбовых головках: а – с радиальным расположением гребенки; б – с тангенциальным расположением; в – круглые гребенки

Резьбовые резцы и гребенки применяют при нарезании особо точных наружных резьб, например, для резьбовых калибров, наиболее ответственных резьб в отдельных деталях, а также при чистовом нарезании точных ходовых трапецеидальных и прямоугольных резьб. Для нарезания наружных резьб используют резьбовые резцы радиального и тан-

генциального типов, а также круглые резьбовые резцы. Профиль резьбового резца представляет собой профиль впадины между двумя соседними витками нарезаемой резьбы. Резьбонарезные гребенки представляют собой как бы несколько резьбовых резцов, соединенных вместе в ряд (от 2 до 8).

Гребенки имеют режущую, или приемную, часть со срезанными зубьями (обычно 2–3 зуба), и направляющую часть – остальные зубья. Благодаря наличию нескольких зубьев гребенка не требует большого количества проходов, как и резьбовой резец, и, следовательно, дает высокую производительность. Гребенки изготовляют плоскими (призматическими) и круглыми. Плоские гребенки стандартизованы по ГОСТ 2287–61.

Шлифование резьбы абразивными кругами на резьбошлифовальных станках применяют для обработки метчиков, резьбовых фрез, резьбовых калибров, накатных роликов и т. п. В настоящее время в практике производства преимущественно используют два метода шлифования резьбы.

1. Шлифование одноконтурным шлифовальным кругом, профилированным в соответствии с профилем одной впадины резьбы. Режим обработки характеризуется соотношением глубины резания и окружной скорости обрабатываемой детали. При большой глубине резания и малой окружной скорости можно шлифовать резьбу с небольшим шагом из целого, т. е. без предварительного прорезывания. Этот метод позволяет получить резьбу очень высокой точности, например с погрешностью по половине угла профиля резьбы в пределах $\pm 3'$.

2. Шлифование резьбы многоконтурным кругом с кольцевыми нитками. Метод позволяет шлифовать короткие резьбы (длина которых меньше ширины круга) способом врезания: круг получает поперечную подачу на высоту витка при медленном вращении заготовки; после чего последняя совершает один полный оборот (перемещается вдоль своей оси на один шаг). Этого достаточно, чтобы шлифовать всю резьбу по заготовке. Описанный метод отличается высокой производительностью и позволяет шлифовать резьбу с мелким шагом из целого (без предварительного прорезывания), но точность резьбы, достигаемая этим методом, ниже, чем при работе одноконтурным кругом, погрешность по половине угла профиля составляет $\pm 6'$. Резьбы большей длины шлифуют при продольной подаче круга.

Нарезание внутренней резьбы. Внутреннюю резьбу нарезают в основном метчиками. Помимо метчиков, внутренние резьбы в ряде случаев нарезают также резцами, гребенками и резьбовыми фрезами. В зависимости от способа нарезания резьбы метчики разделяют на машинные, применяющиеся при нарезании резьбы на станках, и ручные, или слесарные, применяющиеся при нарезании резьбы вручную при помощи клуппов. При нарезании машинными метчиками резьба образуется за

один проход одним метчиком. На станках резьбу нарезают, как правило, за один проход, и лишь в случаях нарезания длинных резьб или в глухих отверстиях применяют два метчика. Точные резьбы после нарезания на станке проходят калибровочным метчиком вручную или на станке. Ручными метчиками резьбу нарезают за 2 или 3 прохода в зависимости от размера резьбы соответственно различными метчиками, входящими в комплект. Машинными метчиками резьбу нарезают как в сквозных, так и в глухих отверстиях на резьбонарезных, сверлильных, револьверных станках, токарных автоматах и полуавтоматах.

Для нарезания резьбы метчиками применяют различные типы патронов: 1) жесткие, 2) плавающие, 3) самовыключающиеся от упора, 4) самовыключающиеся при перегрузке крутящим моментом. Жесткие патроны представляют собой простую державку для метчика. Эти патроны используют только на револьверных станках и автоматах, где обеспечивается соосность отверстия и метчика. Плавающие патроны не только гарантируют самоустановку метчика по оси нарезаемого отверстия, но и дают возможность выполнять быструю смену метчика на ходу шпинделя. Вместо плавающих патронов, особенно для метчиков небольших диаметров, применяют также посадку метчика в жестком патроне с некоторым зазором, позволяющим ему самоустанавливаться. Метчик с патроном чаще всего соединяют при помощи имеющегося у метчика квадратного хвостовика.

Самовыключающиеся от упора патроны используют для нарезания резьбы метчиком (и круглыми плашками) на револьверных станках и автоматах, а также на многошпиндельных резьбонарезных станках. После прекращения продольной подачи шпинделя станка от действия упора дальнейшее ввинчивание метчика в нарезаемое отверстие заставляет выдвигаться подвижную часть патрона (рис. 38, а) до тех пор, пока шпилька 3, жестко связанная с оправкой 2, не выйдет из зацепления со шпилькой 1 выдвигаемой части патрона 4. Самовыключающийся при перегрузке патрон показан на рис. 38, б.

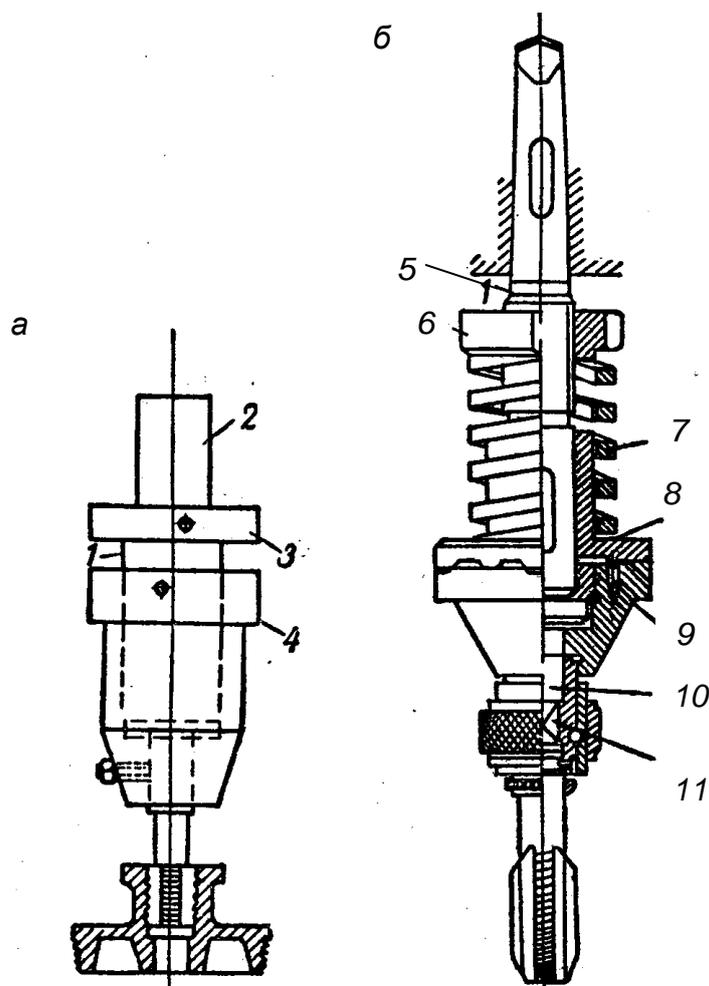


Рис. 38. Виды самовыключающихся патронов: а – с выключением от упора; б – с выключением при перегрузке; 1, 3 – шпилька; 2 – оправка; 4 – выдвигаемая часть патрона; 5 – валик; 6 – гайка; 7 – пружина; 8, 9 – полумуфта; 10, 11 – втулка

На валике 5, конический хвостовик которого служит для закрепления патрона в шпинделе станка, посажена на шпонке полумуфта 4, имеющая торцовые кулачки, входящие в зацепление с такими же кулачками второй полумуфты 5, свободно установленной на валике. Полумуфта 8 перемещается в продольном направлении пружиной 7, осевая сила которой регулируется гайкой 6. Вращение метчика передается от полумуфты 9 через сменную втулку 11. Если крутящий момент превышает заранее установленную величину, втулка 10 начинает проскальзывать. В момент прекращения вращения метчика реверсируется вращение шпинделя.

Фрезерование наружной и внутренней резьбы. На рис. 39 показаны схемы образования резьбы фрезерованием. Наружную и внутреннюю резьбу фрезеруют при предварительной обработке резьбы длин-

ных ходовых винтов и резьб с крупным шагом на деталях из твердых сталей. Фрезерование производят дисковыми и гребенчатыми или групповыми фрезами. При нарезании дисковыми резьбовыми фрезами инструмент устанавливают под углом, равным углу подъема нитки.

Резьбы с крупным шагом нарезают коническими профильными фрезами или цилиндрическими концевыми фрезами. Гребенчатая резьбовая фреза представляет собой как бы несколько дисковых резьбовых фрез, соединенных торцами вместе. Такие фрезы называют групповыми. Продольные канавки, а следовательно, и режущие кромки у таких фрез расположены параллельно их оси. Гребенчатые фрезы с винтовой ниткой применяют сравнительно редко, поскольку они сложнее в изготовлении. Зубья фрезы делают затылованными для облегчения их заточки. Длину групповой фрезы обычно берут на 2–3 нитки больше длины нарезаемой резьбы. Резьбу групповой фрезой нарезают за 1,25 оборота нарезаемой заготовки. Это делается для того, чтобы перекрыть место врезания фрезы. При нарезании резьбы заготовка при каждом обороте должна продвигаться в осевом направлении на один шаг нарезаемой резьбы. Схемы работы такими фрезами показаны на рис. 39.

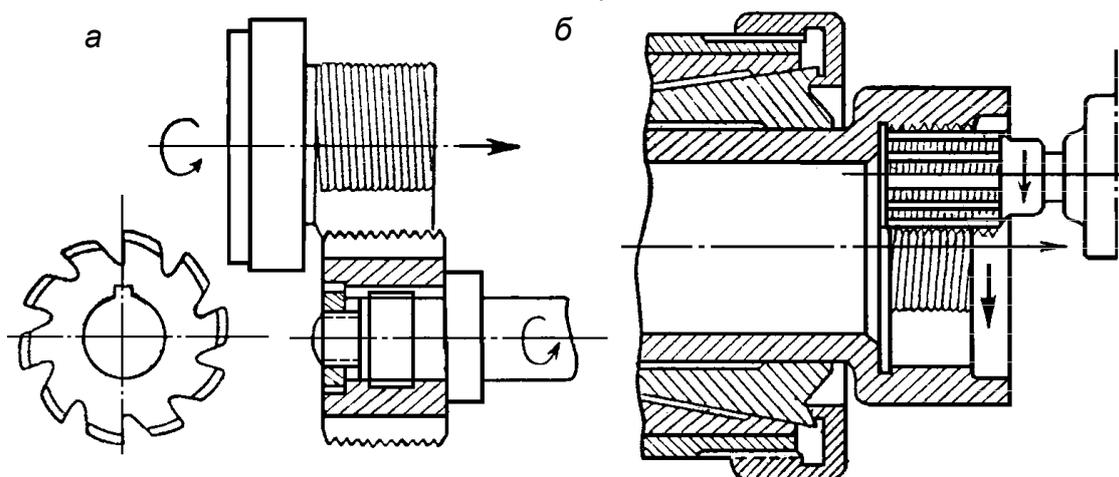


Рис. 39. Схемы образования резьбы фрезерованием: а – наружной; б – внутренней нарезаемой резьбы

Профиль зубьев фрезы должен быть одинаковым с профилем нарезаемой резьбы. Ось гребенчатой фрезы устанавливают параллельно оси нарезаемой заготовки.

Использование резьбовых гребенчатых фрез особенно целесообразно при нарезании резьбы, расположенной у галтелей, буртиков и т. п., а также резьбы, доходящей до дна глухих отверстий, поскольку в таких случаях только при помощи фрезерования можно обеспечить полную резьбовую нитку вплоть до буртика или до дна отверстия.

Фрезерование гребенчатыми фрезами широко применяют при нарезании резьбы на деталях из вязких и твердых сталей, когда нарезание резьбы плашками или резьбонарезными головками не обеспечит чистоту поверхности на резьбе или же вызовет быстрое затупление инструмента.

Накатывание резьбы. Принцип образования наружной резьбы накатыванием (рис. 40) заключается в том, что заготовка прокатывается между двумя параллельно расположенными на определенном расстоянии друг от друга призматическими (плоскими) резьбовыми плашками или между цилиндрическими вращающимися роликами. Накатные плашки также стандартизованы по ГОСТ 2248–60. Этим стандартом регламентированы основные размеры накатных плашек и технические требования к их изготовлению. Плашки изготовляют из сталей марок Х12М и Х6ВФ. Твердость рабочей части плашек HRC 57–60.

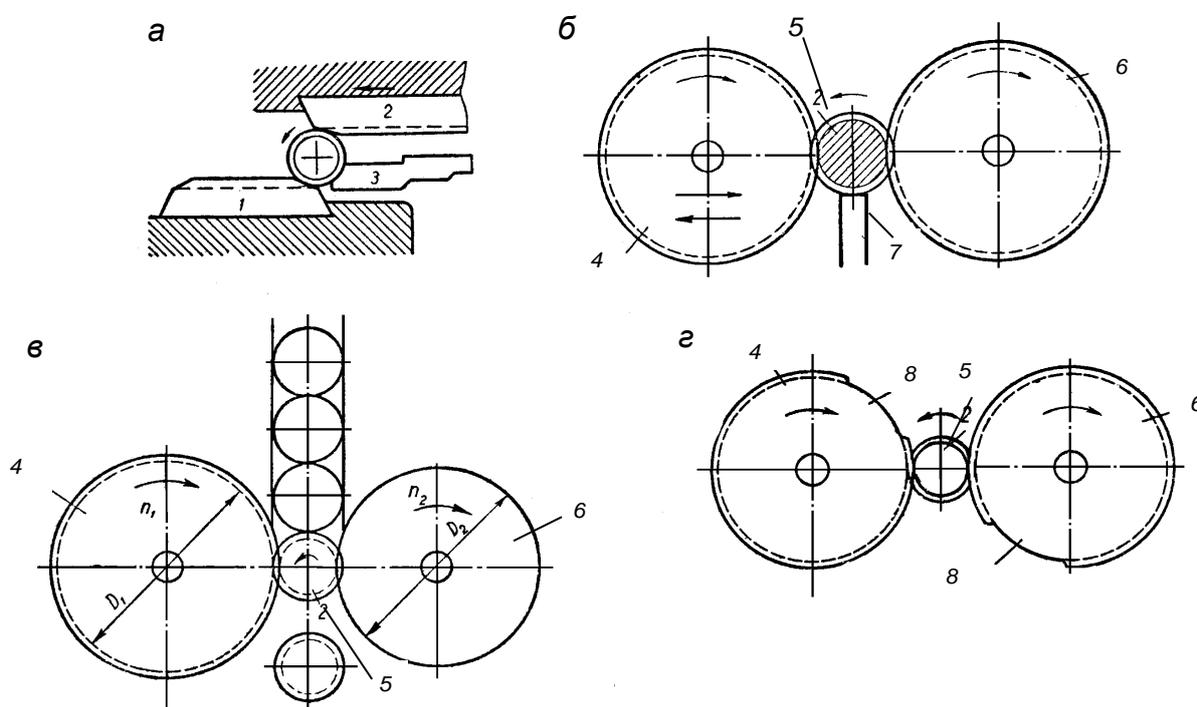


Рис. 40. Схемы образования резьбы накатыванием: а – плоскими плашками; б – роликами одинакового диаметра с радиальной подачей; в – роликами разного диаметра с тангенциальной подачей; г – затылованными роликами с тангенциальной подачей: 1, 2 – плашка; 3 – пружинный упор; 4, 6 – ролик; 5 – заготовка; 7 – нож; 8 – срез

Чистота поверхностей профиля резьбы на плашках не должна быть ниже 7-го класса. В каждом комплекте (паре) плашек резьба одной плашки относительно другой должна быть смещена на 0,5 шага.

На рис. 40, а показано накатывание резьбы плоскими плашками. Плашка 1 неподвижна, а плашка 2 движется поступательно-возвратно. На обращенных друг к другу сторонах плашек нанесена развертка винтовой поверхности накатываемой резьбы на плоскость.

В начале процесса заготовка автоматически подается толкателем (на фигуре не показан) между плашками 1 и 2, имеющими скошенную заборную часть, и пружинным упором 3. Затем толкатель отходит, и плашка 2 начинает двигаться по стрелке, увлекая заготовку. Достигнув левого конца плашки, накатанная заготовка падает в приемник.

Этот метод помимо своей весьма высокой производительности имеет еще и то преимущество, что дает несколько более прочную и износостойчивую резьбу, чем при обработке режущим резьбовым инструментом, так как материал на нитке резьбы в процессе накатки упрочняется (наклепывается) и, кроме того, волокна металла не перерезаются, а пластически деформируются.

Образование резьбы накатыванием происходит без снятия стружки, благодаря чему создается большая экономия металла, достигающая 25 % и более.

Для правильного осуществления процесса накатывания резьбы важное значение имеет величина диаметра заготовки, так как при накатывании металл не удаляется и резьба получается только за счет пластических деформаций.

При применении цилиндрических вращающихся роликов в зависимости от характера подачи резьбу можно накатывать тремя способами: тангенциальной, радиальной и осевой подачами. На рис. 40, б показано накатывание резьбы двумя накатными цилиндрическими роликами с радиальной подачей. Накатывание можно выполнять одним, а также тремя роликами. Этот способ накатывания получил наибольшее распространение.

Оба ролика 4 и 6 вращаются непрерывно; при вращении один из них (рис. 40, б, ролик 4) получает радиальную подачу (от механического или гидропривода); по достижении требуемой глубины резьбы наступает выдержка с неизменным межцентровым расстоянием; затем ролики отходят друг от друга. В процессе накатывания цилиндрическую заготовку 5 поддерживает нож 7, установленный между роликами. Профиль нарезки на периферии роликов является зеркальным отображением резьбы изделия.

Непрерывное высокопроизводительное накатывание резьбы роликами может производиться с тангенциальной подачей (рис. 40, в) двумя роликами 4 и 6 разного диаметра ($D_1 > D_2$) с равным числом оборотов ($n_1 = n_2$), причем расстояние между центрами роликов остается постоянным. При этом способе нет надобности в ноже, поддерживающем заготовку 5.

На рис. 40, г показана схема накатывания резьбы с тангенциальной подачей двумя затылованными роликами 4 и 6. У каждого такого ролика имеются загрузочно-разгрузочная часть 8 (срез), образованная путем срезания резьбы по радиусу ниже внутреннего диаметра резьбы; заты-

лованная заборная часть; калибрующая часть; затылованная освобождающая часть.

Ролики 4 и 6 устанавливают на станке с постоянным расстоянием между их центрами, рассчитанным на получение резьбы заданного диаметра. Вращение роликов синхронизировано. Заготовка 5 подается автоматически в момент, когда срезы 8 роликов будут находиться друг против друга. Накатывание резьбы происходит за один оборот роликов.

Такие ролики иногда выполняют многоциклическими: на одном ролике делают несколько загрузочно-разгрузочных участков (срезов) 8 и соответствующее число остальных указанных выше участков (в этом случае берут второй цилиндрический ролик обычного профиля). В рабочее положение заготовку устанавливают специальным сепаратором последовательно, по мере подходов срезов 8 ко второму (обычному) ролику. За один оборот ролика может быть накатано в среднем 1–7 заготовок. Чистота поверхности резьбы при накатывании затылованными роликами несколько снижается.

Основные размеры обычных резьбонакатных роликов для накатывания метрических резьб диаметром 3–45 мм стандартизованы по ГОСТ 9539–60.

По этому стандарту ролики должны выпускаться с обычной и повышенной точностью; согласно предусмотренному в ГОСТ 9539–60 испытанию, ролики обычной точности должны дать на изделии резьбу не ниже 2-го класса точности, а ролики повышенной точности – не ниже 1-го класса точности. Материалом для изготовления роликов служит сталь марки Х12М и др. Твердость роликов должна быть HRC 57–60. Чистота профиля резьбы роликов повышенной точности – не ниже 8-го класса чистоты поверхности, а роликов обычной точности – не ниже 7-го класса чистоты поверхности.

Накатыванием можно получить резьбы диаметром от 0,3 до 150 мм на деталях из сталей твердостью HB 120–340, а также из цветных металлов и сплавов с точностью до 1-го класса и с чистотой поверхности до $\nabla 8$ – $\nabla 9$.

Контрольные вопросы и задания

1. Опишите устройство токарного станка.
2. Приведите классификацию резцов.
3. Каковы принципы выбора рациональной геометрии резца?
4. Как осуществляется предварительная обработка заготовок?

5. Каковы виды токарной обработки основных наружных поверхностей тел вращения?
6. Назовите основные виды токарных работ.
7. Как осуществляется точение в патроне и на планшайбе?
8. Как осуществляется точение конусов?
9. Как выполняется точение фасонных поверхностей?
10. Как выполняется обработка на револьверных станках?
11. Как выполняется обработка на токарно-карусельных и токарно-лобовых станках?
12. Как осуществляется нарезание резьбовых поверхностей?
13. Как осуществляется накатывание резьбы?

5. ОБРАБОТКА НА СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКАХ

5.1. Универсальные сверлильные станки

Сверлильные станки подразделяют на универсальные, специализированные и специальные. На универсальных сверлильных станках можно выполнять любые операции по обработке отверстий. К универсальным станкам относятся: вертикально-сверлильные, радиально-сверлильные, настольно-сверлильные и др.; к специализированным – сверлильные станки для глубокого сверления. В массовом производстве применяют специальные агрегатные многошпиндельные сверлильные станки, предназначенные для выполнения определенной операции [13].

К сверлильным станкам относятся собственно сверлильные и расточные станки.

Станки сверлильной группы подразделяются на вертикально-сверлильные, радиально-сверлильные, одношпиндельные и многошпиндельные полуавтоматы, координатно-расточные, алмазно-расточные, горизонтально-сверлильные для глубокого сверления, расточные и специализированные сверлильные станки.

На рис. 41 показан *вертикально-сверлильный* станок.

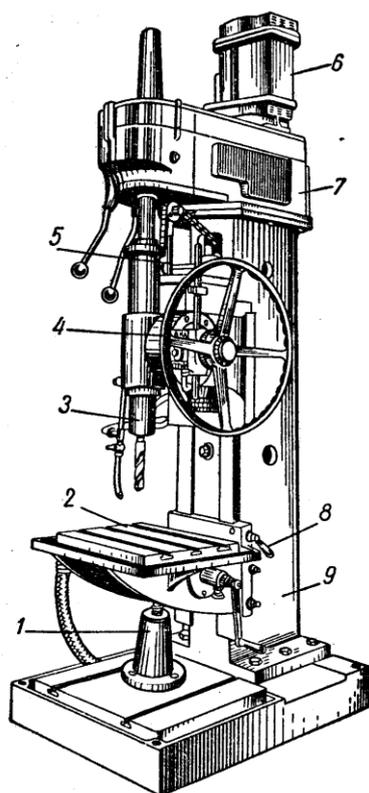


Рис. 41. Общий вид вертикально-сверлильного станка: 1 – винт; 2 – стол; 3 – шпиндель; 4 – маховик; 5 – коробка подач; 6 – электродвигатель; 7 – коробка скоростей; 8 – рукоятка; 9 – колонна

Он состоит из колонны 9, по направляющим которой может вертикально перемещаться шпиндельная бабка с установленными в ней шпинделем 3 и коробкой подач 5. Вращение шпинделя сообщается сверлу, укрепленному в нижней части шпинделя, от электродвигателя 6 через коробку скоростей 7. Заготовку устанавливают на стол 2, положение которого по высоте регулируют винтом 1. После установки стол закрепляют рукояткой 8 на колонне. Шпиндель можно перемещать в вертикальном направлении как вручную (маховиком 4), так и автоматически. Движение подачи (поступательное вдоль оси) сверло получает от коробки подач, укрепленной в подвижном кронштейне. Обрабатываемую заготовку в зависимости от ее формы и размеров укрепляют на столе 2 в машинных тисках, кондукторах или иных приспособлениях.

В станке предусмотрено сверление отверстий на заданную глубину с автоматическим отключением подачи.

На вертикально-сверлильном станке модели 2А150 можно сверлить отверстия диаметром до 50 мм и глубиной до 300 мм. Эти станки имеют широкий диапазон чисел оборотов шпинделя и подач, поэтому приме-

няются не только для сверления, но также для зенкерования и нарезания внутренней резьбы.

Выбор наивыгоднейшей скорости резания при сверлении и других видах обработки отверстий осуществляют подбором соответствующего числа оборотов шпинделя. На станке модели 2А150 это достигается изменением передаточного числа коробки скоростей $i_{кс}$ путем переключения блока 11 зубчатых колес, расположенного на валу II (рис. 42), или блока 12 зубчатых колес, расположенного на валу V. В результате этого получают 12 чисел оборотов шпинделя в интервале от 32 до 1400 об/мин. Зная количество оборотов электродвигателя $n_{эд}$, уравнение кинематической цепи вращения шпинделя $n_{шп}$ можно выразить следующим образом, об/мин:

$$n_{шп} = n_{эд} \cdot i_{кс},$$

где $i_{кс}$ – передаточное число коробки скоростей.

Выбор необходимой подачи сверла производят переключением подвижных блоков 13 и 14 коробки подач (рис. 42), вращение от которых через систему зубчатых колес и червячную пару передается к реечному колесу с 14 зубьями и рейке с модулем $m = 4$. Рейка закреплена на гильзе, в которой свободно вращается шпиндель; в вертикальном осевом направлении шпиндель перемещается только совместно с гильзой.

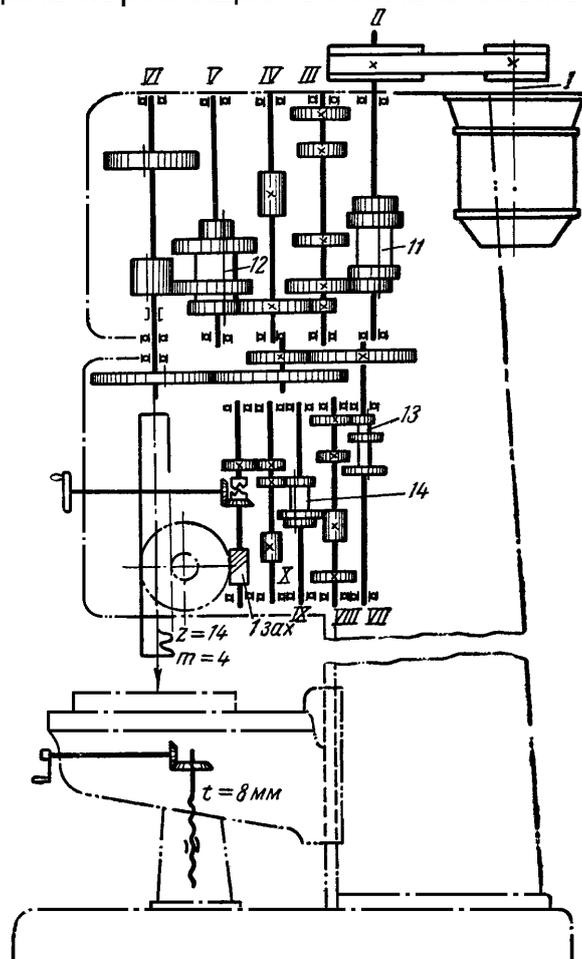


Рис. 42. Упрощенная кинематическая схема сверлильного станка

Вертикально-сверлильный станок модели 2А150 имеет девять подач — от 0,125 до 6,64 мм/об. Подача шпинделя осуществляется автоматически и вручную.

Радиально-сверлильные станки применяют в тех случаях, когда приходится сверлить отверстия в крупных заготовках, обработка которых на вертикально-сверлильных станках неудобна или невозможна. На рис. 43 приведен общий вид радиально-сверлильного станка. На колонне 2 может поворачиваться и вертикально перемещаться рукав 5. На рукаве помещена шпиндельная бабка с расположенными в ней коробками скоростей и подач, а также шпинделем 6, приводимым во вращение от электродвигателя 4. Заготовку устанавливают на стол 7 или на фундаментную плиту 8.

В вертикальном направлении рукав 5 перемещается при вращении винта 1 от электродвигателя 3.

Поворачивая рукав на колонне 2 и перемещая по рукаву шпиндельную бабку, можно подвести шпиндель со сверлом или другим инструментом к любой точке обрабатываемой плоскости заготовки, находящейся в зоне радиального перемещения рукава. Шпиндельная головка, для устойчивости фиксируемая на консоли зажимом, работает как самостоятельный узел и может перемещаться по рейкам консоли в радиальном направлении при помощи специальной рукоятки. Поворот консоли вокруг колонны на определенный угол производится как механически, так и вручную.

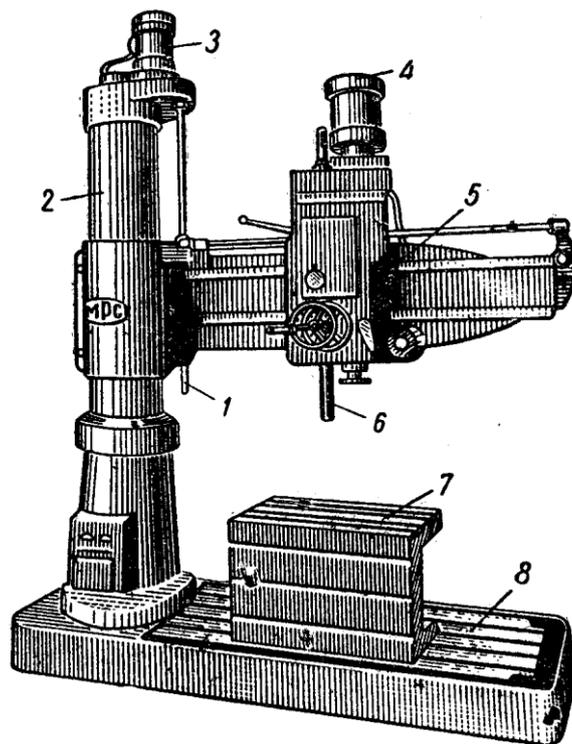


Рис. 43. Общий вид радиально-сверлильного станка: 1 – винт; 2 – колонна; 3, 4 – электродвигатель; 5 – рукав; 6 – шпиндель; 7 – стол; 8 – фундаментная плита

Эти станки используют для сверления, рассверливания, зенкерования и развертывания отверстий в тяжелых и громоздких заготовках, установка которых на столе вертикально-сверлильного станка невозможна или неудобна.

На станке можно получить 12 различных скоростей вращения шпинделя от 55 до 2240 об/мин и 8 различных подач в пределах 0,06–1,22 мм/об; если поменять местами сменные зубчатые колеса, то число скоростей можно удвоить.

При сверлении на радиально-сверлильном станке заготовка укрепляется неподвижно на съемном столе 17 или непосредственно на фундаментной плите 8, а шпиндель со сверлом приводится в рабочее положение, режим резания устанавливается при помощи переключателей, расположенных на панели электрошкафа управления. Управление станком производится от ЭВМ, обратная связь осуществляется при помощи круговых индуктивных датчиков. Окончательная установка рабочего стола и салазок в заданной координате осуществляется при помощи проходного индуктивного датчика перемещений.носителем информации является программа.

Точность расстояний между осями обработанных отверстий при работе по программе обеспечивается до 0,01 мм.

Применение системы программного управления на станке значительно повышает его производительность по сравнению со станками без программного управления.

Кроме сверления отверстий, на вертикально-сверлильном станке можно производить чистовое фрезерование и контроль координат расточенных отверстий.

Наиболее полно станок используется при обработке деталей малых и средних размеров, выполняемых мелкими и средними сериями.

Настольно-сверлильные станки предназначены для сверления отверстий в мелких заготовках. Их устанавливают обычно на верстаках в слесарных отделениях.

Многошпиндельные сверлильные станки подразделяют на две группы (по признаку устройства шпинделей): с нерегулируемыми (постоянными) и регулируемыми шпинделями.

На многошпиндельных сверлильных станках одновременно сверлят несколько отверстий, количество которых может превышать 200.

5.2. Основные виды сверлильных работ

Элементами режима резания при сверлении являются: 1) скорость резания; 2) подача; 3) глубина резания; 4) площадь поперечного сечения среза; 5) машинное время.

Скоростью резания V при сверлении называют окружную скорость точки режущей кромки, наиболее удаленной от оси сверла.

Выбор скорости резания при сверлении зависит от ряда факторов – механических свойств обрабатываемого материала и металла режущей части сверла, диаметра сверла, величины подачи, стойкости инструмента, охлаждения, глубины сверления и т. д. Например, при работе сверла с режущими кромками из твердосплавной пластинки ВК8 скорость резания стали колеблется в пределах 45–80 м/мин, чугуна – 50–95 м/мин.

Подача S равна величине перемещения сверла вдоль оси в миллиметрах за один оборот.

Глубину резания t при сверлении отверстий в сплошном материале принято считать равной половине диаметра сверла (рис. 44).

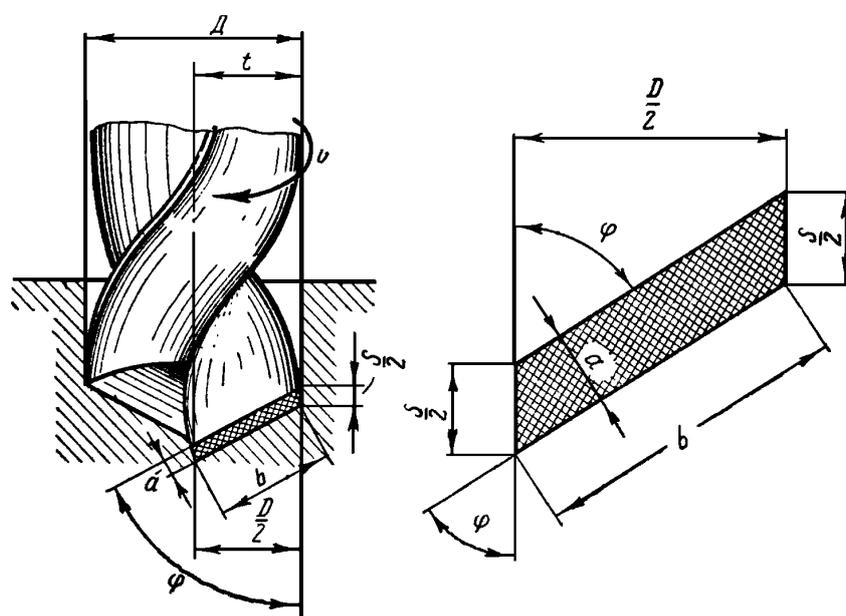


Рис. 44. Элементы режима резания при сверлении

Площадь поперечного сечения среза (сечение стружки), снимаемого двумя главными режущими кромками сверла за один оборот, определяют как удвоенное произведение толщины a на ширину среза b (рис. 44).

Машинное время, потребное для сверления отверстий в сплошном теле, рассчитывают с учетом длины прохода, подачи и числа оборотов сверла.

Мощность резания при сверлении N_p определяют, исходя из крутящего момента сопротивления резанию $M_{кр}$ и числа оборотов сверла n в 1 мин, по формуле, кВт,

$$N_p = \frac{M_{кр} \cdot n}{716,2 \cdot 1000 \cdot 1,36},$$

где 716,2 – коэффициент перевода мощности из килограмм-метр в секунду в лошадиные силы при вращательном движении.

Инструмент для сверления и обработки отверстий. Наиболее распространенным режущим инструментом при сверлении являются спиральные сверла.

Спиральное сверло (рис. 45) состоит из рабочей части, шейки и хвостовика. Рабочая часть, в свою очередь, подразделяется на режущую и направляющую, или центрирующую.

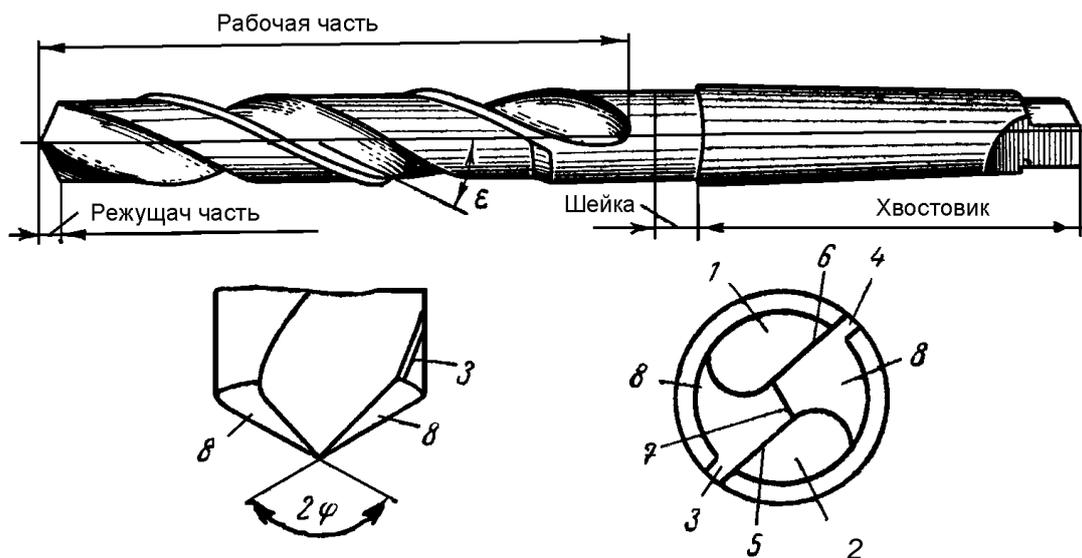


Рис. 45. Спиральные сверла, его части и элементы: 1, 2 – спиральные канавки; 3, 4 – ленточки; 5, 6 – режущие кромки; 7 – перемычка; 8 – задняя поверхность

В направляющей части сверла расположены две спиральные канавки 1 и 2 для отвода стружки из просверливаемого отверстия, а также две ленточки 3 и 4 для уменьшения трения сверла о стенки отверстия, улучшения отвода тепла при нагреве инструмента и обеспечения направления сверла в отверстие.

Режущая часть сверла имеет две главные режущие кромки 5 и 6, перемычку, или поперечную кромку, 7 и две задние поверхности 8.

Угол при вершине сверла 2φ , образуемый режущими кромками, выбирают в зависимости от твердости и хрупкости обрабатываемого материала. Для обработки стали и чугуна средней твердости берут сверла с углом при вершине в пределах $116\text{--}118^\circ$, для закаленной стали – 125° , для латуни и бронзы – $130\text{--}140^\circ$. Угол наклона винтовой канавки ε принимают равным $24\text{--}30^\circ$.

Спиральные сверла изготавливают из высококачественной инструментальной и быстрорежущей стали, а также из твердых сплавов. Диаметр спиральных сверл обычно изменяется от 0,25 до 80 мм.

Для дальнейшей обработки отверстий, полученных после сверления, литья или штамповки, применяют зенкерование и развертывание.

Зенкерование обеспечивает получение отверстий 3–5-го классов точности и 4–5-го классов чистоты; при развертывании получают отверстия 2–3-го классов точности и 7–8-го классов чистоты.

Режущим инструментом при зенкерании и развертывании служат зенкеры и развертки.

Зенкер (рис. 46) имеет рабочую часть, шейку и хвостовик; первая, в свою очередь, делится на режущую, или заборную, часть и калибрующий участок.

Режущая часть зенкера состоит из срезанной торцевой части – сердцевины 1 и трех или четырех режущих кромок 2. Каждая режущая кромка образована передней 3 и задней 4 поверхностями. Угол при вершине 2φ выбирают в пределах $90\text{--}120^\circ$.

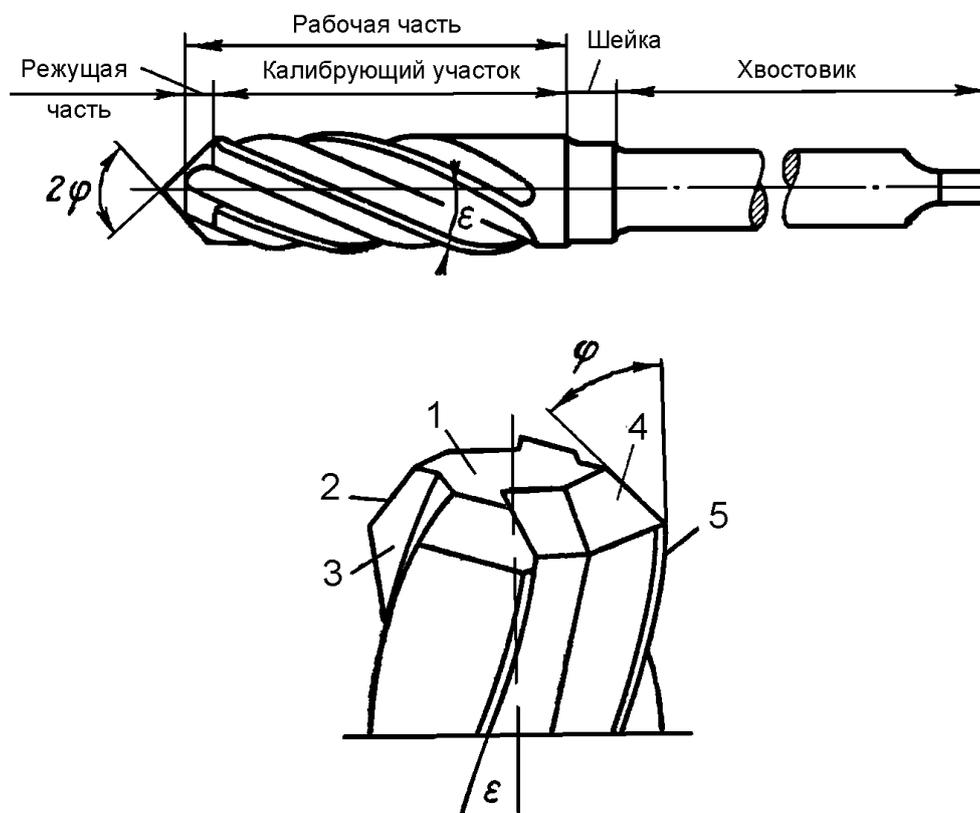


Рис. 46. Зенкер, его части и элементы: 1 – сердцевина; 2 – режущая кромка; 3 – передняя поверхность режущей кромки; 4 – задняя поверхность режущей кромки; 5 – ленточка

Калибрующий участок зенкера имеет три или четыре винтовые канавки и ленточки 5. Последние являются направляющими элементами зенкера, обеспечивают большую точность обработки, препятствуя возможному отклонению инструмента в сторону. Угол наклона винтовых канавок равен $10\text{--}30^\circ$.

По виду обрабатываемых отверстий зенкеры разделяют на цилиндрические, конические и комбинированные. Кроме цельных, применяют насадные зенкеры и зенкеры с напаянными пластинками из твердых сплавов.

Развертка (рис. 47, а) так же как и зенкер, имеет рабочую часть, шейку и хвостовик. В рабочую часть входят направляющий конус l_1 , режущая часть l_2 , калибрующий участок l_3 и обратный конус l_4 .

Основную работу выполняет режущая часть l_2 , каждый зуб которой имеет главную режущую кромку 1, переднюю 2, затылочную 3 и заднюю 4 поверхности (рис. 47, б). Главная режущая кромка 1 расположена по отношению к передней кромке под углом ω . По передней поверхности сходит срезаемая стружка; благодаря затылочной поверхности уменьшается трение зуба о развернутую поверхность. Как и у резцов, зуб развертки изготавливают с тремя углами – передним γ , задним α и углом заострения β (рис. 47, в).

Заборная часть, или направляющий конус l_1 , имеет угол 2φ , равный для ручной развертки $1-3^\circ$, для машинной развертки при обработке стали $8-10^\circ$, для чугуна $20-30^\circ$. Угол заборного конуса 2φ влияет на осевое усилие: чем он больше, тем больше требуемое осевое усилие.

Калибрующая часть l_3 обеспечивает калибровку отверстия и заданное направление развертки.

Следующий за калибрующей частью обратный конус (с разностью между наибольшим и наименьшим диаметрами $0,01-0,08$ мм) служит для уменьшения трения развертки о поверхность отверстия.

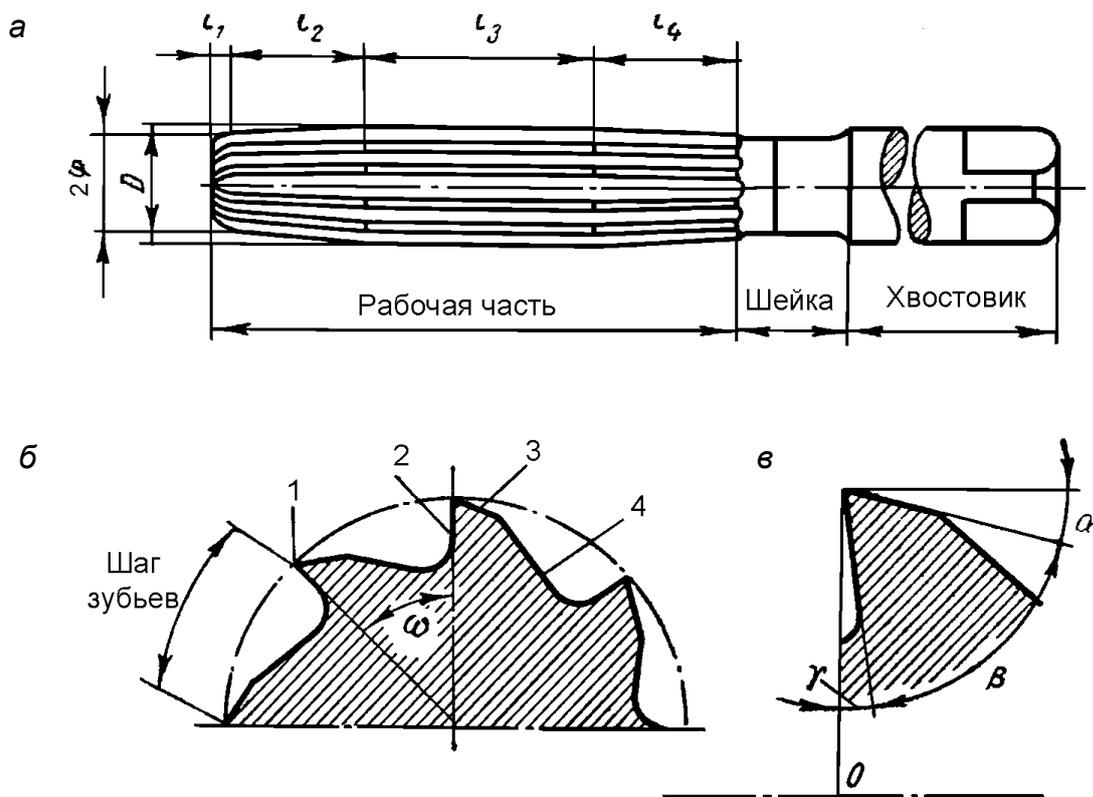


Рис. 47. Развертка, ее части и элементы: 1 – главная режущая кромка; 2 – передняя поверхность; 3 – затылочная поверхность; 4 – задняя поверхность

Развертки бывают цилиндрические и конические, ручные и машинные. У машинных разверток рабочая часть значительно короче, чем у ручных. По конструктивному выполнению развертки делят на хвостовые и насадные, цельные и со вставными ножами. Для повышения производительности применяют развертки, оснащенные пластинками из твердых сплавов.

На сверлильных станках производится два основных вида работ: **сверление и рассверливание**. Кроме того, на сверлильных станках можно выполнять зенкерование, развертывание, нарезание внутренней резьбы и т. д.

Сверление бывает обычное и глубокое. При обычном сверлении с целью получения сквозных отверстий применяют спиральные сверла с коническими или цилиндрическими хвостовиками. Первые закрепляют в шпинделе станка непосредственно или при помощи переходных конусных втулок (рис. 48, а), вторые – при помощи двух- и трехкулачковых сверлильных патронов (рис. 48, б) вручную или ключом.

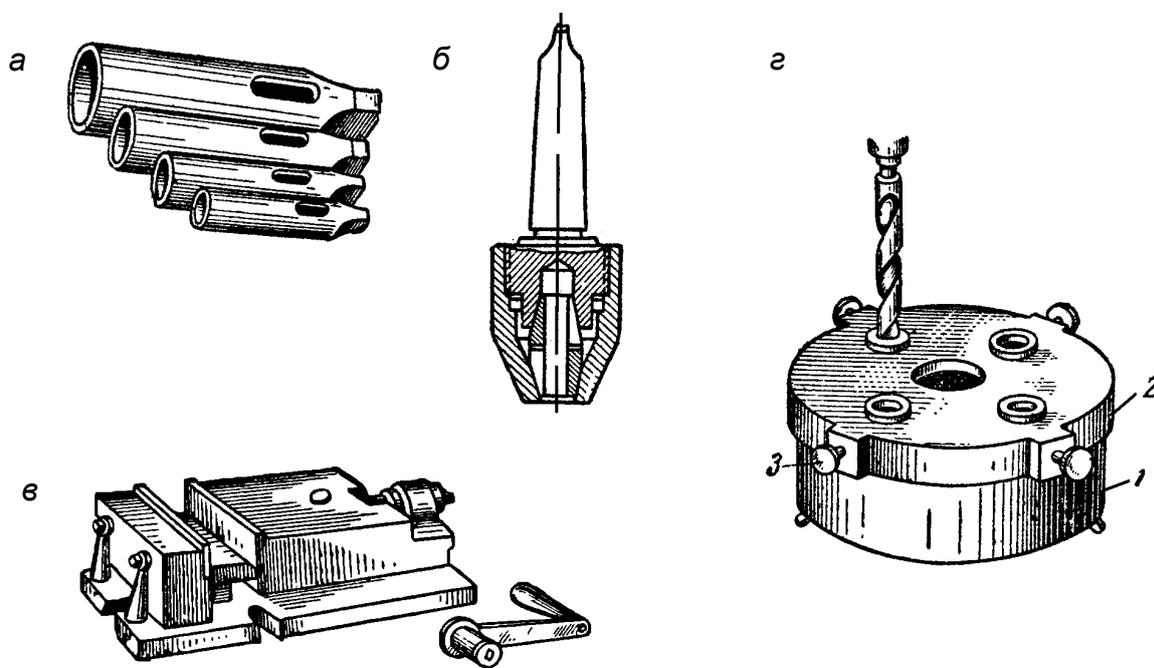


Рис. 48. Принадлежности и приспособления к сверлильным станкам: а – переходные конусные втулки; б – патрон для закрепления сверл с цилиндрическими хвостовиками; в – машинные тиски; г – накладной кондуктор; 1 – обрабатываемая деталь; 2 – кондуктор; 3 – винт

Установку и зажим обрабатываемой детали на столе станка в зависимости от ее формы и размеров производят в машинных тисках, в универсальном (переставном) угольнике, призмах для установки круглых деталей, накладных и коробчатых кондукторах и т. д.

Чаще всего применяют машинные тиски (рис. 48, в) и кондукторы – специальные приспособления, изготавливаемые по форме обрабатываемой

мой детали. С помощью кондукторов сверление можно вести без предварительной разметки детали. При пользовании накладным кондуктором (рис. 48, *з*) обрабатываемую деталь 1 закрепляют в машинных тисках или непосредственно на столе станка; кондуктор 2 накладывают и укрепляют боковыми винтами 3 на той части поверхности детали, где нужно просверлить отверстие.

Глухие отверстия сверлят при помощи упорных приспособлений, имеющих на сверлильном станке, или упорной втулки, закрепляемой непосредственно на сверле.

При глубоком сверлении, когда глубина отверстия превышает его диаметр в 5 раз и более, обычно применяют специальные сверла: 1) ружейные – для сверления отверстий диаметром до 25 мм; 2) пушечные одностороннего резания – для сверления отверстий диаметром более 25 мм; 3) трубчатые – для кольцевого сверления отверстия диаметром более 80 мм (процесс резания происходит по кольцевой поверхности) и др.

Сверление производят на горизонтально-сверлильных (глубокосверлильных) станках с вращением обрабатываемой детали и продольной подачей сверла, что уменьшает вероятность увода последнего от оси отверстия. Деталь закрепляют в кулачках патрона и в люнете.

Рассверливание – вторичная обработка сверлом большего диаметра ранее просверленного отверстия. Вторичная обработка применяется для отверстий диаметром более 30 мм. Сверла больших диаметров имеют перемычки значительных размеров, поэтому при их использовании необходимы увеличенные усилия подачи. Кроме того, такие сверла часто дают отклонения от оси сверления.

Применяя данный вид обработки, сначала делают отверстие меньшего диаметра (0,2–0,4 диаметра заданного отверстия), затем рассверливают его сверлом заданного диаметра.

Основные виды обработки, которые можно выполнять на сверлильных станках, приведены на рис. 49.

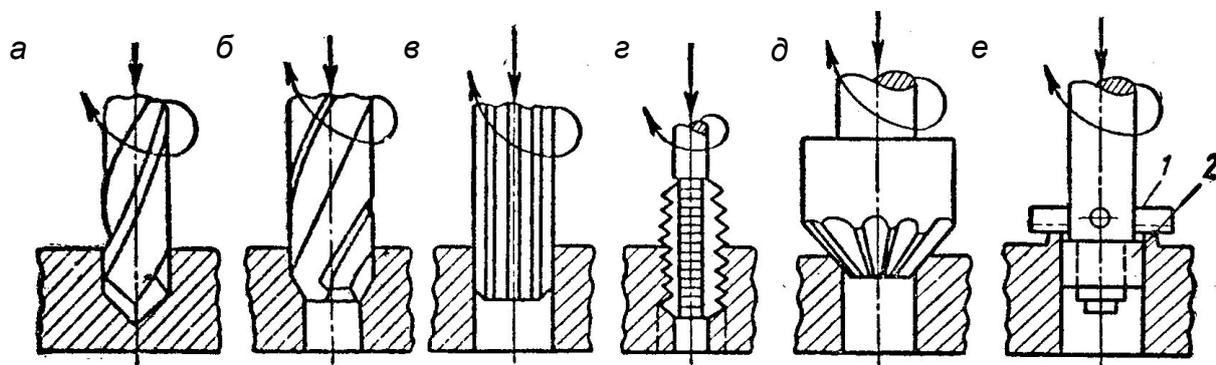


Рис. 49. Основные виды обработки на сверлильных станках: *а* – сверление; *б* – зенкерование; *в* – развертывание; *г* – нарезание резьбы; *д* – зенкование; *е* – цекование; 1 – переставной резец; 2 – направляющая часть

Сверление отверстий производится при вращении сверла и его осевой подаче (рис. 49, а). Инструментом служит обыкновенное спиральное или другой конструкции сверло, предназначенное для получения цилиндрического отверстия в металле.

Сверлить можно как глухие, так и сквозные отверстия.

На вертикальном станке часто выполняют рассверливание, т. е. вторичную обработку сверлом большого диаметра ранее просверленного отверстия в целях сохранения межцентрового расстояния при сверлении отверстий больших диаметров, когда обработка одним сверлом большого диаметра может дать значительное отклонение оси сверления. При нормальном сверлении достигается точность отверстия по 4–5-му классу.

Зенкерование отверстий (рис. 49, б) производится зенкером для улучшения геометрической формы ранее просверленного цилиндрического отверстия. Оно обеспечивает ту же точность обработки отверстия, что и сверление.

Развертывание отверстий (рис. 49, в) обычно выполняют после зенкерования с целью устранить грубые следы предыдущей обработки; исправление геометрии отверстия при этой операции не предусмотрено.

Развертывание производят однократно или многократно. При однократном развертывании достигают точности отверстия по 2–3-му классу, а при двух- или трехкратном развертывании можно достигнуть точности по 1–2-му классу. Чистота поверхности отверстия при развертывании может быть доведена до $\nabla 7$ – $\nabla 8$.

Нарезание резьбы (рис. 49, г) производят после сверления отверстия под размер нарезаемой резьбы метчиками различных конструкций. При этом необходим обратный ход шпинделя (реверсирование) для вывертывания метчика из заготовки после нарезания резьбы. Исключения составляют так называемые падающие метчики, выпадающие из гнезда шпинделя, и специальные гаечные метчики, у которых нарезанные гайки перемещаются последовательно на гладкую часть стержня метчика.

Зенкование (рис. 49, д) применяют после сверления отверстий для снятия фаски, например под потайную головку винта.

Цекование (рис. 49, е) предусмотрено для подрезки торца бобышки заготовки или для получения ступенчатого отверстия. Эту операцию выполняют специальным инструментом – цековкой, которая имеет переставной резец 1, устанавливаемый по размеру диаметра обрабатываемой поверхности, и направляющую часть 2 для обеспечения соосности поверхностей ступенчатого отверстия.

Кроме перечисленных основных работ, на сверлильных станках можно выполнять и другие виды обработки отверстий специальными инструментами, например фасонные выточки на цилиндрической и торцевой поверхностях отверстий.

При сверлении глубоких отверстий на обычных сверлильных станках спиральные сверла не могут обеспечить правильного направления и прямолинейности оси отверстия. В этих случаях происходит увод сверла в сторону от направления, заданного осью вращения шпинделя, так как спиральные сверла сравнительно слабо обеспечивают прямолинейность направления осевого движения режущих кромок. Прямолинейность оси отверстия обеспечивается лишь жесткостью сверла и направляющим действием ленточек, расположенных вдоль канавок сверла и скользящих по просверленной части отверстия.

При неодинаковой заточке обеих режущих кромок сверла или же неравномерного их затупления сверло также начинает «уводить» ось отверстия в сторону от оси вращения шпинделя. На увод сверла большое влияние оказывает работа сверла в начальный момент сверления, когда резание производят лишь поперечной кромкой, перпендикулярной к оси сверла. Кроме того, наличие значительных упругих деформаций сверла при работе (продольного изгиба), зазоров в подшипниках шпинделя, неравномерного налипания стружки на главные и вспомогательные режущие кромки сверла создают условия для увода сверла в сторону от оси шпинделя.

Для предотвращения увода сверла или искривления оси отверстия при глубоком сверлении применяют следующие способы и приемы работы:

- небольшие подачи, а также тщательную заточку сверла с соблюдением равномерности наклона обеих режущих кромок, наблюдение за износом сверла и налипанием металла на режущих и вспомогательных кромках; надлежащее охлаждение сверла;

- предварительное засверливание при помощи короткого сверла большого диаметра, которое особенно необходимо при сверлении отверстий сверлами небольших диаметров на револьверных станках и автоматах;

- сверление с направлением спирального сверла при помощи кондукторной втулки при сравнительно небольших отношениях длины отверстия к диаметру;

- сверление при вращающейся заготовке; в этом случае имеет место как бы самоцентрирование сверла в противоположность обычной его склонности к уводу.

Контрольные вопросы и задания

1. Опишите устройство вертикально-сверлильного станка.
2. Назовите элементы режима резания при сверлении.
3. Опишите инструмент для сверления и обработки отверстий.
4. Каковы основные виды обработки, выполняемые на сверлильных станках?

6. ОБРАБОТКА НА РАСТОЧНЫХ СТАНКАХ

Расточные станки применяют главным образом для обработки в заготовках корпусных деталей отверстий с точно координированными осями (блоки двигателей, коробки передач и т. п.).

Универсально-расточные станки подразделяют на станки для обычных расточных работ и для точных расточных работ; к последним, в частности, относятся координатно-расточные станки, служащие для обработки отверстий с особо точными межцентровыми расстояниями. Эти станки, как правило, применяют в инструментальных цехах заводов. Они бывают горизонтальные и вертикальные [3, 4, 18].

На рис. 50 показан универсальный горизонтально-расточный станок. Режущий инструмент закрепляют во вращающемся шпинделе 3 шпиндельной бабки 4 или на планшайбе. Заготовку закрепляют на столе 2, который перемещается по направляющим станины 6, или устанавливают в приспособлении, расположенном на этом столе. Шпиндельная бабка может перемещаться по направляющим вертикальной передней стойки 5. Заднюю стойку 1 применяют для поддерживания свободного конца длинной расточной оправки (борштанги). Рабочие органы станка можно привести в движение вручную или механически.

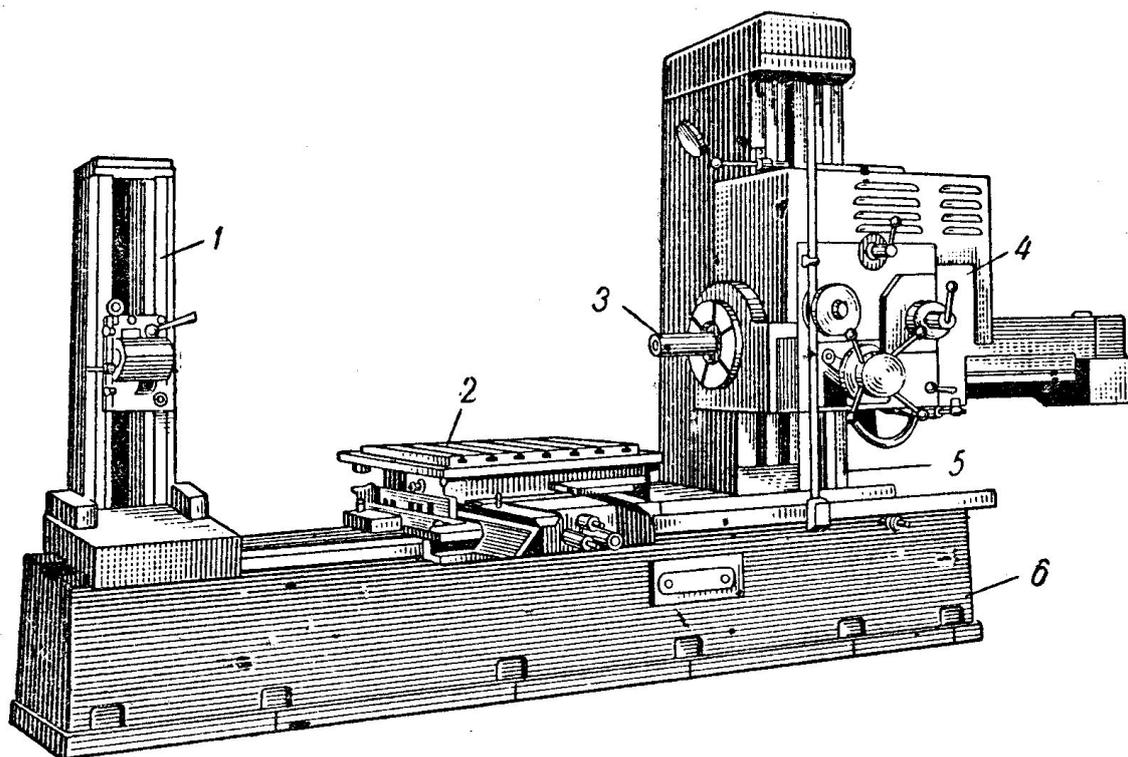


Рис. 50. Универсальный горизонтально-расточный станок: 1 – задняя стойка; 2 – стол; 3 – шпиндель; 4 – шпиндельная бабка; 5 – передняя стойка; 6 – станина

На горизонтально-расточных станках можно сверлить и развертывать отверстия, нарезать в них резьбу и фрезеровать плоскости. Такие

станки применяют главным образом в единичном и мелкосерийном производствах для обработки заготовок корпусных деталей.

Отверстия больших диаметров в различных заготовках в условиях массового производства растачивают на многошпиндельных расточных станках, применяя в качестве инструмента расточные головки, укрепляя их обычными крепежными средствами, или в специальном приспособлении, если этого требует технологический процесс изготовления детали.

На рис. 51 представлены основные виды работ, выполняемые на горизонтально-расточном станке, с указанием движений узлов станка.

На рис. 51, а показано одновременное растачивание двух концентрических отверстий резцами, закрепленными на борштанге 2, которую приводит во вращение шпиндель 1 и поддерживает люнет 3 задней стойки.

Обработка заготовки ведется перемещением стола 4 параллельно оси шпинделя (продольная подача). Этот способ растачивания с продольной подачей стола применяется в случае, когда расположенные соосно растачиваемые отверстия имеют значительную длину и возможен прогиб борштанги 2.

На рис. 51, б изображено растачивание отверстия большого диаметра с помощью резца, закрепленного в резцедержателе 2, укрепленном на планшайбе 1.

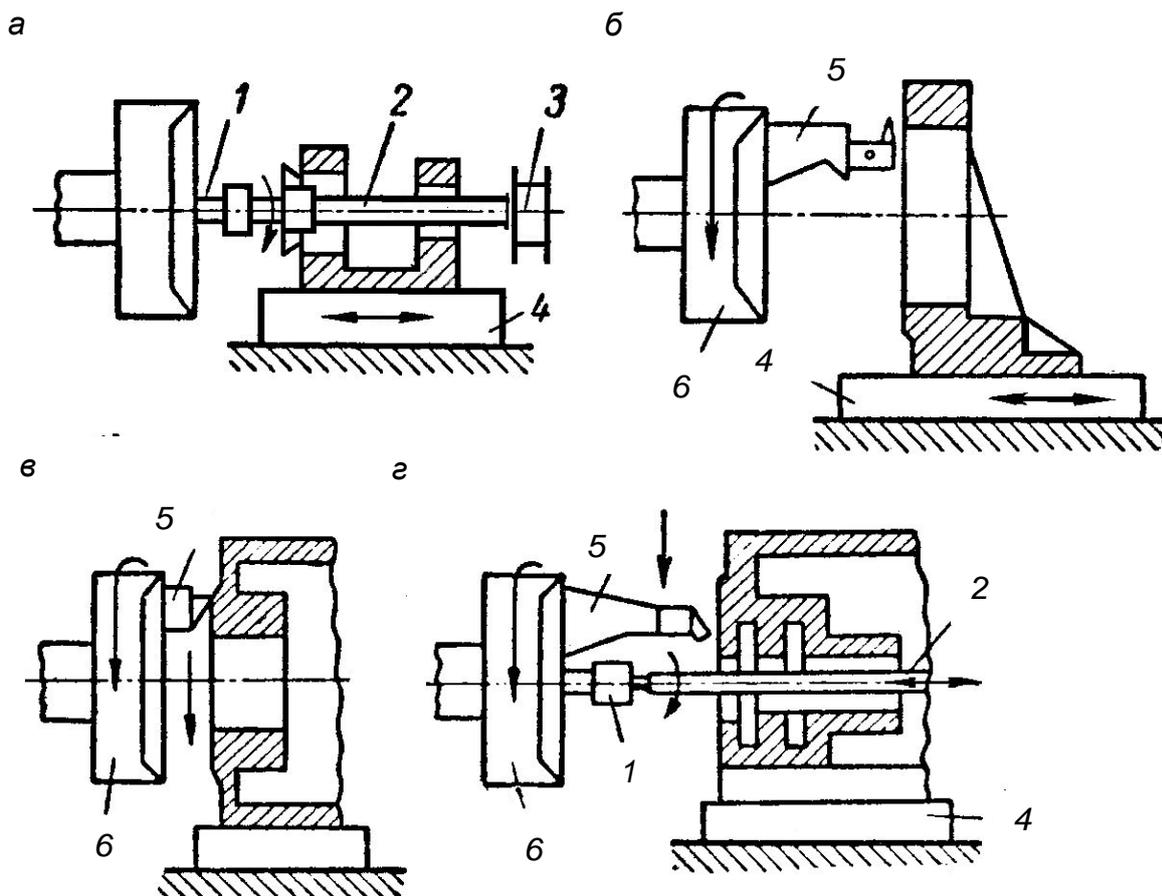


Рис. 51. Схемы основных видов работ, выполняемых на горизонтально-расточном станке: а – одновременное растачивание двух концентрических отверстий; б – растачивание отверстия большого диаметра; в – обработка торца заготовки после растачивания отверстия; г – совместная работа

шпинделя и планшайбы; 1 – шпиндель; 2 – борштанга; 3 – люнет; 4 – стол; 5 – резцедержатель; 6 – планшайба

На рис. 51, в представлена обработка торца заготовки после растачивания отверстия. В данном случае заготовка неподвижна, и стол не перемещается. Планшайба 1 вращает резцедержатель 2 с закрепленным резцом, который перемещается радиально, обрабатывая торцовую поверхность заготовки. Эта операция часто встречается при обработке больших несимметричных поверхностей.

На рис. 51, г приведен пример совместной работы шпинделя 2 и планшайбы 1: одновременно растачивается отверстие резцом, закрепленным на борштанге 4, и обрабатывается торец заготовки резцом, закрепленным в резцедержателе 3. Заготовка вместе со столом неподвижна.

7. ОБРАБОТКА НА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ

7.1. Фрезерные станки

Фрезерование – процесс обработки плоскостей, фасонных и винтовых поверхностей, нарезания резьбы и зубчатых колес, получения винтовых канавок при помощи вращающегося режущего инструмента, называемого фрезой.

Фрезерование происходит при одновременном вращательном движении фрезы и обычно поступательном движении обрабатываемой детали [25].

В зависимости от направления вращения фрезы и поступательного перемещения обрабатываемой детали различают: 1) встречное фрезерование, когда заготовка подается навстречу вращения фрезы; 2) попутное фрезерование, когда направление подачи заготовки совпадает с направлением вращения фрезы.

При *встречном* фрезеровании нагрузка на каждый зуб фрезы возрастает постепенно и на выходе достигает максимального значения. Это обеспечивает плавную работу станка. Вместе с тем качество обработанной поверхности при этом методе фрезерования получается ниже, вследствие чего применяют его при черновой обработке.

При *попутном* фрезеровании зуб фрезы должен сразу снимать толстую стружку, поэтому инструмент подвергается максимальной нагрузке. Это ухудшает условия работы инструмента и станка.

Основными элементами режима резания при фрезеровании являются: 1) скорость резания; 2) подача; 3) глубина и ширина фрезерования; 4) площадь поперечного сечения среза; 5) машинное время.

Скорость резания V при фрезеровании представляет собой окружную скорость фрезы, измеренную по ее наружному диаметру.

Выбор скорости резания зависит от свойств металла обрабатываемой заготовки и материала режущей части фрезы, диаметра и стойкости фрезы, подачи, глубины резания и ширины фрезерования, а также от числа зубьев фрезы, охлаждения и т. д.

Подачей S при фрезеровании называют величину относительного перемещения обрабатываемой детали и фрезы (рис. 52), выраженную соответствующей размерностью, мм/зуб, мм/об, мм/мин.

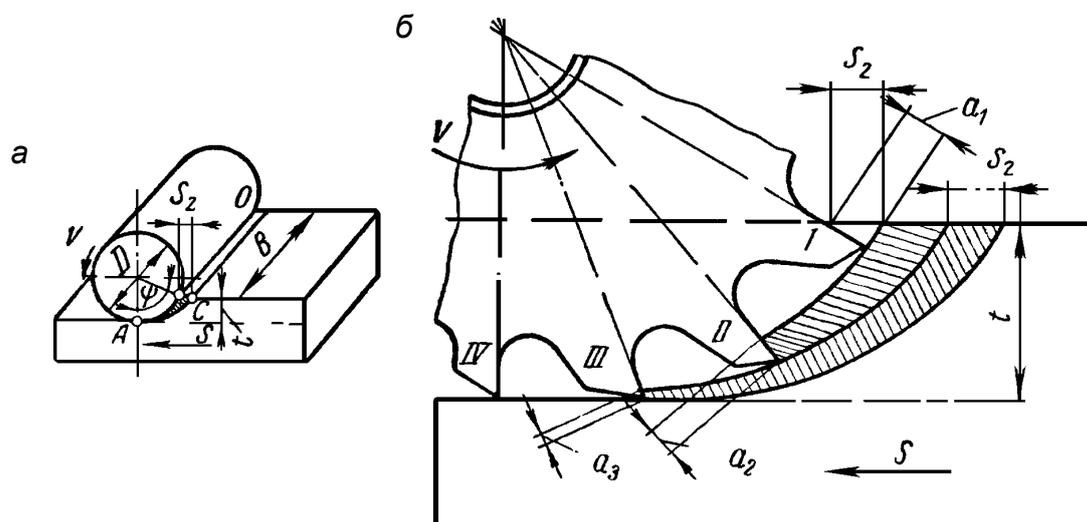


Рис. 52. Схема работы цилиндрической фрезы с прямыми зубьями: а – перемещение инструмента при фрезеровании; б – процесс обработки фрезой

При черновом фрезеровании величину подачи выбирают возможно большей; так, для цилиндрических быстрорежущих фрез подача составляет для стали до 0,2 мм/зуб, для чугуна – до 0,4 мм/зуб.

При получистовом и чистовом фрезеровании величина подачи ограничивается требуемой чистотой поверхности обработки, конструкцией фрезы, прочностью деталей механизма подачи и другими факторами; например, при получистовом фрезеровании подача составляет: для стали – в пределах 0,08–0,05 мм/зуб, для чугуна – 0,15–0,1 мм/зуб.

Глубиной фрезерования t , или глубиной резания при фрезеровании, называют толщину слоя металла, мм, снимаемую с обрабатываемой детали за один проход фрезы (рис. 52, а). Глубина фрезерования при черновой обработке равна 3–8 мм, при чистовой – 5–1,5 мм.

Шириной фрезерования B называют ширину обрабатываемой поверхности детали в направлении, параллельном к оси фрезы (рис. 52, а).

Площадь поперечного сечения среза, снимаемого одним зубом фрезы (например, цилиндрической), представляет собой произведение ширины фрезерования B и толщины стружки a , мм²:

$$f = B \cdot a.$$

Толщина стружки в процессе фрезерования является величиной переменной и изменяется при встречном фрезеровании от нуля в момент врезания зуба в деталь до максимального значения a_1 в момент выхода зуба из обрабатываемой детали (рис. 52, б).

Поскольку в контакте с деталью одновременно находятся не один, а несколько зубьев, то приходится иметь дело с суммарным сечением среза, снимаемым несколькими зубьями, у которых для случая, изображенного на рис. 52, б, толщина срезаемого слоя будет: для первого зуба a_1 для второго a_2 , для третьего a_3 и для четвертого $a_4 = 0$.

Суммарная площадь сечения среза, снимаемая в процессе фрезерования в данный момент времени всеми зубьями, влияет на величину силы резания при фрезеровании.

Машинное время обработки детали при фрезеровании – это время, затраченное на процесс резания металла фрезой за один проход. При расчете машинного времени учитывают длину пути перемещения фрезы относительно детали, подачу и количество проходов.

Мощность, расходуемую на процесс фрезерования, определяют исходя из окружной силы резания и скорости резания.

Станки фрезерной группы в зависимости от выполняемых работ и конструктивных особенностей можно разделить на станки общего назначения и специализированные [13].

К первому типу фрезерных станков обычно относят горизонтально-фрезерные и вертикально-фрезерные, названные так в зависимости от горизонтального или вертикального расположения в них оси шпинделя с фрезой. Обрабатываемая деталь в этих станках закрепляется на столе станка и перемещается чаще всего в продольном направлении.

На фрезерных станках можно обрабатывать плоскости, фасонные и винтовые поверхности, нарезать зубчатые колеса и выполнять другие работы. В зависимости от назначения фрезерные станки подразделяют на одношпиндельные – горизонтальные и вертикальные в обычном исполнении; одношпиндельные универсально-фрезерные в горизонтальном исполнении. Имеются, кроме того, специализированные и специальные фрезерные станки. К специализированным фрезерным станкам относятся: продольно-фрезерные с расположением шпинделей в различных плоскостях; торцово-фрезерные для обработки плоскостей; карусельно-фрезерные с вращающимися столами; барабанно-фрезерные с вращающимся барабаном и копировально-фрезерные для обработки фасонных поверхностей. К специальным станкам относятся резьбофрезерные, шпоночно-фрезерные, агрегатно-фрезерные и речные.

На рис. 53 приведен общий вид горизонтально-фрезерного станка. По станине 2 может перемещаться в вертикальном направлении кон-

соль 12, по направляющим которой передвигаются поперечные салазки 11 в направлении, параллельном оси шпинделя 5. По направляющим поворотной части 10, связанной с салазками 11, может совершать движение стол 9 в направлении, перпендикулярном оси шпинделя. На станке имеется коробка скоростей 3 и коробка подач 1. Оправка 4 с фрезами 6 одним концом закреплена в шпинделе, а другим опирается на дополнительную опору 8 (серьгу), связанную с хоботом 7.

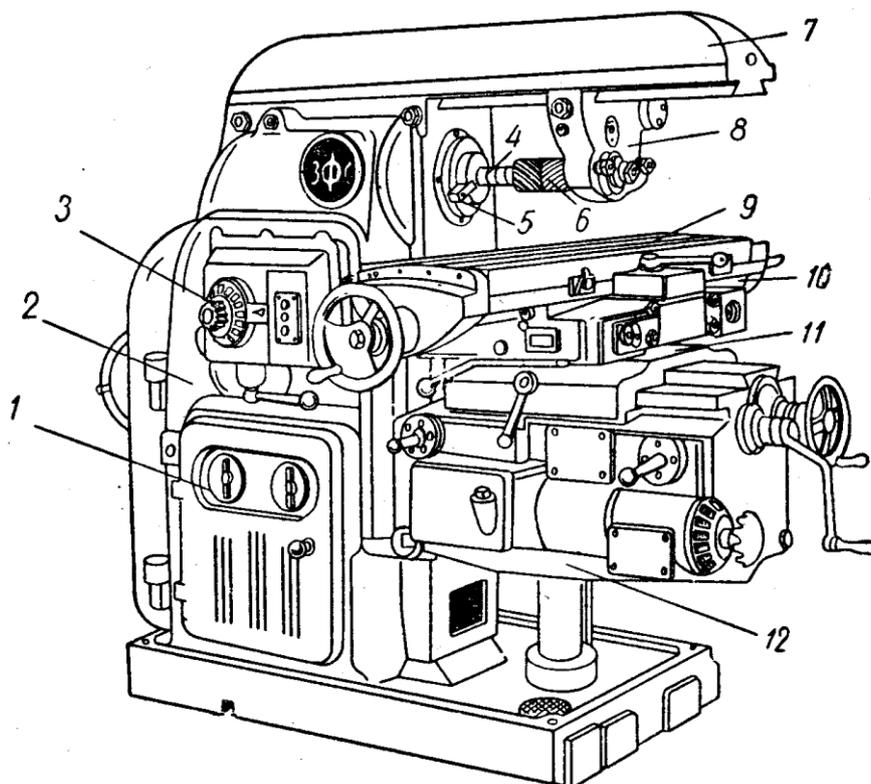


Рис. 53. Общий вид горизонтально-фрезерного станка: 1 – коробка подач; 2 – станина; 3 – коробка скоростей; 4 – оправка; 5 – шпиндель; 6 – фреза; 7 – хобот; 8 – дополнительная опора; 9 – стол; 10 – поворотная часть; 11 – салазки; 12 – консоль

Хвостовые фрезы крепят в коническом отверстии конца шпинделя станка, в котором их зажимают длинным болтом, проходящим через отверстие шпинделя. В вертикально-фрезерном станке шпиндель расположен вертикально; в остальном устройство станка принципиально не отличается от горизонтально-фрезерного. Вертикально-фрезерные станки снабжают как прямоугольными, так и круглыми столами. Универсально-фрезерные станки отличаются от описанных тем, что они имеют поворотный стол, который позволяет выполнять операции по фрезерованию винтовых канавок (например, у спиральных сверл) и зубчатых колес с винтовыми зубьями. Продольно-фрезерный станок является ха-

рачным для группы специализированных фрезерных станков. Такие станки изготавливают с одним или несколькими вертикальными и горизонтальными шпинделями; в последнем случае заготовку можно обрабатывать одновременно с нескольких сторон.

На рис. 54 показан общий вид четырехшпиндельного продольно-фрезерного станка. По направляющим станины 1 может перемещаться стол 2, на котором закрепляют заготовки. Обработку делают фрезами, закрепленными в шпинделях, находящихся в шпиндельных бабках 3, 5, 6 и 7. Так как стол не может подниматься и перемещаться в поперечном направлении, то инструмент для получения требуемых размеров обработки устанавливают выдвиганием шпинделей вдоль их оси и перемещением шпиндельных бабок 5 и 6 по направляющим поперечины 4 перпендикулярно осям шпинделей этих бабок.

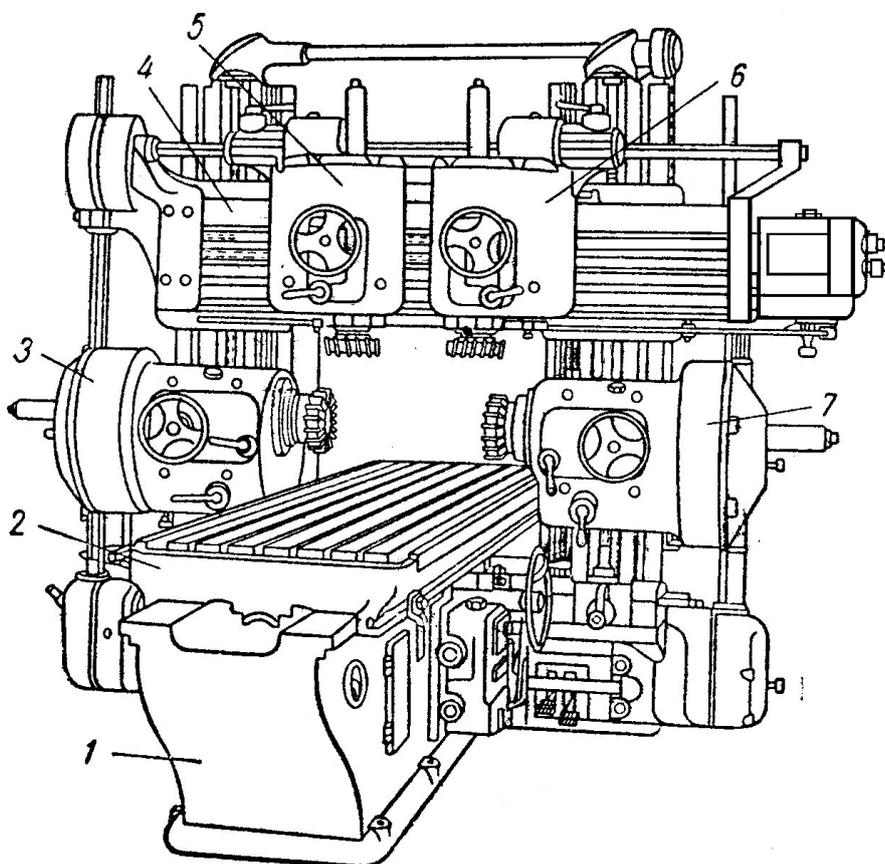


Рис. 54. Общий вид четырехшпиндельного продольно-фрезерного станка: 1 – станина; 2 – стол; 3, 5, 6, 7 – шпиндельные бабки; 4 – поперечина

На рис. 55 показана упрощенная кинематическая схема широкоуниверсального консольно-фрезерного станка модели 6М82Ш. Выбор наивыгоднейшей скорости резания при фрезеровании достигается из-

менением передаточного числа коробки скоростей $i_{кc}$ путем переключения подвижного блока 20 зубчатых колес, расположенного на валу II, и блока 21, а также зубчатых колес 22 и 23, расположенных на валу IV. Таким образом, можно получить 18 чисел оборотов шпинделя V в интервале от 31,5 до 1600 об/мин, передаваемых на оправку 9 с фрезой.

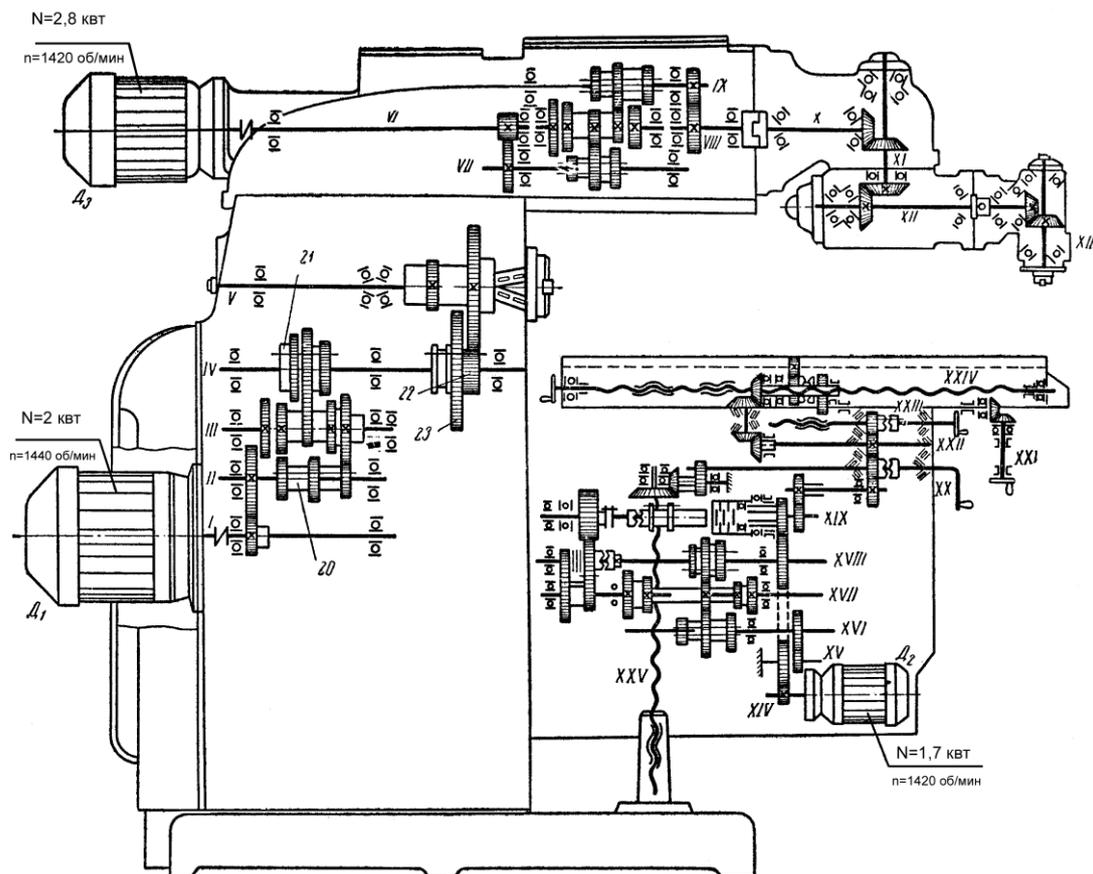


Рис. 55. Упрощенная кинематическая схема широкоуниверсального консольно-фрезерного станка модели 6M82Ш

Зная число оборотов $n_{эд}$ электродвигателя D_1 , общую формулу настройки чисел оборотов главного шпинделя $n_{шп}$ можно выразить как, об/мин,

$$n_{шп} = n_{эд} \cdot i_{кc}.$$

Привод механизма подачи получает вращение от электродвигателя D_2 . Выбор продольной, поперечной или вертикальной подачи производят переключением ряда блоков зубчатых колес и муфт коробки подач, охватывающих валы XIV–XXII. Путем этих переключений можно получить 18 скоростей подачи (продольные и поперечные в пределах 25–1250 мм/мин, вертикальные – 8–400 мм/мин), которые затем передаются на винты про-

дольной, поперечной и вертикальной подачи (соответственно винты XXIV, XXIII и XXV).

7.2. Инструменты и приспособления для фрезерования

При фрезеровании в качестве режущего инструмента применяют фрезы разнообразных форм.

Фреза – многолезвийный инструмент, построенный по типу тела вращения, у которого по окружности или на торце расположены режущие зубья, представляющие собой простейшие резцы.

Фрезы бывают цилиндрические и торцовые, предназначенные для обработки плоских поверхностей; дисковые, концевые и угловые – для обработки пазов, канавок и шлицев; фасонные – для обработки фасонных поверхностей; модульные – для нарезания зубьев зубчатых колес и т. д.; червячные – для нарезания методом обкатки зубьев цилиндрических и червячных колес.

Зуб 1 фрезы (рис. 56) – это отдельный резец, имеющий главную режущую кромку 2, переднюю 3, затылочную 4 и заднюю 5 поверхности.

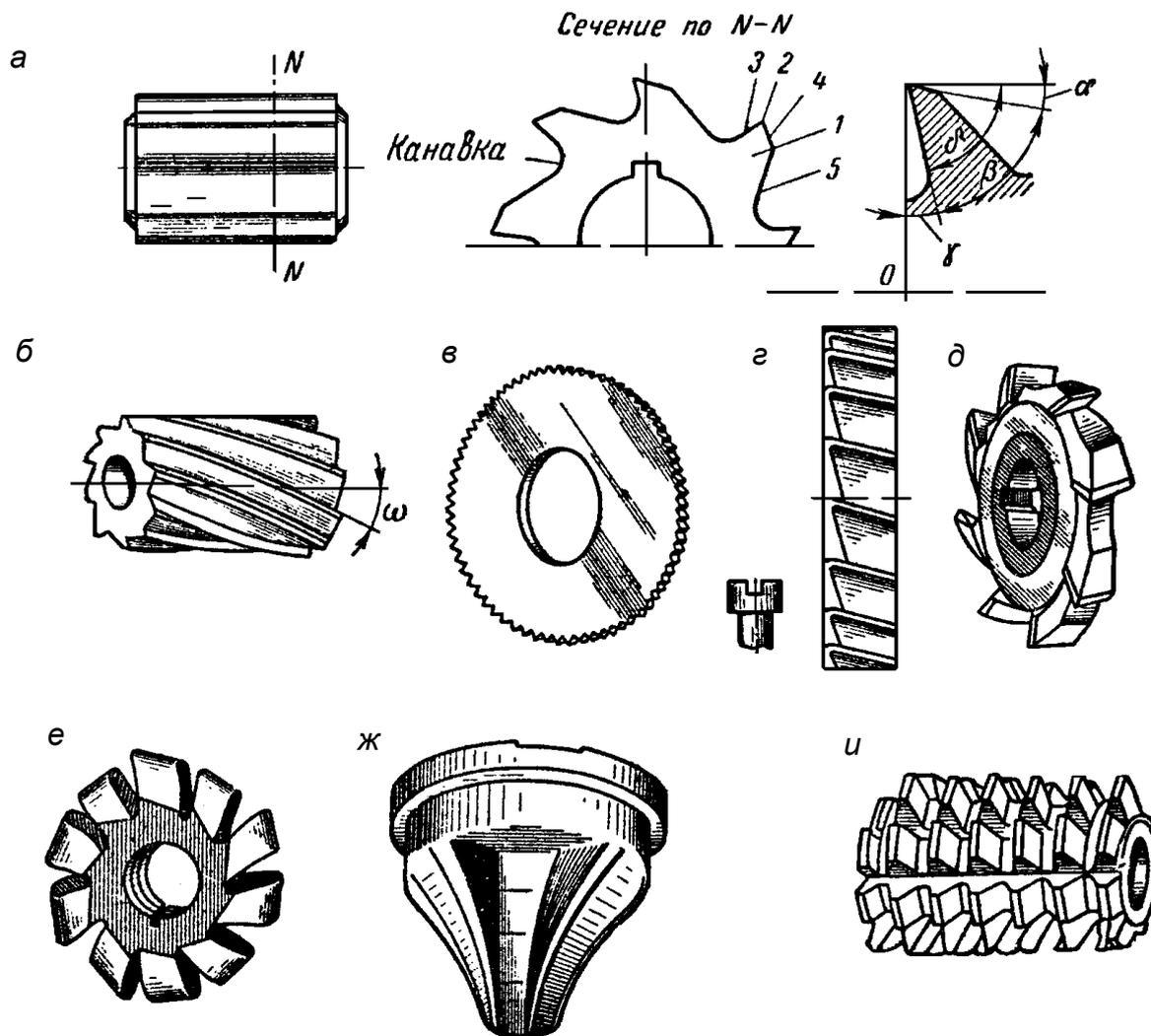


Рис. 56. Основные типы фрез: а – цилиндрическая прямозубая; б – цилиндрическая с винтовыми зубьями; в – дисковая пазовая; г – дисковая двухсторонняя; д – дисковая трехсторонняя; е – модульная дисковая; ж – мо-

дульная пальцевая; u – червячная; 1 – зуб фрезы; 2 – главная режущая кромка; 3 – передняя поверхность; 4 – затылочная поверхность; 5 – задняя поверхность

При сечении зуба плоскостью $N-N$, перпендикулярной главной режущей кромке, получим главные углы фрезы γ , α , β и δ .

Угол γ называется передним, он служит для облегчения схода срезаемой стружки и уменьшения ее усадки. Угол γ чаще всего принимают равным $10-20^\circ$, причем для твердых материалов он берется меньшим, а для мягких – большим. У фрез с пластинками из твердых сплавов угол γ делают отрицательным: от минус 10 до минус 15° .

Угол α называется задним, он предназначен для уменьшения трения между затылочной поверхностью зуба и поверхностью резания. Для различных фрез угол α берут в пределах $12-15^\circ$.

Зубья цилиндрических фрез могут быть прямыми или винтовыми под углом ω к оси фрезы (см. рис. 56). У нормальных цилиндрических фрез угол ω равен $20-30^\circ$, у дисковых и торцовых – $10-15^\circ$.

Фреза с прямыми зубьями врезается в обрабатываемую деталь сразу по всей длине каждого зуба, это приводит к переменной нагрузке на станок и несколько ухудшает поверхность обработки.

При работе фрезы с винтовыми зубьями станок получает более равномерную нагрузку, так как зубья фрезы врезаются в деталь постепенно.

К универсальным приспособлениям относятся и машинные тиски, делительные головки, вращающиеся, угловые и поворотные столы. Делительные головки бывают для простого деления, непосредственного деления, универсальные и оптические. Универсальные делительные головки применяют для периодического поворота заготовки на определенный заданный угол (методом непосредственного, простого или дифференциального деления); непрерывного вращения заготовки при фрезеровании винтовых поверхностей (канавок фрез, разверток, сверл и т. п.); установки заготовки в заданное угловое положение относительно плоскости стола станка.

У фрез сборной конструкции крепление ножей с пластинками твердого сплава осуществляется коническими штифтами, клиновидными сухарями и т. д.

7.3. Основные виды фрезерных работ

Основными способами фрезерования, обеспечивающими повышение производительности обработки, являются:

1) параллельное, т. е. одновременное, фрезерование нескольких заготовок или нескольких поверхностей одной заготовки. Это может быть осуществлено посредством установки на одной оправке соответствующего числа цилиндрических, дисковых и фасонных фрез или торцовых фрез

на различных шпинделях с помощью одной торцовой фрезы большего диаметра или одной цилиндрической фрезы достаточной длины.

При таком способе фрезерования резко сокращается трудоемкость обработки вследствие совмещения машинного времени отдельных переходов и уменьшения вспомогательного времени;

2) последовательное фрезерование нескольких заготовок, установленных в ряд на столе станка (или нескольких поверхностей одной заготовки), по мере их подвода к фрезе в процессе работы;

3) фрезерование на поворотных столах и приспособлениях. При этом способе трудоемкость обработки уменьшается вследствие совмещения большей части вспомогательного времени с машинным, так как снимают обработанную заготовку и устанавливают новую во время фрезерования детали на другой позиции стола или приспособления;

4) фрезерование с подачей в обе стороны (маятниковая подача). Этот способ обработки является разновидностью предыдущего. Его применяют для небольших поверхностей длинных заготовок, для которых использование поворотных устройств затруднено;

5) непрерывное фрезерование. Этот способ фрезерования заключается в том, что обрабатываемые заготовки устанавливают на круглом непрерывно вращающемся столе или в барабанном устройстве и фрезеруют торцовыми фрезами, закрепленными на шпинделях станка. При этом способе штучное время может быть очень близким или равным машинному времени. Производительность при непрерывном фрезеровании является наиболее высокой из всех описанных способов обработки.

На фрезерных станках обрабатывают: плоские поверхности; пазы, канавки и шлицы; всевозможные фасонные поверхности; зубчатые колеса, винтовые канавки и др.

Поверхности цилиндрических фрез можно обрабатывать при движении стола станка с закрепленной заготовкой навстречу направлению вращения фрезы, т. е. методом встречного фрезерования (рис. 57, а), или в том же направлении – методом попутного фрезерования (рис. 57, б).

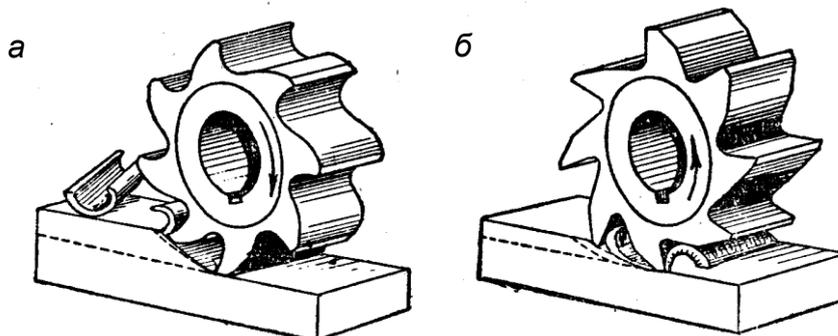


Рис. 57. Методы фрезерования: а – встречный;
б – попутный

В обоих случаях стружка, снимаемая каждым зубом фрезы, имеет форму запятой, но в первом случае толщина стружки постепенно увеличивается в процессе резания, а во втором – уменьшается. Преимущество встречного фрезерования заключается в плавном возрастании нагрузки на зуб и во врезании зубьев в металл под коркой. Недостатком этого метода является стремление фрезы оторвать заготовку от поверхности стола.

На рис. 58 приведены различные виды обработки на фрезерных станках. Точность фрезерования зависит от типа станка, инструмента, режимов резания и других факторов. В среднем фрезерованием может быть достигнута точность в пределах 3–4-го классов, а при скоростном и тонком фрезеровании – до 2-го класса. Чистота поверхности при чистовом фрезеровании может быть обеспечена в пределах $\nabla 4$ – $\nabla 6$ -го классов.

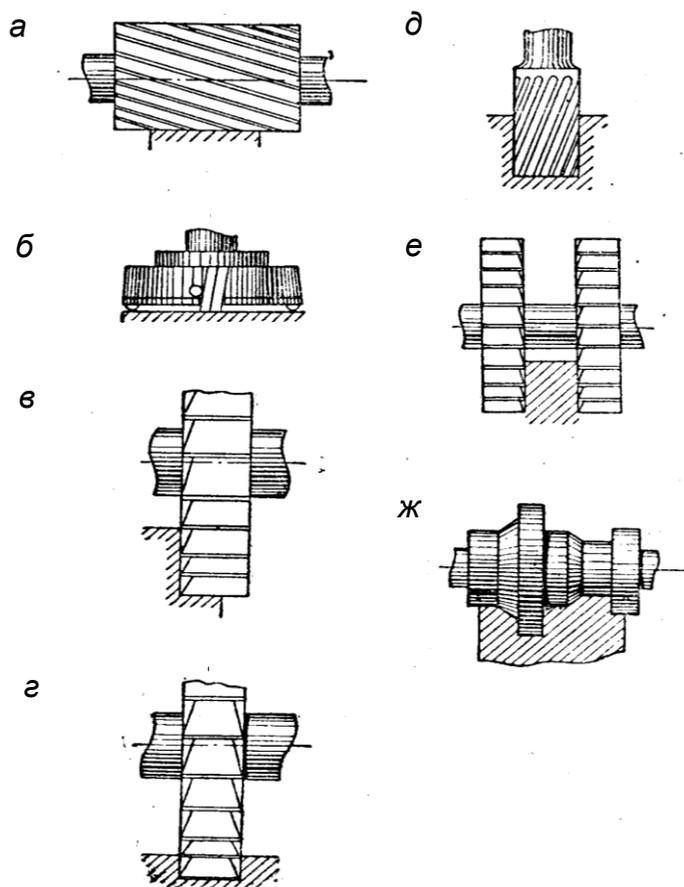


Рис. 58. Различные виды обработки на фрезерных станках: а – обработка плоскости цилиндрической фрезой; б – обработка плоскости торцевой фрезой; в – обработка вертикальной плоскости дисковой трехсторонней фрезой; г – обработка паза концевой фрезой; е – обработка плоскости двумя

торцовыми фрезами; ж – обработка сложного профиля набором фрез

Обработка плоских поверхностей. Различают обработку горизонтальных, вертикальных, наклонных плоских поверхностей и уступов.

Горизонтальные поверхности обрабатывают на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках цилиндрическими и торцовыми фрезами. Деталь в зависимости от ее формы и размеров закрепляют на столе в специальных машинных тисках (рис. 59, а) либо при помощи болтов, линеек и подкладок (рис. 59, б).

Вертикальные поверхности фрезеруют на тех же горизонтально- и вертикально-фрезерных станках, но с применением дисковых трехсторонних (рис. 59, в) концевых и торцовых фрез или на продольно-фрезерных станках торцовыми фрезами (рис. 59, г). Детали закрепляют на столе станка так же, как и при обработке горизонтальных поверхностей.

Обработку *наклонных* поверхностей производят на горизонтально-фрезерных станках одноугловыми фрезами (рис. 59, д) или на вертикально-фрезерных станках со шпинделем, установленным под углом α , торцовыми фрезами (рис. 59, е). Заданный угол α можно получить только на станках, у которых шпиндельная головка может поворачиваться в вертикальной плоскости.

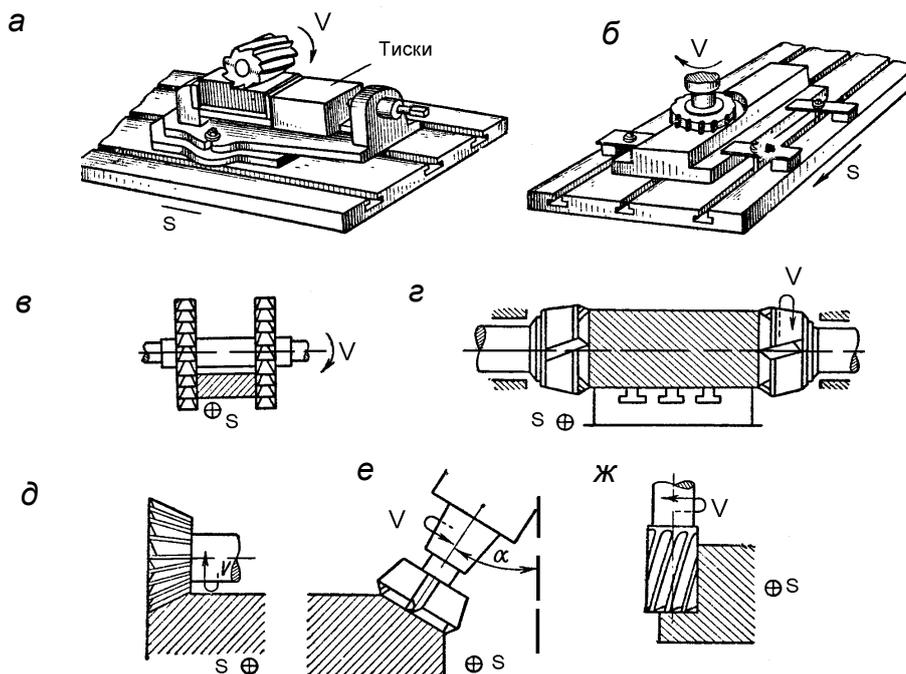


Рис. 59. Основные виды фрезерования плоских поверхностей: а – обработка горизонтальных поверхностей в тисках; б – обработка горизонтальных поверхностей с закреплением деталей на столе станка; в – обработка вертикальных поверхностей с применением дисковых трехсторонних фрез; г – обработка вертикальных поверхностей торцовыми фрезами; д – обработка наклонных поверхностей одноугловыми

фрезами; е – обработка наклонных поверхностей торцовыми фрезами; ж – обработка уступов концевыми фрезами

Уступы обрабатывают на вертикально-фрезерных станках концевыми фрезами (рис. 59, ж); в этом случае одновременно фрезеруются две взаимно-перпендикулярные плоскости поверхности.

Обработка пазов, канавок и шлицев. *Пазы* прямоугольные, Т-образные и типа ласточкина хвоста фрезеруют, как правило, на вертикально-фрезерных станках при помощи соответствующих концевых фрез (рис. 60, а, б). Прямоугольные пазы можно также обрабатывать на горизонтально-фрезерных станках дисковыми трехсторонними фрезами.

При фрезеровании *шпоночных канавок* прямоугольного сечения пользуются концевыми и специальными шпоночными фрезами. Обработку ведут на вертикально-фрезерных станках. Иногда такие канавки выполняют на горизонтально-фрезерных станках при помощи дисковых трехсторонних фрез.

Деталь обычно закрепляют на столе станка в специальных машинных тисках с установочной призмой и поворотными губками.

Шлицы обрабатывают на горизонтально-фрезерных станках обычно прорезными фрезами.

Обработка фасонных поверхностей. Для фрезерования фасонных поверхностей небольших размеров на горизонтально-фрезерных станках применяют фасонные фрезы, профиль которых соответствует профилю изготавливаемой детали (рис. 60, в). Поверхности деталей более сложной формы обрабатывают набором отдельных простых фрез (рис. 60, г) либо при помощи специальных копиров.

Объемные фасонные поверхности (штампы и т. д.) фрезеруют на специальных копировально-фрезерных станках.

Обработка зубчатых колес и винтовых канавок. Цилиндрические зубчатые колеса фрезеруют дисковыми модульными фрезами на горизонтально-фрезерных станках (рис. 60, д) или модульными пальцевыми фрезами на вертикально-фрезерных станках (рис. 60, е). Профиль фрезы должен соответствовать профилю впадины нарезаемого зуба. При крупносерийном и массовом производстве зубчатые колеса нарезают на специальных станках. Для поворота заготовок зубчатых колес на нужный угол, т. е. для деления окружностей на части, служат специальные приспособления к фрезерным станкам – делительные головки.

Существуют универсальные (с простым и дифференциальным делением), оптические и другие делительные головки; наиболее распространены первые, при помощи которых можно не только делить окружность

на части, но и вращать обрабатываемую заготовку при фрезеровании винтовых канавок или зубьев.

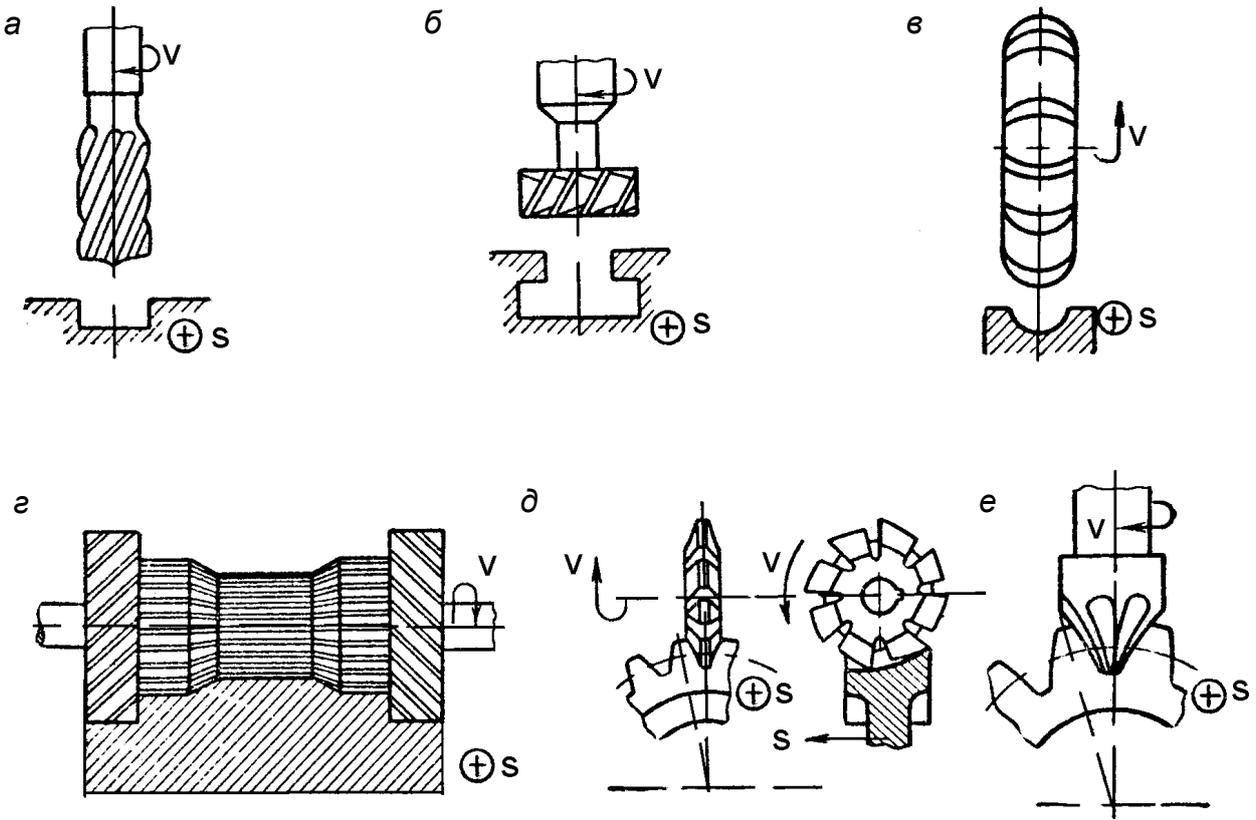


Рис. 60. Основные виды фрезерования пазов, канавок, фасонных поверхностей и зубчатых колес: а – обработка прямоугольных пазов концевыми фрезами; б – обработка Т-образных пазов торцовыми фрезами; в – обработка фасонных поверхностей фасонной фрезой; г – обработка фасонных поверхностей набором простых фрез; д – обработка зубчатых колес дисковыми модульными фрезами; е – обработка зубчатых колес модульными пальцевыми фрезами

Универсальная делительная головка (рис. 61, а) состоит из корпуса 1, поворотной части 2, шпинделя 3 с центром 4, лимба 5 и рукоятки 6 со штифтом 7.

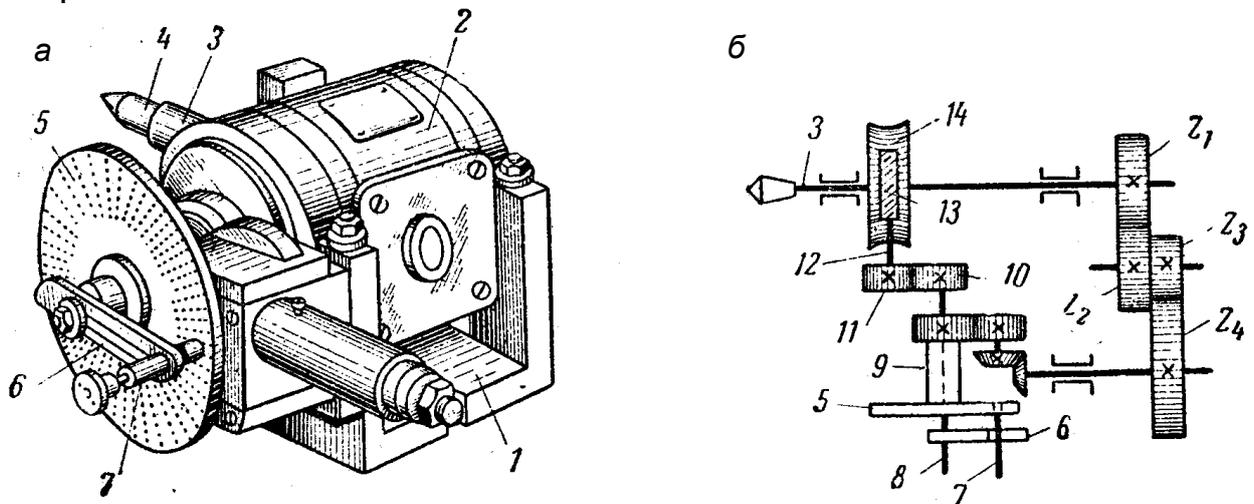


Рис. 61. Универсальная делительная головка: а – общий вид; б – кинематиче-

ская схема; 1 – корпус; 2 – поворотная часть; 3 – шпиндель; 4 – центр; 5 – лимб; 6 – рукоятка; 7 – штифт; 8 – валик; 9 – втулка; 10, 11 – зубчатое колесо; 12 – валик червяка; 13 – червяк; 14 – червячное колесо

При простом делении окружности деталь поворачивают на заданный угол рукояткой 6 со штифтом 7 относительно неподвижного делительного лимба (диска) 5. Делительный лимб насажен на валик 8, проходящий через втулку 9 (рис. 61, б). Делительные головки обычно снабжены комплектом из трех лимбов, каждый из которых имеет по шесть рядов отверстий: в первом лимбе – ряды по 15, 16, 17, 18, 19, 20 отверстий, во втором – по 21, 23, 27, 29, 31 и 33 отверстия; в третьем – по 37, 39, 41, 43, 47 и 49 отверстий. Каждый ряд отверстий делит окружность лимба на равное число частей.

На конце валика 8 насажено зубчатое колесо 10, находящееся в зацеплении с колесом 11, насаженным на валик 12 червяка. Червяк 13 соединен с колесом 14, жестко закрепленным на шпинделе 3 делительной головки.

Червячное колесо 14 имеет 40, 60, 80 и реже 120 зубьев. Чаще всего оно имеет 40 зубьев. Тогда передаточное отношение червячной пары $I = 1/40$. Это значит, что для полного оборота червячного колеса 14 и шпинделя 3 нужно повернуть рукоятку 40 раз, для поворота на пол-оборота – 20 раз, на четверть оборота – 10 раз и т. д.

Если число зубьев, на которое нужно разделить окружность заготовки зубчатого колеса, обозначить через z , а число зубьев червячного колеса – через K , то искомое число оборотов рукоятки n можно определить по формуле $n = K/z$.

Когда на лимбе нет ряда отверстий, число которых удовлетворяло бы условию простого деления, применяют дифференциальное деление; с этой целью лимб через систему зубчатых колес гитары z_1-z_2 соединяют со шпинделем (см. рис. 61, б).

Обработку винтовых канавок производят на универсально-фрезерных станках, поворачивая стол станка и делительную головку.

Контрольные вопросы и задания

1. Каковы основные элементы режима резания при фрезеровании?
2. Опишите фрезерные станки.
3. Опишите инструменты и приспособления для фрезерования.
4. Перечислите основные виды фрезерных работ.
5. Как осуществляется обработка плоских поверхностей?
6. Назовите основные виды фрезерования пазов, канавок, фасонных поверхностей и зубчатых колес.
7. Опишите универсальную делительную головку и перечислите виды обработки с ее использованием.

8. ОБРАБОТКА НА СТРОГАЛЬНЫХ И ДОЛБЕЖНЫХ СТАНКАХ

8.1. Процесс строгания

Плоские поверхности обрабатывают строганием, долблением, фрезерованием, шлифованием и протягиванием (без учета отделочных операций).

Строгание и долбление наиболее применимы в серийном, особенно в мелкосерийном и индивидуальном производствах, поскольку для работы на строгальных и долбежных станках не требуется сложных приспособлений и инструментов. Однако эти виды обработки мало производительны. Низкая производительность объясняется тем, что обработку ведут одним или небольшим числом резцов с потерями времени на обратные холостые ходы.

Скорости резания при этих видах обработки относительно низки, так как осуществление возвратно-поступательного движения с большими скоростями представляет конструктивные трудности вследствие развивающихся больших сил инерции при движении деталей и узлов станка.

При строгании и долблении резцы устанавливаются «на размер» обычно по разметке или по шаблонам и режут при помощи «пробных стружек». При установке и зажатии обрабатываемой заготовки на строгальном станке необходимо следить за тем, чтобы заготовка не была деформирована силами, развиваемыми зажимами, что особенно важно при чистовом строгании заготовок крупных размеров. Поэтому после чернового строгания таких заготовок рекомендуется отпустить все зажимы и вновь зажать заготовку так, чтобы она не имела деформаций.

Процессы строгания и долбления аналогичны, однако в первом случае (при работе на продольно-строгальных станках) движение резания придается заготовке, а движение подачи – резцу; во втором движение резания придается резцу, а движение подачи – заготовке, причем движение подачи осуществляется в плоскости, перпендикулярной направлению движения резца. Подача может производиться параллельно или перпендикулярно режущей кромке резца или по кругу.

Фрезерование в массовом производстве совершенно вытеснило применявшееся ранее строгание и частично долбление. В серийном и индивидуальном производствах строгание и долбление сохраняют за собой определенные области обработки, но и здесь фрезерование получило широкое распространение.

Наиболее характерные виды работ, выполняемых на строгальных и долбежных станках, показаны на рис. 62.

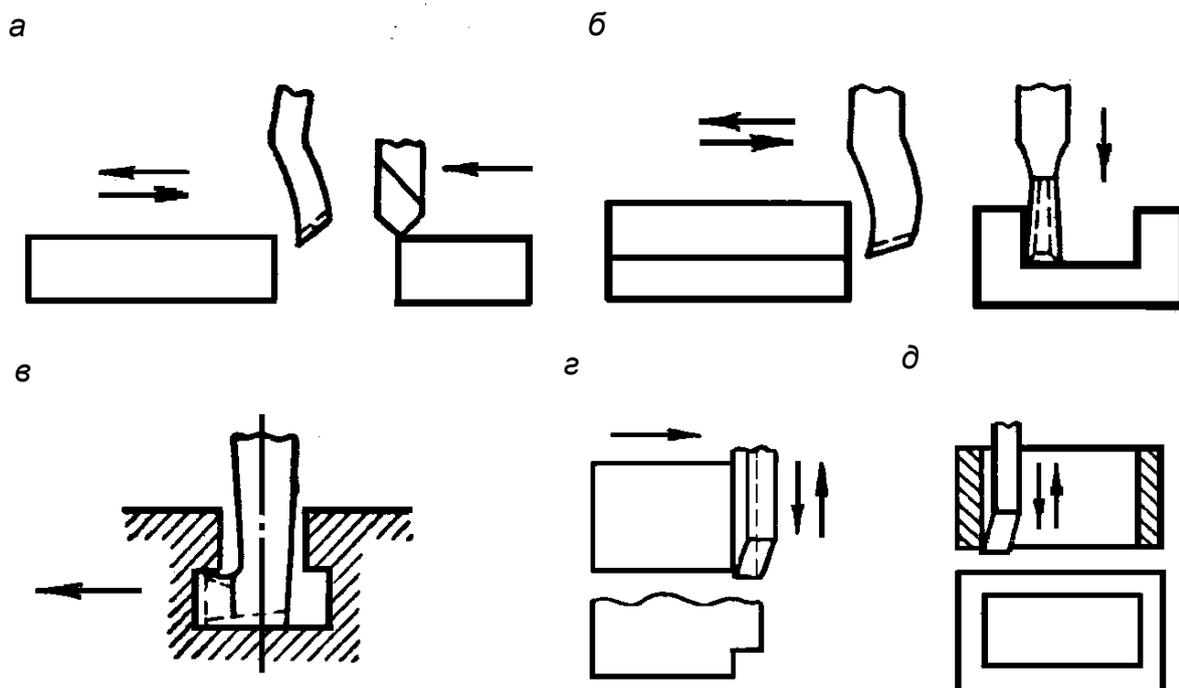


Рис. 62. Виды обработки на строгальных и долбежных станках: а – строгание плоскости; б – строгание пазы; в – строгание Т-образного пазы; г – долбление углового профиля; д – долбление прямоугольного отверстия

Строгание – процесс обработки горизонтальных, вертикальных и наклонных плоских и фасонных поверхностей, пазов, канавок и других выемок при помощи специальных резцов [1, 3].

При строгании происходит прерывистое резание металла вследствие того, что резец совершает рабочий и холостой ходы.

Процесс строгания характеризуется рядом элементов режима резания: 1) скоростью резания; 2) подачей; 3) глубиной резания; 4) поперечным сечением среза; 5) машинным временем.

Скоростью резания V при строгании называют скорость рабочего хода, при котором происходит снятие стружки с заготовки; для поперечно-строгального станка скоростью резания является скорость рабочего хода ползуна, а вместе с ним и резца; для продольно-строгального – скорость перемещения стола.

В зависимости от конструкции строгального станка скорость рабочего хода и соответственно скорость резания могут быть переменными или постоянными.

На поперечно-строгальных станках с кривошипно-кулисным механизмом скорость рабочего хода V_p , а также скорость холостого хода V_x ,

являются величинами переменными. В начале и конце рабочего хода они имеют минимальное, а в середине – максимальное значения. Для этих станков скорость резания можно определить по формуле, м/мин,

$$V_p = \frac{L \cdot n(1+m)}{1000},$$

где L – длина хода ползуна, мм; n – число двойных ходов ползуна в минуту; $m = \frac{V_p}{V_x}$ – отношение скорости рабочего хода к скорости холостого хода; при малых длинах хода ползуна в среднем $m = 0,75$.

Строгальные станки с реечным механизмом для передачи движения имеют постоянную скорость рабочего хода. Для этих станков скорость резания определяют по формуле, м/мин,

$$V_p = \frac{2Ln}{1000}.$$

Скорость резания при строгании зависит от механических свойств обрабатываемого металла, материала и геометрии резца, величины подачи и глубины резания, а также длины хода ползуна с резцом [20].

Подача S при строгании представляет собой относительное перемещение детали (для поперечно-строгальных станков) или резца (для продольно-строгальных станков, рис. 63) в поперечном направлении за один двойной ход и измеряется в миллиметрах, деленных на двойной ход (мм/дв. ход). Подача всегда производится в конце обратного (холостого) хода, когда резец не нагружен стружкой.

Глубиной резания t при строгании (рис. 63, а) называют толщину слоя металла, снимаемую за один проход резца; ее измеряют в направлении, перпендикулярном обработанной поверхности.

Поперечное сечение среза f (рис. 63, а) определяется произведением толщины a на ширину b срезаемого слоя, мм²:

$$f = a \cdot b = S \cdot t.$$

Машинное время при строгании, т. е. время, затраченное на обработку детали строгальным резцом, вычисляют, исходя из расчетной ши-

рины прохода резца (рис. 63, б), числа двойных ходов ползуна, подачи и количества проходов.

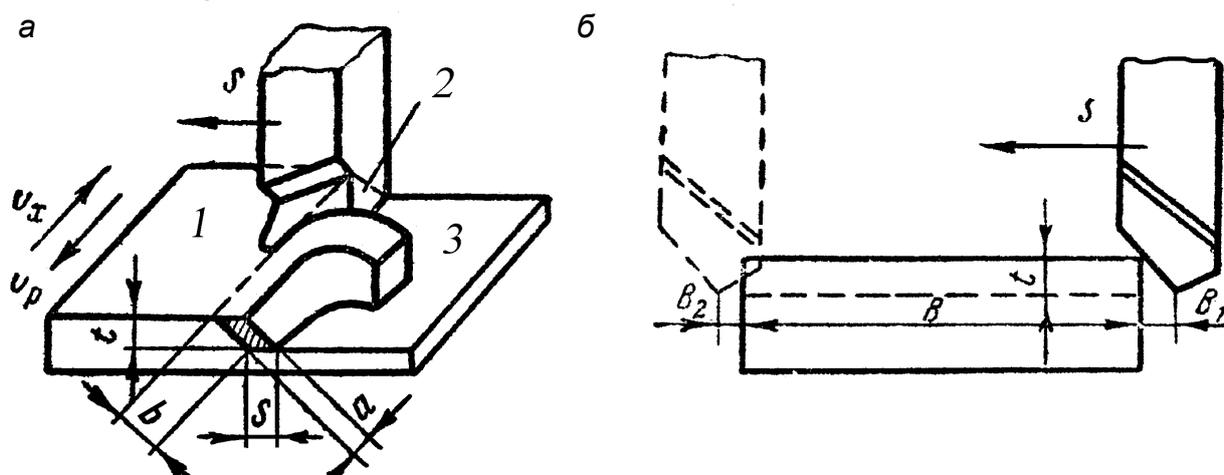


Рис. 63. Схема процесса строгания и расчетная ширина прохода резца: а – движение резца при строгании; б – пояснение ширины прохода резца; 1 – обрабатываемая поверхность; 2 – поверхность резания; 3 – обработанная поверхность

Определение мощности, расходуемой на процесс резания в поперечно-строгальных станках при установившемся режиме работы, производится с учетом горизонтальной составляющей силы резания в направлении движения ползуна и скорости резания.

8.2. Строгальные станки

Строгальные станки в зависимости от технологических и конструктивных признаков разделяются на поперечно-строгальные, продольно-строгальные, долбежные (вертикально-строгальные) и специализированные [4, 7, 9, 23].

В каждую подгруппу входит несколько типов станков, отличающихся друг от друга конструктивными особенностями. Поперечно-строгальные станки бывают кулисные, шестеренчатые (реечные), гидравлические, кривошипные и прочие; продольно-строгальные – одностоечные и двустоечные; долбежные – кривошипные, с вращающейся кулисой и гидравлические; специализированные – кромкострогальные, ямострогальные, копировальные и прочие.

На рис. 64 показан общий вид двустоечного продольно-строгального станка модели 7231А. Этот станок имеет станину 1, по бокам которой расположены две вертикальные стойки 2 и 3, соединенные сверху поперечиной 4. По направляющим станины движется стол 5, на верхней плоскости которого расположены Т-образные пазы для закрепления обрабатываемой детали. Стол с обрабатываемой деталью совершает главное возвратно-поступательное движение (движение резания) от ре-

гулируемого электродвигателя постоянного тока посредством червячно-реечной подачи и редуктора.

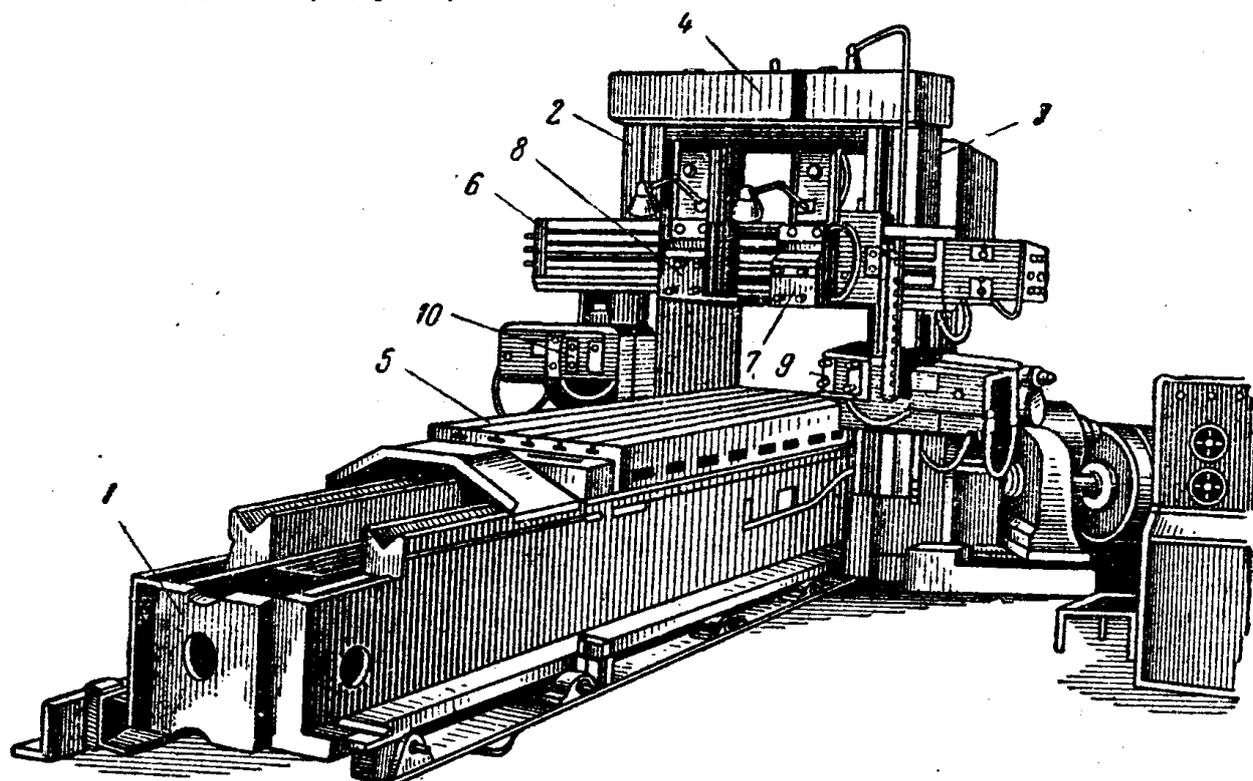


Рис. 64. Общий вид продольно-строгального станка модели 7231А: 1 – станина; 2, 3 – вертикальные стойки; 4 – поперечина; 5 – стол; 6 – траверса; 7, 8, 9, 10 – суппорты

На вертикальных стойках помещается траверса 6, которая может перемещаться вверх или вниз по своим направляющим от самостоятельного электродвигателя. На траверсе размещены суппорты 7 и 8 с резцами для обработки горизонтальной плоскости детали. Оба суппорта имеют поперечную подачу по направляющим траверсы от своих электродвигателей. Вертикальная подача суппортов для снятия новой стружки может осуществляться перемещением траверсы.

Для обработки вертикальных плоскостей заготовок используются расположенные на стойках 2 и 3 суппорты 9 и 10. Эти суппорты также имеют самостоятельное вертикальное перемещение вдоль направляющих стоек.

Станки моделей 7231А применяются для обработки крупных деталей весом до 5 т с максимальной длиной строгания 3000 мм и шириной строгания до 1000 мм.

8.3. Инструмент для строгания

Строгальный резец (рис. 65, а) состоит из стержня А и режущей части или головки В. Головка резца имеет переднюю 1, главную 2 и вспо-

могательную 3 заднюю поверхности, главную 4 и вспомогательную 5 режущие кромки, а также вершину 6.

При сечении главной режущей кромки строгального резца плоскостью $N-N$, перпендикулярной поверхности резания (рис. 65, б), получают: главный передний γ и главный задний α углы, угол заострения β и угол резания δ . Кроме того, у строгального резца имеются главный φ и вспомогательный φ_1 углы в плане и угол при вершине ε .

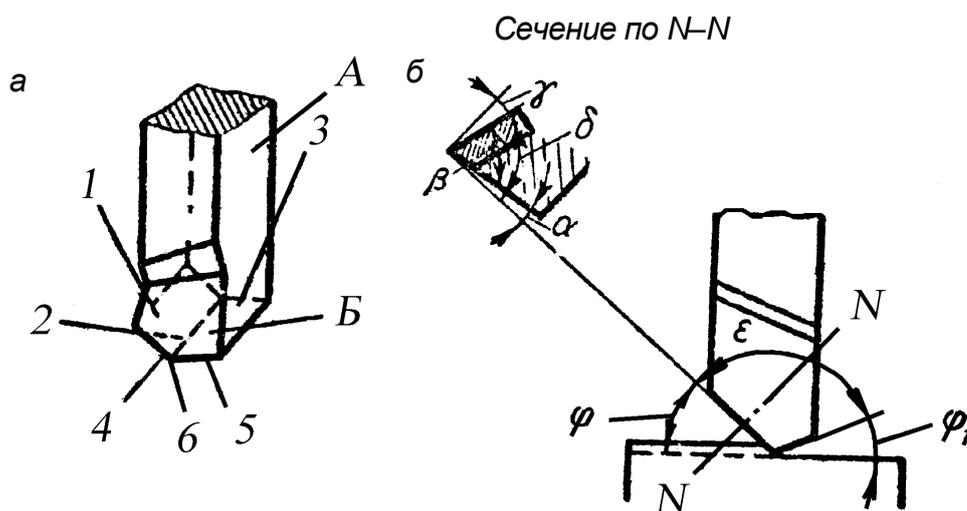


Рис. 65. Строгальный резец: а – основные части и элементы; б – углы резца; 1 – передняя поверхность головки резца; 2 – главная поверхность; 3 – вспомогательная поверхность; 4 – главная режущая кромка; 5 – вспомогательная кромка; 6 – вершина

Главный передний угол γ строгальных резцов в зависимости от твердости и прочности обрабатываемого материала выбирают в пределах 5–20°.

Главный задний угол α обычно изменяется от 6 до 14°.

Главный угол в плане φ для проходных строгальных резцов принимают 30–75°, угол φ_1 – 10–30°; для отрезных строгальных резцов φ_1 равен 2–3°.

По расположению режущей кромки строгальные резцы делятся на правые и левые; по расположению головки относительно стержня – на прямые и изогнутые; по виду выполняемой работы – на проходные, подрезные, отрезные и фасонные (рис. 66); по виду обработки – на черновые и чистовые.

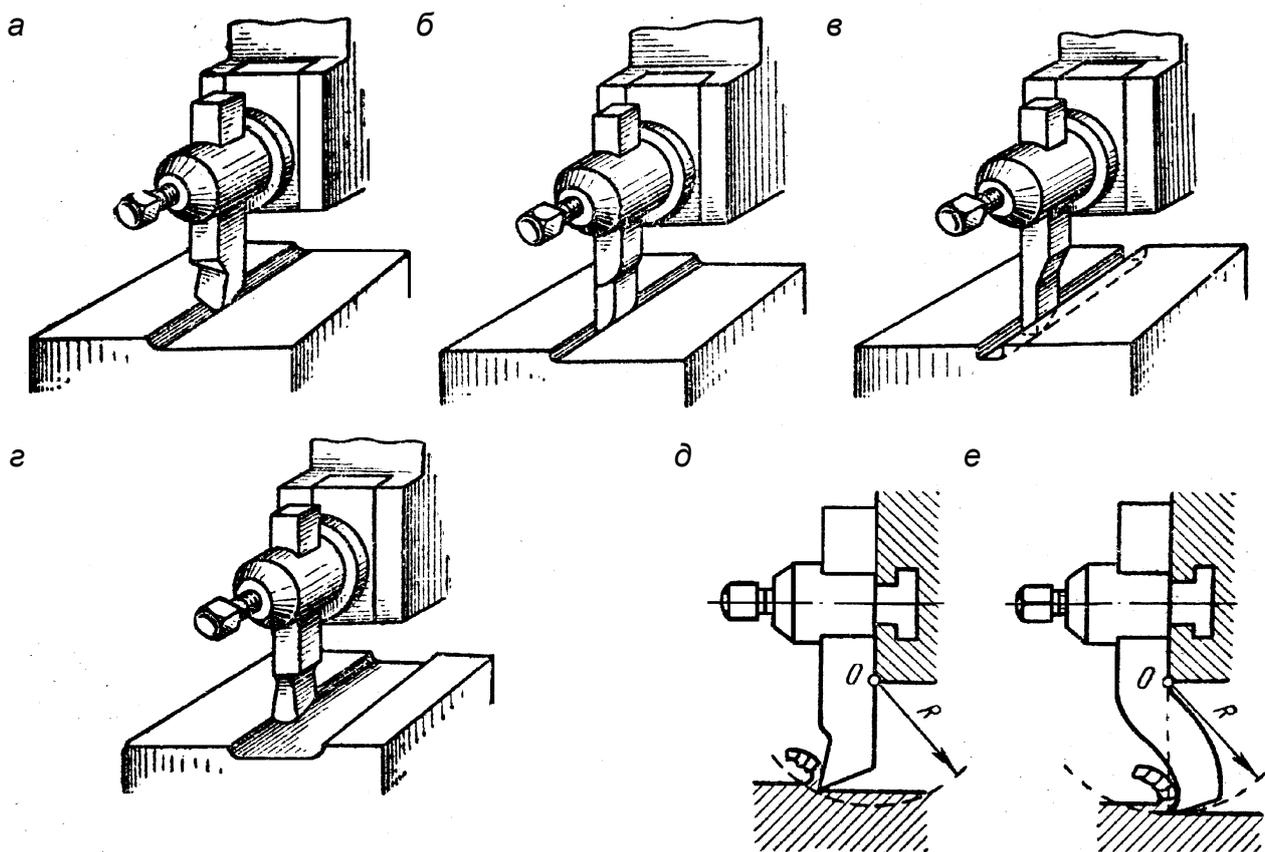


Рис. 66. Основные типы строгальных резцов: а – проходной; б – подрезной; в – отрезной; г – фасонный; д – прямой; е – изогнутый

Строгальные резцы изготовляют из быстрорежущей стали или с пластинками из твердых сплавов. В последнем случае стержень резца делают из углеродистой инструментальной стали.

8.4. Основные виды строгальных работ

Обработку *горизонтальных* плоскостей на поперечно- или продольно-строгальных станках осуществляют проходными резцами. При черновом строгании дают максимально возможную подачу и глубину резания (рис. 67, а). Кроме того, при черновой обработке крупных деталей для полного использования мощности и повышения производительности станков применяют специальные резцедержатели для закрепления двух, четырех и более резцов. Чистовое строгание выполняют широким чистовым резцом при минимальной глубине резания $t = 0,5-1$ мм.

Вертикальные плоскости обрабатывают на продольно-строгальных станках проходными резцами, закрепленными в горизонтально расположенных суппортах (на стойках) или на поперечно-строгальных станках подрезными и проходными резцами, установленными под некоторым углом к обрабатываемой поверхности (рис. 67, б).

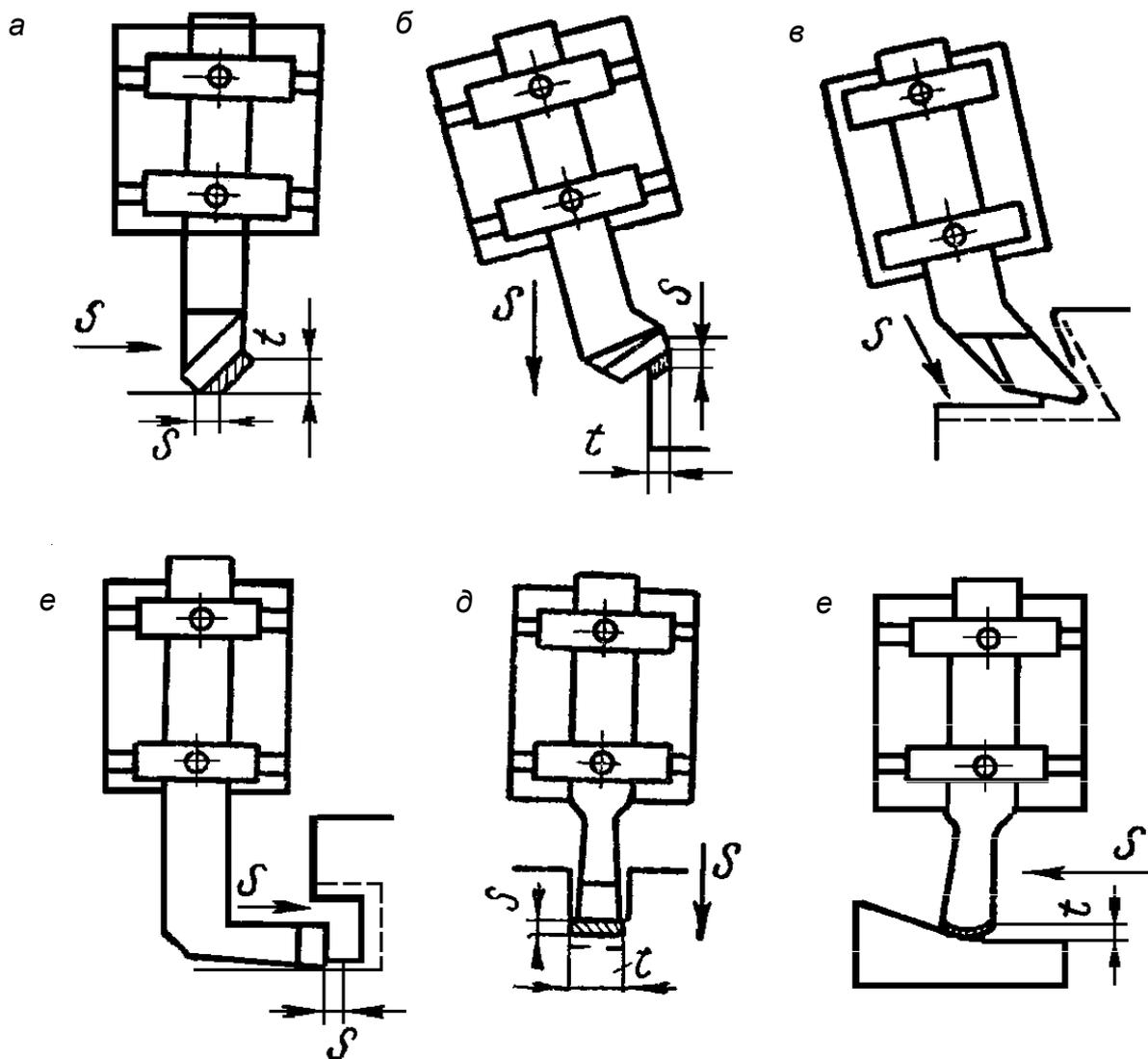


Рис. 67. Основные виды плоских и фасонных поверхностей пазов и канавок, обрабатываемых строганием: а – черновое строгание; б – обработка вертикальных плоскостей подрезными и проходными резцами; в – обработка наклонных поверхностей подрезными и проходными резцами специальных форм; г – строгание пазов изогнутыми резцами; д – строгание канавок прямыми резцами; е – обработка фасонных поверхностей

Обработку наклонных поверхностей (рис. 67, в) производят на продольно- и поперечно-строгальных станках проходными и подрезными резцами специальной формы или при наклонном положении суппорта. Подача резца осуществляется вручную параллельно обрабатываемой поверхности.

Наклонные поверхности можно также обрабатывать при помощи приспособлений, в которых закрепляют обрабатываемую деталь так, что ее наклонная поверхность принимает горизонтальное или вертикальное положение.

Строгание пазов и канавок (рис. 67, г, д) удобнее всего вести прорезными прямыми и изогнутыми резцами при вертикальной или поперечной подачах.

Обработку фасонных (криволинейных) поверхностей (рис. 67, е) производят фасонными резцами при поперечных и вертикальных подачах обычно с помощью копиров.

Закрепление обрабатываемых деталей на столе станка осуществляют чаще всего в машинных тисках, а также при помощи болтов, брусков, планок, накладок и т. д.

8.5. Долбежные станки

На рис. 68 приведен общий вид долбежного станка. На станине 1 коробчатой формы установлена колонна 8, внутри которой помещен электродвигатель привода 11.

На направляющих колонны 9 расположена долбежная головка 7, которая осуществляет возвратно-поступательное движение в вертикальной плоскости. В нижней части долбежной головки укреплен резцедержатель с резцом. Для установки длины хода долбежной головки относительно заготовки 5, закрепленной на столе 4, на головке имеется зажим 6.

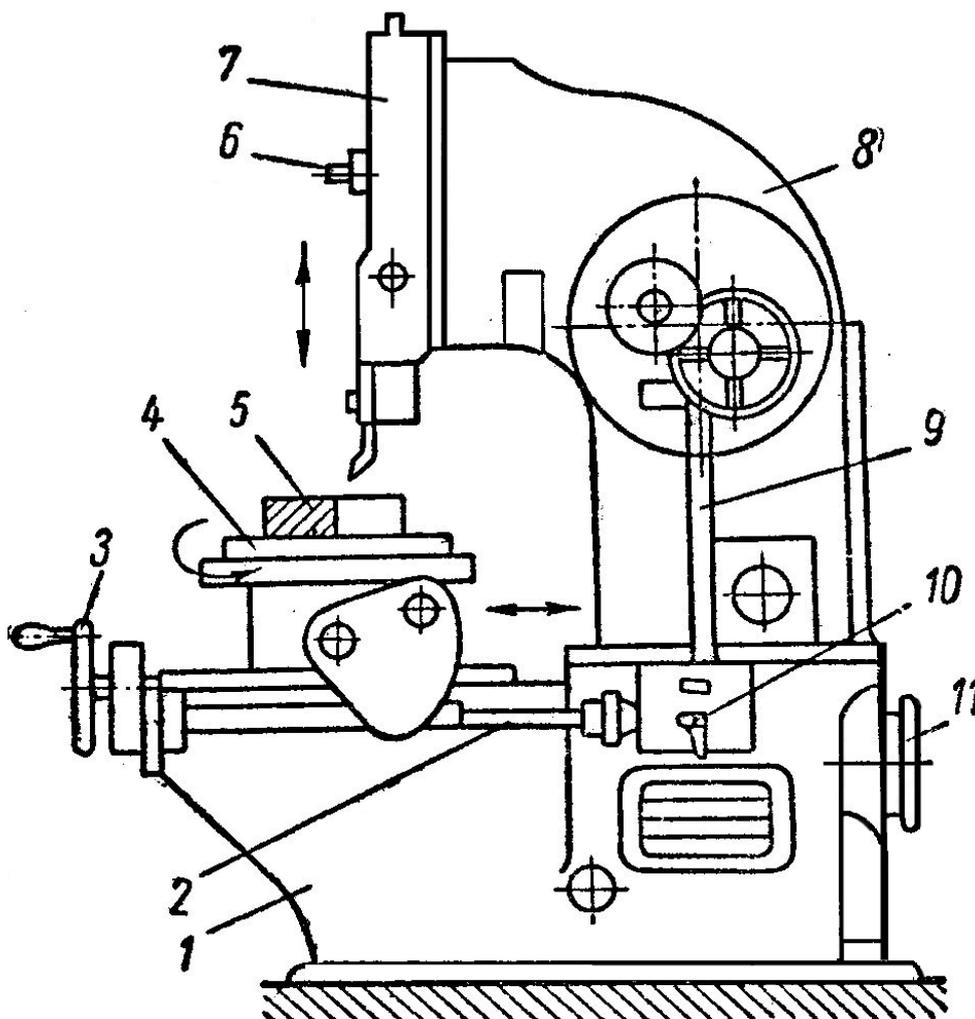


Рис. 68. Общий вид долбежного станка: 1 – станина; 2 – винт; 3 – маховик; 4 – стол; 5 – заготовка; 6 – зажим; 7 – долбежная головка; 8 – корпус; 9 – колонна; 10 – рукоят-

ка; 11 – электродвигатель

Долбежные станки чаще всего применяют для долбления шпоночных пазов, канавок, профильных отверстий и других подобных работ.

9. ОБРАБОТКА НА ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ

9.1. Шлифовальные станки

Шлифованием называется процесс обработки поверхностей деталей при помощи шлифовальных кругов. В большинстве случаев шлифование является отделочной операцией, обеспечивающей высокую точность размеров и хорошее качество обрабатываемой поверхности.

Шлифовать можно плоские, цилиндрические, конические и различные фасонные поверхности деталей, изготовленных как из мягких, так и из самых твердых (в том числе закаленных) металлов и сплавов.

Применяются различные виды шлифования – наружное круглое, внутреннее круглое, плоское, бесцентровое наружное и др. (рис. 69).

Рассмотрим элементы режима резания наиболее распространенного вида обработки поверхностей детали – наружного круглого шлифования в центрах по способу продольной подачи. Этот вид шлифования характеризуется: 1) скоростью резания; 2) подачей; 3) глубиной резания; 4) машинным временем.

Скорость резания V_k при наружном круглом шлифовании представляет собой окружную скорость шлифовального круга. Скорость резания выражают в метрах в секунду, выбирают в пределах 30–50 м/с, а в ряде случаев и выше. При наружном круглом шлифовании вращению подвергают также и обрабатываемую деталь; скорость ее вращения составляет 15–50 м/мин.

Подачей S при наружном круглом шлифовании является величина перемещения обрабатываемой детали за один оборот вдоль своей оси (продольная подача); подачу выражают в миллиметрах на оборот детали.

Глубина резания t (поперечная подача) – это толщина слоя металла, снимаемого шлифовальным кругом за один проход (рис. 69, а).

Машинное время T_m при наружном круглом шлифовании представляет собой время, затрачиваемое непосредственно на процесс резания металла шлифовальным кругом за один проход. Машинное время определяют, исходя из длины продольного хода стола, припуска на сторону диаметра детали, числа оборотов детали, подачи и точности обработки.

При расчете мощности электродвигателя для вращения шлифовального круга и обрабатываемой детали учитывают силу резания, скорость вращения круга и детали.

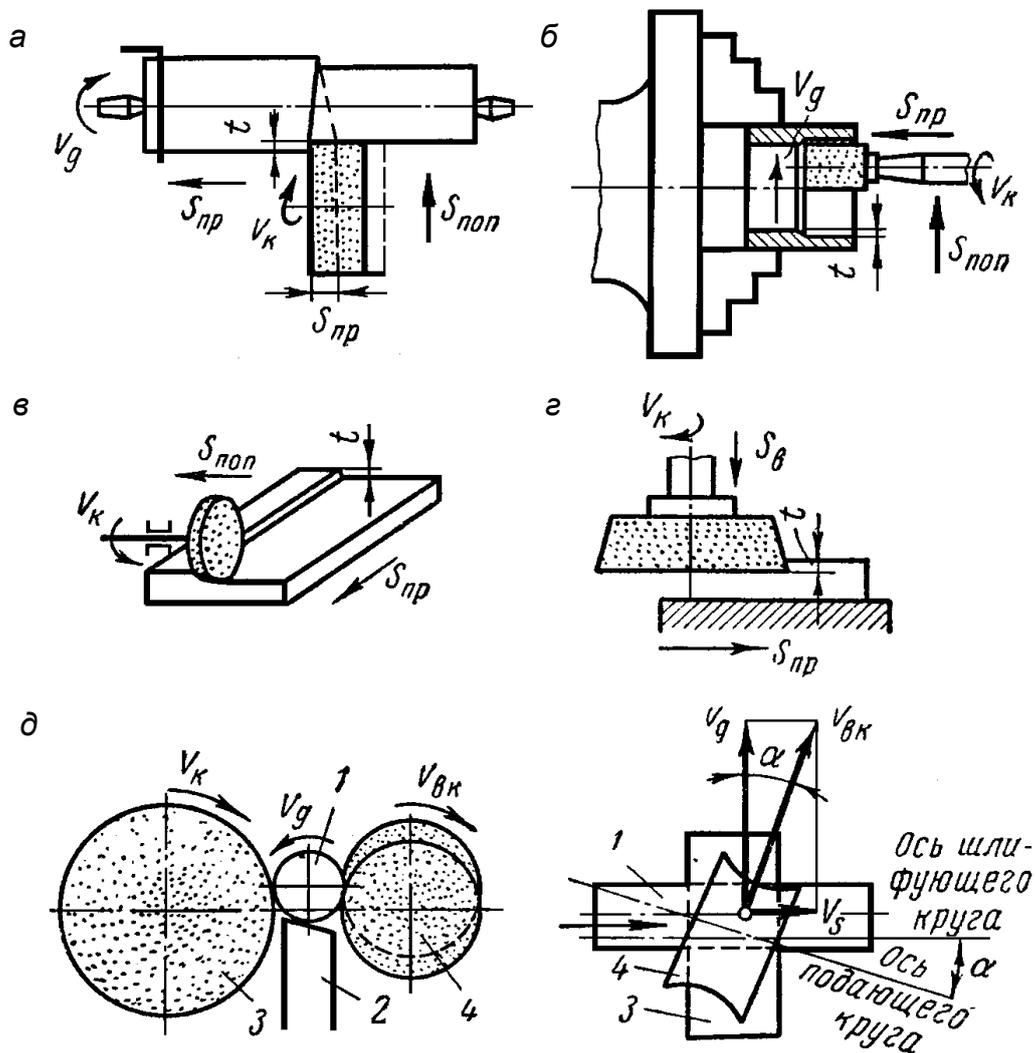


Рис. 69. Основные виды шлифования: а – наружное круглое; б – внутренне круглое; в – плоское периферией круга; г – плоское торцом круга; д – бесцентровое наружное; 1 – деталь; 2 – упор; 3 – шлифовальный круг; 4 – ведущий круг

Наружное круглое шлифование в центрах осуществляется путем продольной и поперечной подачи, а также глубинным способом.

При шлифовании способом продольной подачи (рис. 69, а) шлифовальный круг осуществляет главное вращательное движение V_k , а обрабатываемая деталь – вращательное движение вокруг своей оси V_d и поступательное движение продольной подачи S_{np} вдоль оси. Глубину шлифования t устанавливают поперечной подачей шлифовального круга.

При шлифовании способом поперечной подачи, или способом врезания, шлифовальный круг получает главное вращательное движение V_k вокруг оси и поперечное движение подачи S_{non} , а обрабатываемая деталь – только вращательное движение V_d . Этот способ применяют для шлифования деталей, имеющих небольшую длину обрабатываемой поверхности, полностью перекрываемую шириной шлифовального круга.

Глубинный способ шлифования характерен тем, что шлифовальный круг устанавливается обычно на полную глубину шлифования t и получает главное вращательное движение V_k , а обрабатываемая деталь – вращательное вокруг оси V_d и продольную подачу S_{np} вдоль оси детали. Этим способом обычно шлифуют короткие и жесткие валики.

Внутреннее круглое шлифование (рис. 69, б) применяют при обработке сравнительно коротких деталей, закрепляемых в кулачковых патронах. Шлифовальный круг осуществляет главное вращательное движение V_k и продольное движение подачи S_{np} ; обрабатываемая заготовка – только вращательное движение вокруг оси V_d . Глубину резания t устанавливают поперечной подачей круга.

Плоское шлифование производят наружной частью (периферией) и торцом шлифовального круга.

При шлифовании периферией круга (рис. 69, в) шлифовальный круг выполняет главное вращательное движение V_k и поперечную подачу S_{non} , а обрабатываемая заготовка, укрепляемая на столе станка, – возвратно-поступательное продольное движение подачи S_{np} . Глубину резания t устанавливают путем вертикальной подачи круга. Кроме того, стол с деталью может вращаться в горизонтальной плоскости (по принципу карусельных станков), а круг – радиально перемещается относительно стола.

При шлифовании торцом круга (рис. 69, г) обрабатываемая деталь осуществляет то же движение, что и при шлифовании периферией круга, а шлифовальный круг – главное вращательное движение V_k вокруг вертикальной оси. Глубину резания устанавливают путем вертикальной подачи вдоль оси круга.

Бесцентровое наружное шлифование (рис. 69, д) состоит в том, что цилиндрическую обрабатываемую деталь 1, поддерживаемую упором 2, пропускают путем продольной подачи между шлифующим 3 и ведущим 4 кругами. Шлифующий круг осуществляет процесс снятия стружки, а ведущий, или подающий, круг, расположенный под некоторым углом α к оси шлифующего круга, обеспечивает вращение детали и ее продольную подачу. В результате поворота оси ведущего круга его окружная скорость $V_{вк}$

раскладывается на две составляющие – скорость вращения детали V_0 и скорость продольной подачи $V_{вк} = \mu \cdot \sin \alpha$, где μ – коэффициент проскальзывания детали по ведущему кругу ($\mu = 0,94–0,98$).

Угол α обычно принимают в $1–5^\circ$; чем больше угол α , тем больше продольная подача, и наоборот.

Для обеспечения лучшего контакта с деталью ведущий круг делают не цилиндрическим, а вогнутым (форма гиперболоида вращения).

Если ось ведущего круга установить параллельно оси шлифующего круга, то $V_s = 0$ и осевая подача детали будет отсутствовать. Этим пользуются при шлифовании деталей с выступами.

Каждый из рассмотренных видов шлифования имеет свою специфическую форму шлифовального круга и конструкцию станка.

Шлифовальные станки по конструктивным и технологическим признакам (виду выполняемой работы) разделяются на круглошлифовальные, внутришлифовальные, плоскошлифовальные, специализированные, заточные и доводочные.

В подгруппу круглошлифовальных станков входят станки для круглого шлифования в центрах, бесцентровые, полуавтоматы и автоматы; в подгруппу внутришлифовальных – простые, планетарные, бесцентровые, полуавтоматы и автоматы; в подгруппу плоскошлифовальных – продольные и карусельные, работающие периферией и торцом круга, полуавтоматы и автоматы; к специализированным относятся зубошлифовальные, резьбошлифовальные, копировально-шлифовальные, для шлифования шлицевых валиков, шаров и т. д.; к заточным – универсальные для заточки разных инструментов и специальные для заточки инструмента определенного типа. Доводочные станки по применению абразивного инструмента подразделяются на работающие шлифовальным кругом, порошком и полировальными пастами. Имеется несколько моделей каждого типа шлифовальных станков.

На рис. 70 приведен общий вид универсального круглошлифовального станка. Основными деталями и узлами станка являются: станина 7, нижняя часть стола 6, верхняя часть стола 5, бабка шлифовального круга 2, передняя бабка 1, задняя бабка 4.

Верхняя часть стола может быть повернута на некоторый угол к оси шпинделя шлифовального круга для обработки пологих конусов. Заготовки с большим углом конуса шлифуют при повернутой на заданную величину бабке шлифовального круга.

Угловое расположение круга рекомендуется при одновременном шлифовании шейки вала и торца. При такой технологической схеме то-

рец заготовки шлифуется периферией круга, что уменьшает контакт круга с заготовкой, обеспечивая улучшение чистоты обработанной поверхности и исключая возможности прижогов.

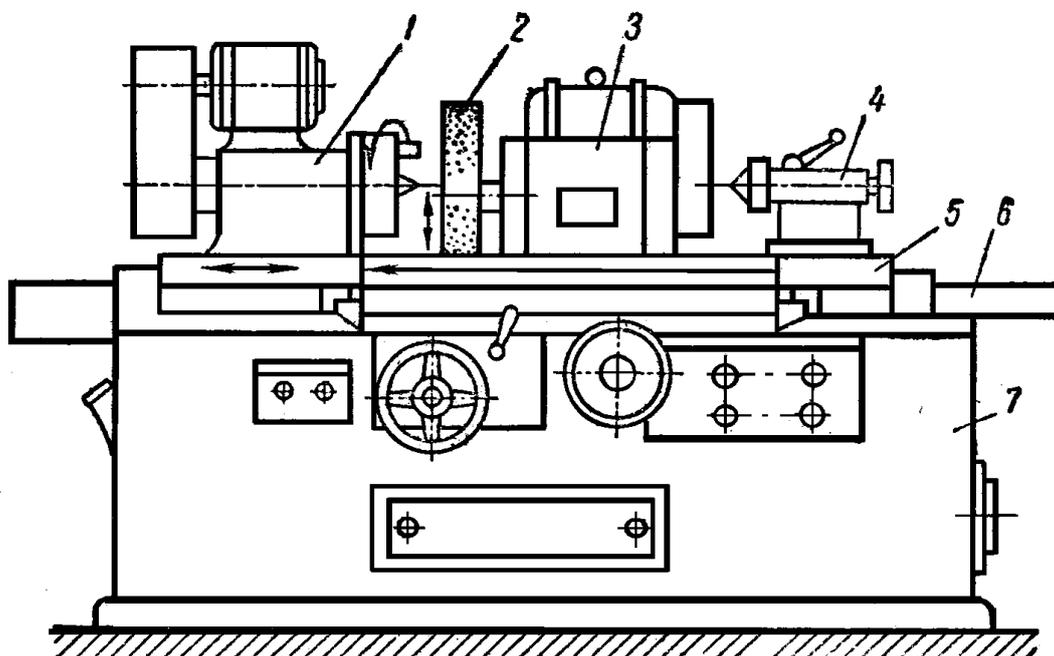


Рис. 70. Общий вид круглошлифовального станка: 1 – передняя бабка; 2 – шлифовальный круг; 3 – бабка шлифовального круга; 4 – задняя бабка; 5 – верхняя часть стола; 6 – нижняя часть стола; 7 – станина

На рис. 71 приведена упрощенная кинематическая схема универсального плоскошлифовального станка модели ЗБ722. Станок имеет ряд кинематических цепей, основные из которых – цепь вращения шлифовального круга; цепь ручной и автоматической вертикальной подачи шлифовальной бабки; цепь ручного поперечного перемещения шлифовальной бабки; цепи управления гидрокоробкой стола и гидрокоробкой подач шлифовальной бабки и др.

Наиболее простой является цепь вращения шлифовального круга. Шпиндель круга получает вращение от фланцевого электродвигателя АО62-4 мощностью 10 кВт с числом оборотов 1460 в минуту через игольчатую муфту.

Механизмы цепи ручной и автоматической вертикальной подачи шлифовальной бабки осуществляют следующие основные движения: а) при ручной подаче от маховика *A* движение передается через шестерни 1 и 2 и кулачковую муфту *B* конической паре 3 и 4 и далее на гайку 5, которая связана с ходовым винтом 6; б) при автоматической подаче, осуществляемой от гидропривода, в момент реверса поперечной подачи шлифовальной бабки подается масло в ту или иную полость плунжера механизма подачи, благодаря чему перемещается плунжерная рейка 7. Рейка 7 через шестерню 8 вращает кривошип *B*, который через шатун *Г* и

систему рычагов поворачивает храповик 9, жестко соединенный с маховиком *A*. Далее движение передается по описанной выше цепи к винту *б*.

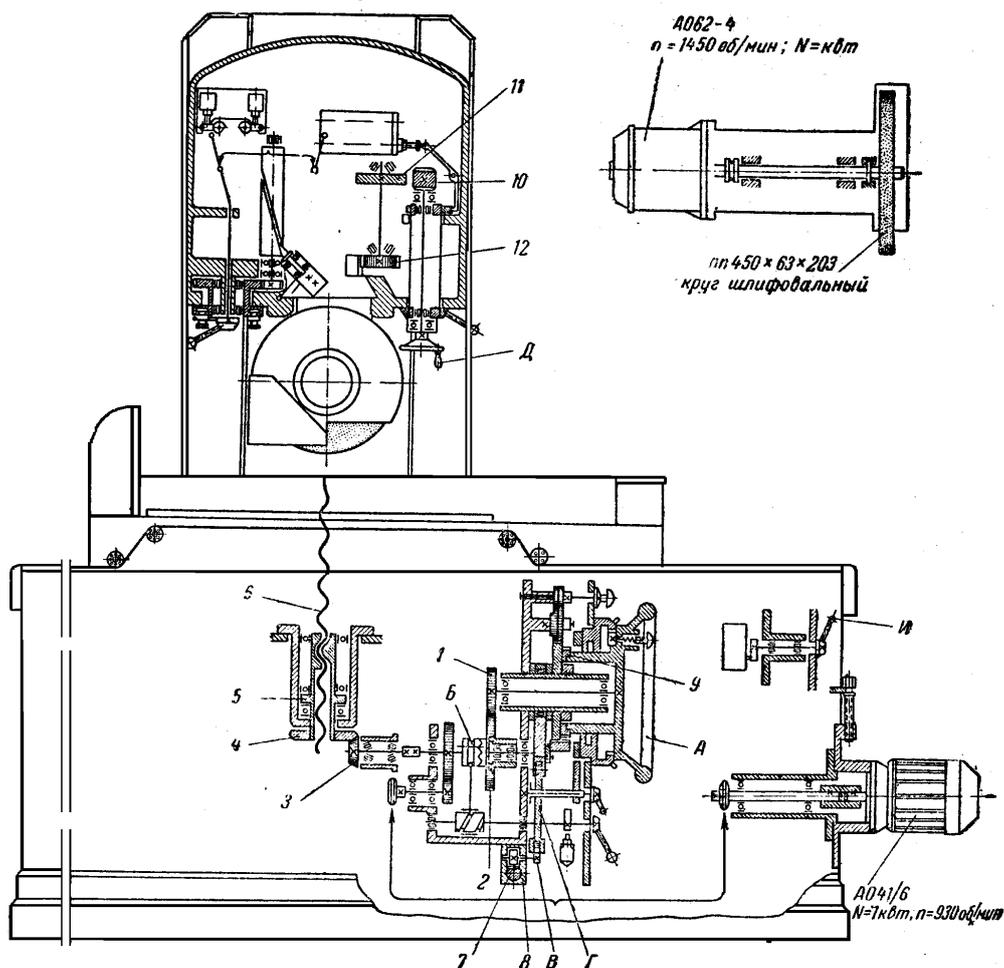


Рис. 71. Кинематическая схема универсального плоскошлифовального станка модели 3Б722

Для ручного поперечного перемещения шлифовальной бабки вращение от маховика *Д* через червячную передачу *10* и *11* передается ременной шестерне *12*.

Автоматическая поперечная подача шлифовальной бабки гидрокоробкой подач осуществляется рукояткой *И*, с помощью которой переключается соответствующий плунжер в гидрокоробке подач шлифовальной бабки и производится подача на каждый ход стола.

9.2. Инструмент для шлифования

Шлифовальный круг состоит из абразивных зерен и связки. Абразивные зерна непосредственно осуществляют процесс резания при шлифовании, а связка удерживает зерна в теле круга. Между зернами и связкой имеются поры, благодаря которым зерна выполняют роль отдельных резцов; поры служат также местом для выхода стружки.

Шлифовальные круги характеризуются формой и размерами, видом абразивного материала, величиной зерна (зернистостью), типом связки, твердостью и внутренней структурой.

По форме шлифовальные круги бывают:

1) плоские прямого профиля (рис. 72, а) для наружного круглого, внутреннего, бесцентрового и плоского шлифования;

2) плоские конического профиля (рис. 72, б, в) для шлифования резьбы, зубьев шестерен и т. д.;

3) плоские с выточкой (рис. 72, г) для круглого шлифования с подрезкой торца;

4) круги-диски толщиной от 0,5 до 5 мм (рис. 72, д) для отрезных и прорезных работ;

5) круги-кольца и круги-чашки (рис. 72, е, ж, и) для плоского шлифования торцом круга.

Основные размеры шлифовального круга – наружный D и внутренний d диаметры и высота H . Круги плоские прямого профиля обычно имеют наружный диаметр в пределах от 3 до 1100 мм, высоту (толщину круга) – от 6 до 200 мм.

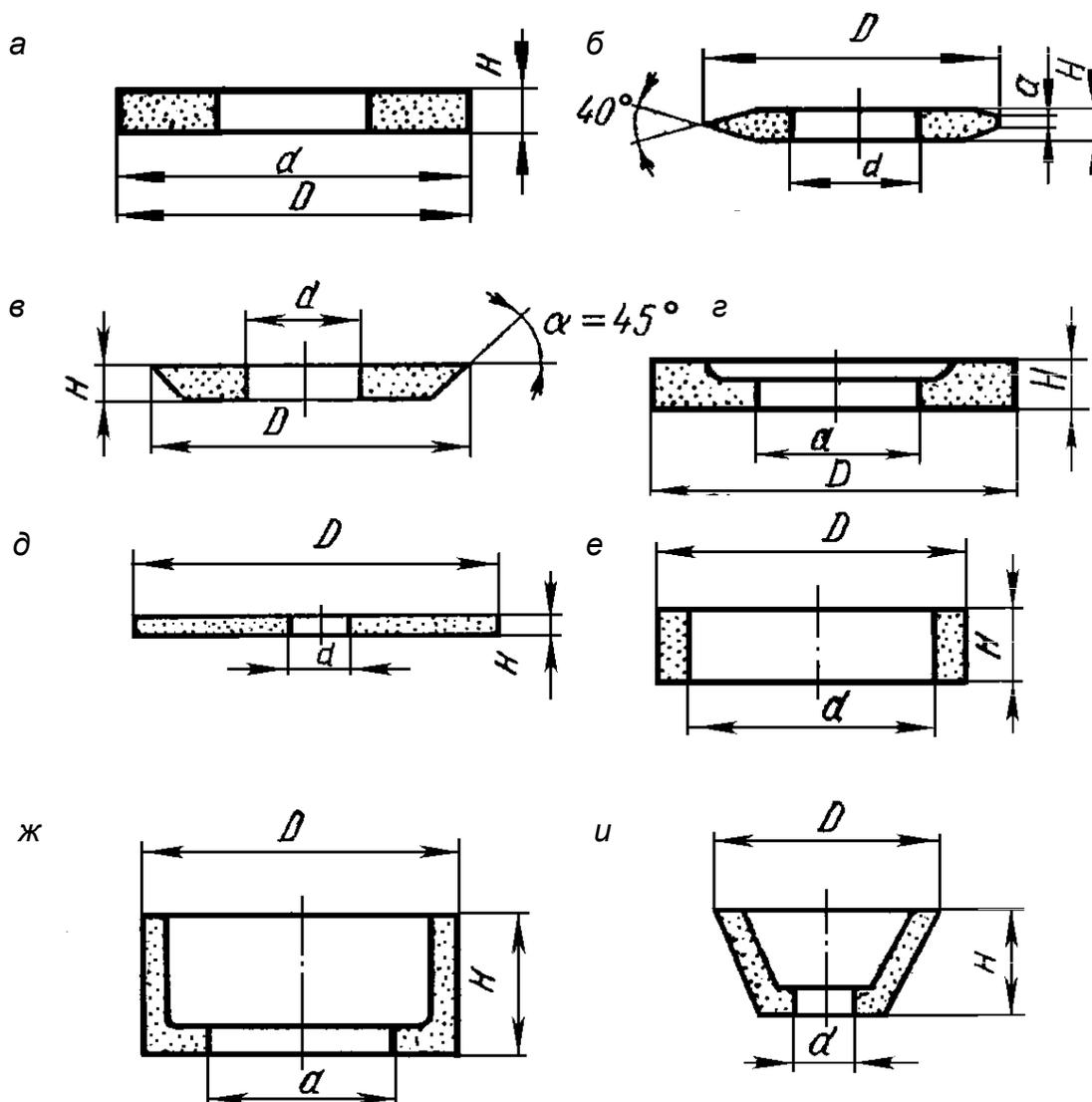


Рис. 72. Формы шлифовальных кругов: а – плоские прямого профиля; б, в – плоские конического профиля; г – плоские с выточкой; д – круги-диски; е, ж, и – круги-кольца и круги-чашки

Режущим инструментом на шлифовальных станках является шлифовальный абразивный круг. Шлифовальные абразивные круги состоят из мелких зерен абразивных материалов, сцементированных между собой связкой. Твердость абразивных материалов значительно выше твердости закаленной стали. Шлифовальные круги изготовляют из абразивных материалов естественного (алмаз, корунд, наждак) и искусственного происхождения (электрокорунд, карборунд, или карбид кремния, и карбид бора).

По ГОСТ 4785–59 шлифовальные круги изготовляют из следующих искусственных абразивных материалов: нормального и белого электрокорунда; черного и зеленого карбида кремния. Электрокорунд – это кристаллическая окись алюминия (Al_2O_3), получаемая плавкой в электрических печах бокситовой руды. Белый электрокорунд содержит несколько

больше окиси алюминия; его режущая способность выше, чем нормального электрокорунда.

Важнейшим параметром, определяющим режущие свойства шлифовального круга, является его зернистость (обозначаемая номером), т. е. размеры зерен (иначе «крупность» зерен) абразивных материалов, из которых состоит круг. Зерна абразивных материалов обладают очень высокой твердостью и теплостойкостью, имеют острые кромки, получающиеся при дроблении кусков, и способны резать весьма твердые металлы (отбеленную корку чугуна, закаленную сталь и т. п.).

Зернистость шлифовального круга оказывает влияние на качество шлифуемой поверхности: чем мельче зерно круга, тем более чистой получается поверхность.

Зернистость шлифовальных кругов обозначают номером, соответствующим числу отверстий на один погонный дюйм сита, через которое просеивают абразивный материал после его измельчения.

Размеры зерен определяются размерами сторон ячеек контрольных сит, применяемых для анализа зернистых абразивных материалов. Так, например, номер зернистости «16» означает, что абразивные зерна этой зернистости проходят через сито с ячейками размером стороны 200 мк и не проходят через сито с ячейками размером стороны 160 мк.

Для изготовления шлифовальных кругов берут абразивные зерна от № 10 до № 90; шлифовальные порошки – от № 100 до № 320; микропорошки марок – от М28 до М5. Крупнозернистые круги (до № 24) применяют для чернового шлифования; среднезернистые (до № 60) – для обычного шлифования и заточки инструмента; мелкозернистые (до № 120) – для чистового шлифования. Круги с очень мелкими зернами (№ 120–320 и микропорошки) используют для шлифования резьб.

Связку, скрепляющую абразивные зерна, изготавливают на неорганической или органической основе – керамической, силикатной, магнетитовой, бакелитовой и вулканитовой. Наибольшее распространение в машиностроении получила керамическая связка, которую готовят из огнеупорной глины, полевого шпата и кварца.

Достоинства керамической связки – огне- и водостойкость, большая производительность.

Бакелитовая (органическая) связка – синтетическая смола. Круги на бакелитовой связке прочны и упруги, но плохо переносят воздействие охлаждающей жидкости.

Другой вид органической связки – вулканитовая связка, состоящая из каучука (резины) и серы. Круги на вулканитовой связке прочны и водостойки, позволяют работать с большой окружной скоростью, но сравнительно быстро засаливаются.

Твердость шлифовального круга характеризуется сопротивляемостью связки вырыванию абразивных зерен с поверхности круга под действием внешних сил.

В России приняты семь классов твердости абразивных кругов, причем каждый класс подразделяют по степени твердости. Обозначения кругов различной твердости приведены в табл. 14.

Таблица 14

Название и обозначение класса твердости круга		Обозначения подразделений классов твердости
Мягкий	– М	М1; М2; М3
Среднемягкий	– СМ	СМ1; СМ2
Средний	– С	С1; С2
Среднетвердый	– СТ	СТ1; СТ2; СТ3;
Твердый	– Т	Т1; Т2
Весьма твердый	– ВТ	ВТ1; ВТ2
Чрезвычайно твердый	– ЧТ	ЧТ1; ЧТ2

Правильный выбор твердости круга оказывает существенное влияние на процесс шлифования и прежде всего на самозатачиваемость круга. Самозатачиваемость – это выкрашивание из круга затупленных зерен и обнажение новых зерен с острыми гранями. Если для шлифования данного материала выбран слишком твердый круг, зерна не будут выкрашиваться и, следовательно, самозатачивания не произойдет, что приведет к засаливанию круга и ожогу шлифуемой поверхности; из слишком мягкого круга зерна могут осыпаться, и он потеряет свою форму. Обычно для шлифования мягких материалов выбирают твердые круги, и наоборот.

Шлифовальные круги подвергают правке для восстановления его режущей способности, потерянной в результате засаливания и затупления, для исправления геометрической формы изношенного круга и обеспечения правильного расположения рабочей поверхности круга относительно оси его вращения после установки на шлифовальном станке. Применяют правку шарошками, твердосплавными роликами, абразивными дисками и алмазами.

Под правкой круга понимается процесс удаления с его поверхности слоя изношенных или засалившихся абразивных зерен.

Объемное соотношение абразивных зерен, связки и пор характеризует структуру круга. Структуру круга обозначают номерами от 0 до 12. С увеличением структуры на один номер объем зерен в круге уменьша-

ется на 2 %, а объем связки увеличивается на 2 % при постоянном общем объеме пор, но изменении их величины.

Круги с мелкими порами (структуры № 0–3) применяют для шлифования твердых и хрупких материалов, когда требуется высокая чистота поверхности; круги с порами среднего размера (структуры № 4–7) – для наружного круглого шлифования, а также для плоского шлифования мягких металлов; круги с открытыми порами (структуры № 8–12) —для скоростного шлифования.

Характеристика шлифовальных кругов находит отражение в их маркировке, в которой указывается также завод-изготовитель; например, марка «З-д Ильича Э46СМ25К ПП500×150×305 35 м/с» обозначает, что круг изготовлен на заводе имени Ильича из электрокорунда, имеет зернистость № 46, твердость СМ2, структуру № 5 на керамической связке, плоскую форму прямого профиля размером 500×150×305 мм, допускаемую скорость вращения 35 м/с. Иногда в маркировке не указывают структуру круга.

9.3. Основные виды шлифовальных работ

На шлифовальных станках можно выполнять шлифование наружных и внутренних цилиндрических, конических и фасонных поверхностей, шлифование плоских поверхностей, зубчатых колес, резьбы и другие шлифовальные работы с применением соответствующих кругов и приспособлений [11].

Шлифование *наружных цилиндрических поверхностей* производят на круглошлифовальных станках, применяя способы продольной и поперечной подачи или глубинный способ. Такие поверхности можно также шлифовать на бесцентровых станках при работе по методу продольной подачи или при шлифовании до упора.

На рис. 73, а, показано шлифование цилиндрической поверхности на бесцентровом станке методом продольной подачи. Цилиндрическая деталь 1 по загрузочным валикам 2 и 3 подается к вращающимся шлифующему 4 и ведущему 5 кругам, захватывается ими и поступает в рабочую зону для шлифования; здесь деталь поддерживается упором (ножом) 6. Отшлифованное изделие из рабочей зоны поступает на выходные направляющие планки 7.

За один проход шлифовальный круг снимает слой металла толщиной 0,02–0,3 мм (на диаметр заготовки).

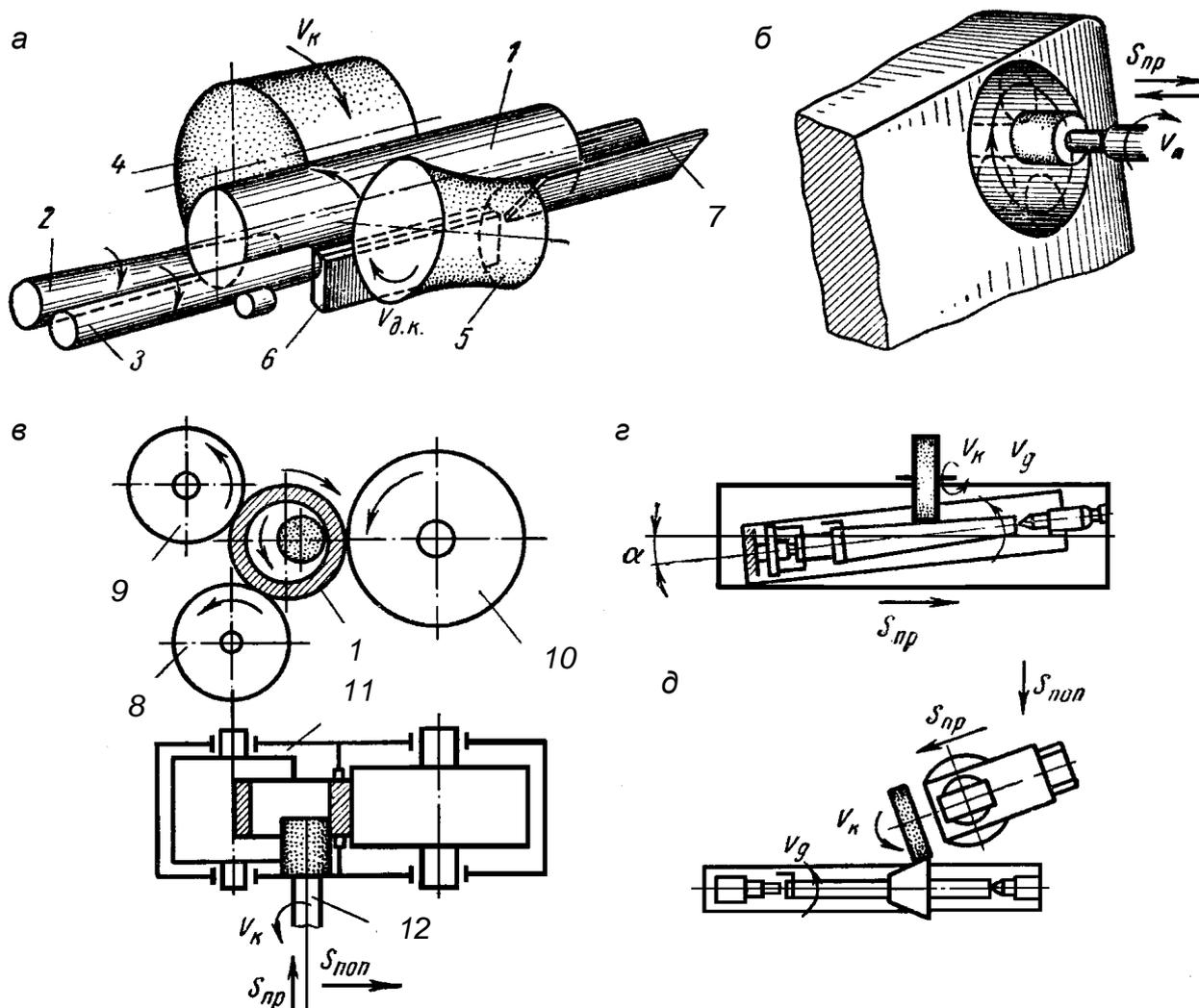


Рис. 73. Основные виды шлифования наружных, внутренних и конических поверхностей: а – шлифование цилиндрической поверхности; б – обработка внутреннего цилиндрического отверстия; в – шлифование отверстий колец; г, д – шлифование наружных конических поверхностей; 1 – деталь; 2, 3 – загрузочные валики; 4 – шлифующий круг; 5 – ведущий круг; 6 – упор; 7 – направляющие планки; 8 – поддерживающий ролик; 9 – прижимной ролик; 10 – ведущий ролик; 11 – корпус; 12 – шпиндель

Шлифование до упора применяется для обработки ступенчатых деталей.

Внутренние цилиндрические поверхности шлифуют на внутришлифовальных, планетарно-шлифовальных и бесцентровых станках.

Внутреннее шлифование применяют главным образом при обработке точных отверстий в закаленных деталях, а также в случаях, когда по каким-либо причинам невозможно использовать другие, более производительные методы точной обработки отверстий, например алмазное растачивание, хонингование и др.

Существуют две основные разновидности внутреннего шлифования: 1) шлифование отверстия во вращающейся заготовке и 2) шлифование отверстия в неподвижной заготовке.

Первый способ применяют при шлифовании отверстий в небольших по размерам заготовках, преимущественно представляющих собой тела вращения, например, отверстий в зубчатых колесах, в кольцах шарико- и роликоподшипников, а второй – при шлифовании отверстий в заготовках корпусных деталей, которые неудобно или невозможно закрепить в патроне станка.

В обоих случаях осуществляется продольная подача шлифовального круга вдоль оси шлифуемого отверстия; в первом случае – движением шпиндельной головки, во втором – движением стола.

Наиболее существенное отличие внутреннего шлифования от наружного круглого шлифования заключается в том, что обработка производится кругом малого диаметра. Как правило, диаметр круга при внутреннем шлифовании составляет 0,7–0,9 диаметра шлифуемой заготовки.

В обычных конструкциях шпиндельных головок окружная скорость круга при шлифовании отверстий малого диаметра большей частью не превышает 10 м/с и возрастает с увеличением размеров головок в соответствии с увеличением диаметров шлифуемых ими отверстий, доходя до 30 м/с при диаметрах отверстий свыше 30 мм. Относительно малая жесткость шпинделя шлифовального круга ограничивает величину глубины резания (поперечной подачей), составляющей (в зависимости от диаметра шлифуемого отверстия) при предварительном шлифовании стали и чугуна 0,5–0,02 мм и при чистовом шлифовании – 0,002–0,01 мм на один двойной ход. Меньшие значения поперечной подачи применяют при диаметрах отверстий, не превышающих 40 мм, и при больших отношениях длины отверстия к его диаметру. Во всех случаях внутреннее шлифование производят с продольной подачей. Величина продольной подачи составляет, как и при круглом наружном шлифовании, 0,4–0,8 ширины круга – при предварительном шлифовании и 0,25–0,4 ширины круга – при чистовом, причем меньшие значения применяют при отношении длины отверстия к диаметру, равном трем.

Для обработки внутреннего цилиндрического отверстия деталь небольших размеров закрепляют в патроне станка и сообщают ей вращательное движение (рис. 73, б). Шлифовальный круг прямого плоского профиля имеет вращательное движение и две подачи: продольную вдоль оси и поперечную (радиальную) после каждого прохода. Круг должен иметь перебеги на $\frac{1}{3}$ своей высоты.

Крупные детали, которые неудобно или невозможно закреплять в патронах, устанавливают на столе планетарно-шлифовального станка, шпиндель круга которого вращается не только вокруг своей оси, но и вокруг оси обрабатываемого отверстия (см. рис. 73, б); кроме того, шлифовальный круг получает продольную подачу вдоль оси.

Отверстия колец (рис. 73, в) шлифуют на бесцентровой станке. Обрабатываемая деталь 1 вводится в рабочую зону и устанавливается между поддерживающим 8, прижимным 9 и ведущим 10 стальными роликами, находящимися в общем корпусе 11. Ролик 9, вращаясь на оси рычага, с заданным усилием прижимает обрабатываемую деталь к ведущему и поддерживающему роликам. Ведущий ролик, получающий движение от привода, вращает деталь со скоростью 40–60 м/мин. Осевым усилием, возникающим благодаря тому, что ось ведущего ролика повернута примерно на полградуса, деталь торцом прижимается к упору и шлифуется кругом, закрепленным на шпинделе 12. Шлифование обеспечивается благодаря силе трения, возникающей между ведущим роликом и деталью.

Бесцентровое шлифование обеспечивает очень высокую точность обработки.

Шлифование наружных *конических поверхностей* производят на круглошлифовальных станках путем поворота: 1) стола на угол конусности обрабатываемой детали (рис. 73, а); 2) шлифовальной бабки (рис. 73, б) и 3) передней бабки вместе с закрепленной в кулачковом патроне короткой шлифуемой деталью.

Наружные конические поверхности обрабатывают также заправкой шлифовального круга на конус, при этом улучшение качества шлифования детали достигается продольным колебательным движением круга. Внутренние конические поверхности шлифуют на бесцентровых станках путем поворота корпуса 12 (рис. 73, в) и детали на необходимый угол конусности, а также на внутришлифовальных станках путем поворота на определенный угол передней бабки с закрепленной деталью.

Фасонные поверхности отделяют на кругло- и плоскошлифовальных станках. К фасонному шлифованию относят также обработку направляющих станин сложной формы (рис. 74, а).

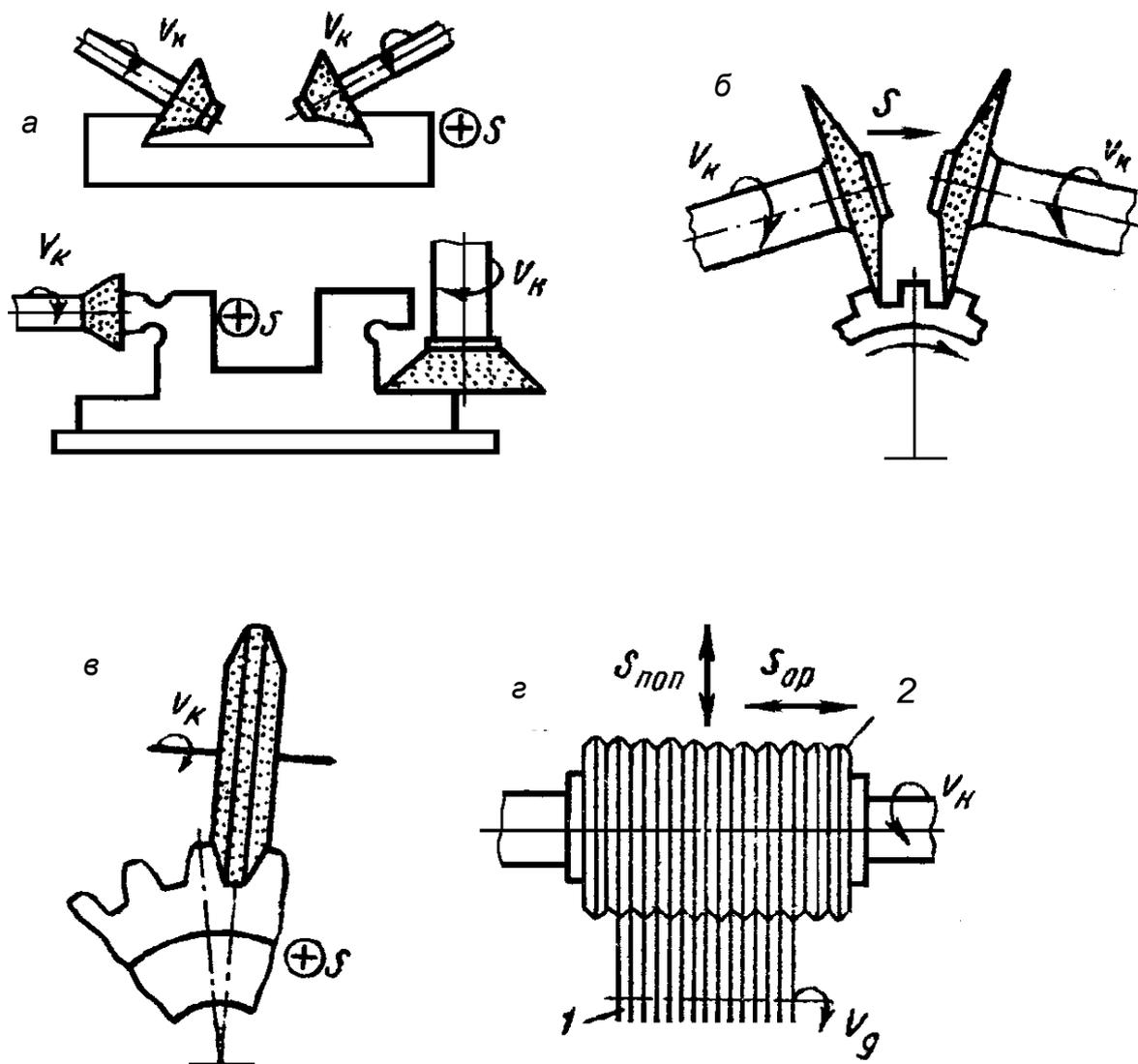


Рис. 74. Основные виды шлифования фасонных поверхностей, зубчатых колес и резьбы: а – обработка направляющих станин сложной формы; б – шлифование тарельчатыми кругами; в – профильное копирование; г – отделка резьбы; 1 – деталь; 2 – шлифовальный круг

Шлифование *зубчатых колес* осуществляют на зубошлифовальных станках методом обкатки или профильным копированием, применяя фасонные шлифовальные круги.

При обкатке зубья шлифуют двумя тарельчатыми кругами (рис. 74, б), которые устанавливают так, чтобы их торцы, обращенные к шпинделям, совпадали с боковыми сторонами зубьев. Боковые профили зубьев обрабатывают при сложных движениях зубчатого колеса и шлифовальных кругов.

При методе профильного копирования (рис. 74, в) зубья шлифуют фасонным кругом, имеющим форму впадины между зубьями. Таким шлифовальным кругом одновременно обрабатывают оба боковых профиля зубьев колеса.

Отделку *резьбы* производят на резьбошлифовальных станках однониточными или многониточными профильными шлифовальными кругами. Резьбошлифование бывает наружное и внутреннее. При наружном шлифовании резьбы многониточным кругом (рис. 74, *з*) деталь 1 устанавливают между центрами станка. Шлифовальный круг 2, укрепленный на шпинделе шлифовальной бабки, вращается от отдельного привода и имеет продольное перемещение на один шаг за один оборот детали.

Плоские поверхности шлифуют на плоскошлифовальных станках. Крупные детали закрепляют на столе станка при помощи упоров, планок и других приспособлений, а мелкие детали – при помощи электромагнитных плит.

Плоскости шлифуют периферией или торцом шлифовального круга.

На рис. 75 приведены различные схемы шлифования плоскостей периферией круга. Таким способом можно шлифовать при возвратно-поступательном движении стола станка с обрабатываемой заготовкой (рис. 75, *а*). Шлифовальный круг при этом совершает вращательное движение и движение поперечной подачи на каждый двойной ход стола, а также радиальную подачу для перемещения его на глубину шлифования.

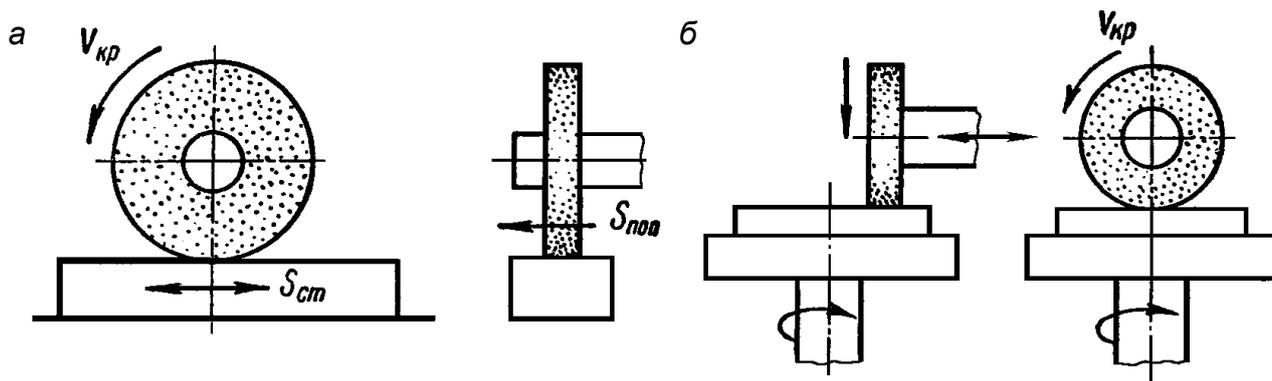


Рис. 75. Основные схемы шлифования плоскостей периферией круга: *а* – при возвратно-поступательном движении стола станка с обрабатываемой заготовкой; *б* – при закреплении обрабатываемой заготовки на вращающемся столе

Шлифование периферией круга можно осуществить и при закреплении обрабатываемой заготовки на круглом вращающемся столе (рис. 75, *б*). В этом случае шлифовальный круг совершает вращательное и одновременно возвратно-поступательное движение параллельно шлифуемой поверхности. Шлифование плоскостей торцом круга выполняют как при поступательном движении обрабатываемой заготовки, так и при ее вращении.

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите элементы режимов шлифования.
2. Как осуществляется наружное и внутреннее круглое шлифование?

3. Как осуществляется плоское шлифование?
4. Как осуществляется бесцентровое наружное шлифование?
5. Охарактеризуйте шлифовальные станки.
6. Какие инструменты используют для шлифования?
7. Перечислите основные виды шлифовальных работ.
8. Каковы основные виды шлифования фасонных поверхностей, зубчатых колес и резьбы?

10. ПРОТЯГИВАНИЕ

Протягивание – процесс обработки поверхности специальным инструментом – протяжкой, зубья которой за один ход снимают весь припуск. На протяжке, кроме основных режущих зубьев, имеются калибрующие, придающие обрабатываемой поверхности требуемую точность и чистоту [27].

Различают три основных метода протягивания: 1) по профильной схеме (рис. 76, а), осуществляемое протяжками, все зубья которых имеют профиль, подобный профилю (контуру) поперечного сечения обрабатываемой поверхности, различаясь только размерами, причем каждый зуб последовательно снимает слой металла по форме профиля (по контуру) обрабатываемой поверхности; 2) по генераторной схеме (рис. 76, б), осуществляемое фигурными протяжками, зубья которых имеют переменный профиль с дугообразной или прямолинейной формой главной режущей кромки, постепенно переходящий к заданному профилю обрабатываемой поверхности; 3) по прогрессивной схеме (рис. 76, в), осуществляемое протяжками, у которых все режущие зубья разбиты на группы, обычно по два зуба, причем каждый зуб группы формирует только определенный участок профиля (контура) обрабатываемой поверхности. При этом режущие кромки зубьев перекрывают друг друга.

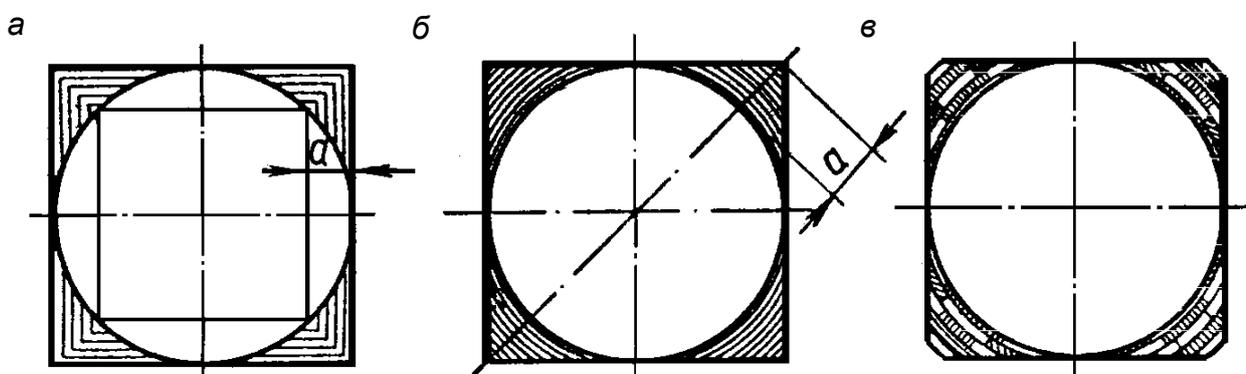


Рис. 76. Схемы протягивания: а – профильная; б – генераторная; в – прогрессивная

На протяжке, кроме основных режущих зубьев, имеются калибрующие, придающие обрабатываемой поверхности требуемую точность и чистоту.

Плоские поверхности протягивают, как правило, сразу по всей ширине, поэтому зуб протяжки делают несколько шире, чем протягиваемая поверхность. Протягивание выполняют одновременно многими зубьями протяжки с таким расчетом, чтобы весь припуск металла был снят за один проход протяжки, причем припуск должен быть распределен равномерно между зубьями протяжки. Это обеспечивает большую производительность при минимальном машинном времени.

При протягивании необработанных поверхностей отливок и поковок обычными плоскими протяжками их режущие кромки быстро тупятся и даже выкрашиваются.

В этих случаях применяется протягивание, при котором режущие кромки протяжки, расположенные наклонно по отношению к направлению ее движения, срезают металл не по всей ширине обрабатываемой поверхности, а узкими полосами, снимая толстые стружки – толщиной 0,4–0,8 мм на один зуб, а калибрующие зубья зачищают обрабатываемую поверхность по всей ширине.

Большое разнообразие видов протягивания плоских поверхностей послужило причиной создания различных конструкций протяжных станков, из которых наиболее распространенными являются: вертикальные, горизонтальные, карусельные и протяжные станки туннельного типа [27].

На рис. 77 приведена схема вертикально-протяжного станка для наружного протягивания. Станина 5 имеет коробчатую форму; в полую часть ее помещен электропривод 6 с агрегатами гидропривода. На станине 5 по направляющим перемещается подвижная плита 3, на которой крепятся плоские протяжки 4. Подвижная плита совершает возвратно-поступательное перемещение с разной скоростью, регулируемой посредством гидропривода. Длину и скорость рабочего хода плиты определяют в зависимости от выполняемой работы. Обратный ход плиты ускоренный [27].

На передней части станины имеется стол 7, на котором установлен суппорт 1, поперечно перемещающийся для задания глубины протягивания. На суппорте закрепляют обрабатываемую заготовку 2. После регулирования суппорта на определенную глубину протягивания на него закрепляют обрабатываемую заготовку. Протяжки, опускаясь, обрабатывают заготовку и в конце обработки останавливаются в нижнем положении; затем заготовку снимают и включают обратный ход протяжки. После воз-

вращения протяжек в исходное положение, в суппорт устанавливают новую заготовку. Далее цикл работы повторяется в том же порядке.

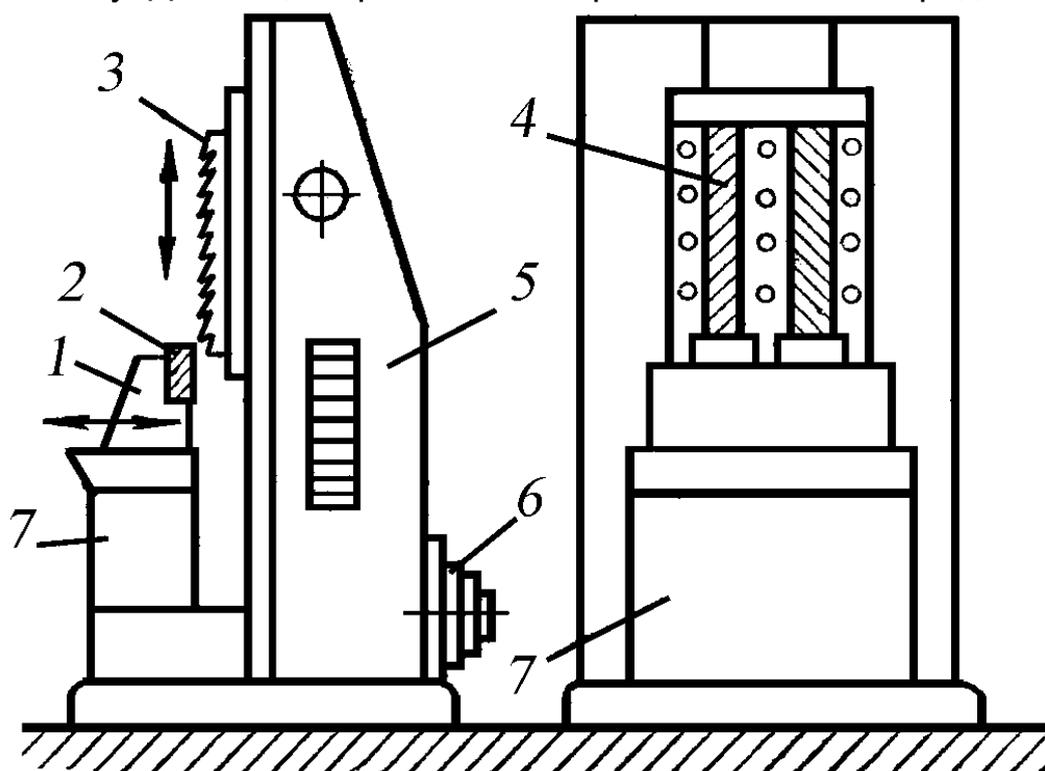


Рис. 77. Схема вертикально-протяжного станка для наружного протягивания: 1 – суппорт; 2 – заготовка; 3 – подвижная плита; 4 – протяжки; 5 – станина; 6 – электропривод; 7 – стол

Протягиванием можно обрабатывать как наружные, так и внутренние сложные фасонные поверхности с высокой степенью точности и чистоты. Протяжные станки подразделяют на станки для внутреннего и наружного протягивания.

Наиболее широко распространены во всех видах производства горизонтально-протяжные станки, предназначенные для обработки отверстий. На рис. 78 приведен общий вид горизонтально-протяжного станка.

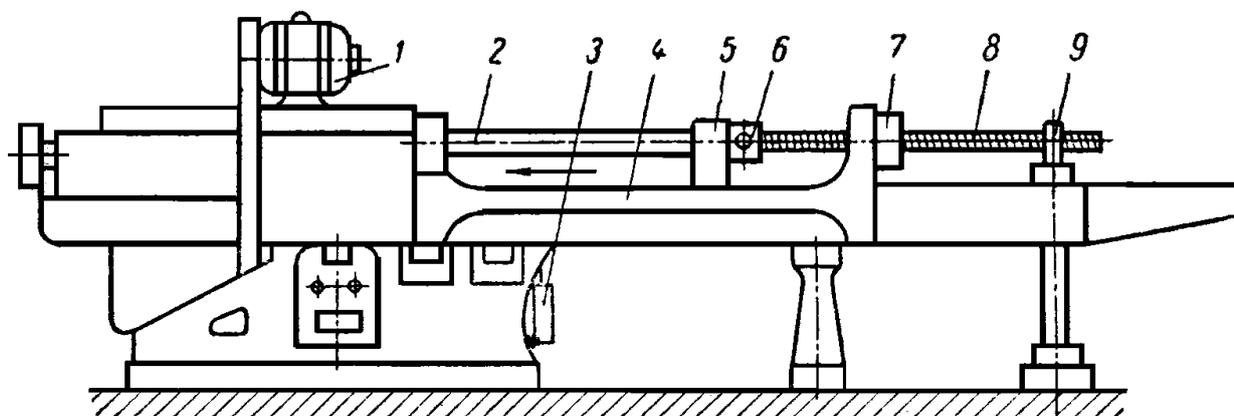


Рис. 78. Общий вид горизонтально-протяжного станка: 1 – электродвигатель; 2 – шток; 3 – гидропривод; 4 – станина; 5 – ползун; 6 – зажимное приспособление; 7 – заготовка; 8 – протяжка; 9 – люнет

На станине 4 установлены основные узлы станка; в полую ее части размещен со всеми агрегатами с приводом от электродвигателя 1 гидропривод 3, который приводит в движение шток 2, наружный конец которого покоится на дополнительной опоре, перемещающейся вместе с ползуном 5, конец штока снабжен зажимным приспособлением 6 для крепления протяжки 8, другой конец которой поддерживается подвижным люнетом 9. Обрабатываемая заготовка 7 при протягивании упирается в торец станины.

Для перемещения штока с разными скоростями рабочего хода и установки протяжек с различной длиной в гидроприводе предусмотрено устройство для изменения длины и скорости движения ползуна 5. Протяжки можно подразделить на две основные группы: для обработки отверстий и обработки наружных поверхностей.

По конструкции зубьев протяжки бывают режущими и уплотняющими. В первом случае зубья имеют острые режущие кромки, а во втором – скругленные, работающие на уплотнение обрабатываемой поверхности.

Число калибрующих зубьев составляет 3–8. Чем выше требования к точности обработки, тем больше калибрующих зубьев должна иметь протяжка.

Типы хвостовиков протяжек зависят от применяемого способа крепления протяжки в патроне станка.

Виды протяжек. Наиболее распространенными являются круглые протяжки с прямыми зубьями (рис. 79, а). Их выполняют иногда сборными в целях экономии быстрорежущей стали.

Для протягивания глубоких отверстий применяют протяжки с винтовыми зубьями (рис. 79, б), работающие с поступательным движением вдоль оси и вращательным вокруг оси.

Уплотняющая протяжка (рис. 79, в) не имеет острых режущих кромок; ее зубу придают округленную форму, что обеспечивает выглаживание обрабатываемой поверхности.

Шлицевые протяжки выполняют так же, как круглые; в зависимости от формы шлица зубья изготавливают с прямым (рис. 79, г), угловым (рис. 79, д) или елочным (рис. 79, е) профилем.

Для протягивания многогранных отверстий применяют квадратные, шестигранные, прямоугольные и другого профиля протяжки. Особенностью их конструкций является наличие нескольких ступеней по длине с различными подъемами на зуб.

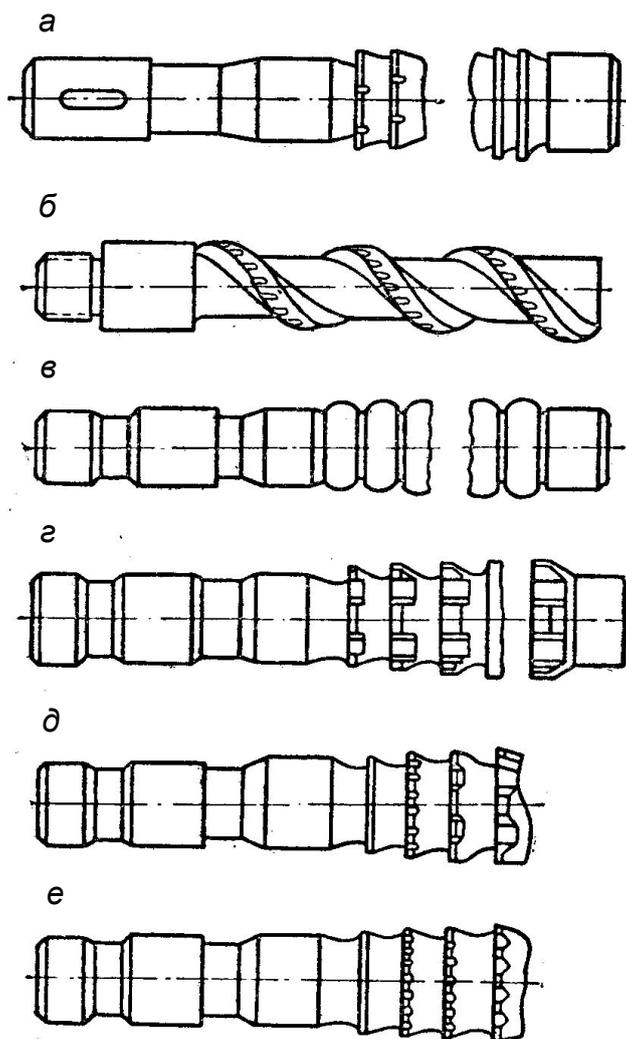


Рис. 79. Виды протяжек: а – круглая с прямыми зубьями; б – с винтовыми зубьями; в – уплотняющая; г – шлицевая с прямым профилем зубьев; д – шлицевая с угловым профилем зубьев; е – шлицевая с елочным профилем зубьев

Для одновременной обработки различных поверхностей шлицевого отверстия применяют комбинированные протяжки, которые предварительно протягивают гладкое отверстие, а затем шлицы.

Контрольные вопросы и задания

1. Рассмотрите схемы протягивания.
2. Опишите оборудование для протягивания.
3. Какой инструмент применяется для протягивания?

11. ОТДЕЛОЧНЫЕ ВИДЫ ОБРАБОТКИ

11.1. Тонкое растачивание

Тонкое растачивание применяют главным образом для обработки цветных металлов и их сплавов, так как отделка отверстий заготовок из этих материалов шлифованием сопровождается засаливанием шлифовального круга, что затрудняет обработку.

Тонкое растачивание характеризуется незначительной глубиной резания (0,05–0,3 мм) и небольшими подачами (0,02–0,12 мм/об) при высоких скоростях резания (120–1000 м/мин и выше). Обработку осуществляют алмазными резцами или резцами, оснащенными пластинками твердого сплава [1, 3].

Алмазные резцы обладают высокой стойкостью, достигающей до 200–300 часов. Резцы с пластинками из твердых сплавов, с хорошо доведенной режущей кромкой также обеспечивают высокое качество обработанной поверхности, однако стойкость их значительно меньше. Основными факторами, способствующими получению высокой точности обработки при тонком растачивании, являются тщательная доводка режущей кромки инструмента и, вследствие этого, малый износ его при высокой твердости, небольшое удельное давление резания, высокие скорости резания и точность оборудования.

Большое значение при этом виде обработки имеют припуск под растачивание и точность предшествующей операции. Повышенный припуск и неточность предшествующей обработки ухудшают условия работы режущего инструмента.

Для тонкого растачивания применяют специально приспособленные станки. Как правило, заготовку на этих станках закрепляют неподвижно, а вращение получает режущий инструмент, что исключает влияние дисбаланса обрабатываемой заготовки на точность обработки.

Для тонкого растачивания наиболее применимы горизонтально-расточные станки; для тонкого растачивания металлоемких деталей – вертикально-расточные станки.

11.2. Хонингование

Хонингование (шлифование брусками) является основным видом отделочной обработки отверстий, однако в практике он встречается и при отделке наружных поверхностей вращения, в частности шеек коленчатых валов.

При обработке отверстий инструмент (рис. 80) – доводочная головка (хон) – представляет собой цилиндр 5, вдоль образующих которого расположено шесть абразивных брусков 4, которые укреплены на соответ-

ствующих планках, соединенных попарно с радиальными стержнями, входящими в пазы головки.

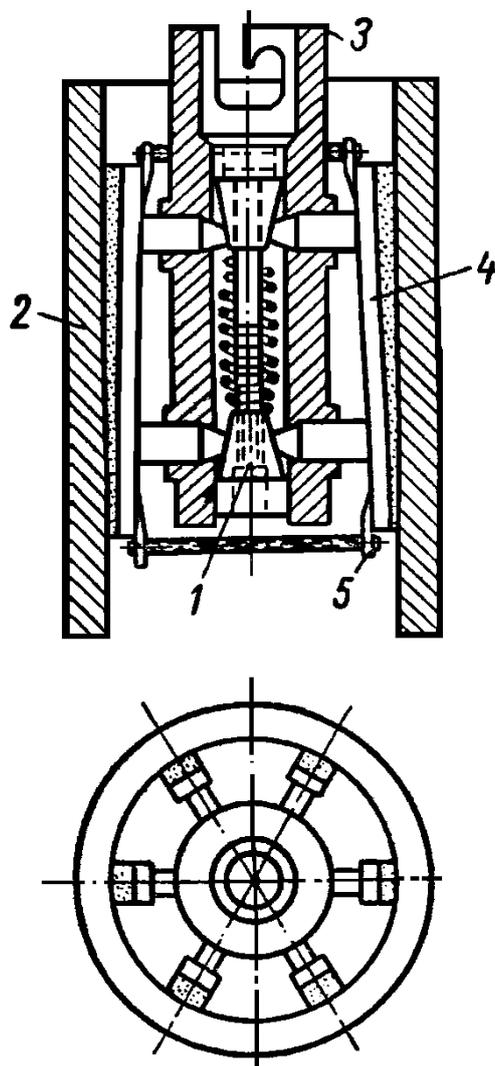


Рис. 80. Схема конструкции хонинговальной головки: 1 – стержень; 2 – заготовки; 3 – шпиндель; 4 – абразивные бруски; 5 – цилиндр

Внутри головки смонтирован двусторонний конический регулируемый стержень 1, посредством которого радиальные стержни вместе с абразивными брусками раздвигаются, регулируя диаметральный размер и компенсируя износ абразивных брусков.

Точность отверстия после хонингования соответствует 1–2-му классу точности с чистой поверхностью в пределах 9–13-го класса.

При обработке наружных тел вращения хонинговальное устройство (рис. 81) состоит из разжимных скоб 4 и 5 и инструмента – абразивной головки, представляющей собой разрезанный полой цилиндр – колодки 3 и 6, вдоль образующих которого укреплены абра-

зивные бруски 1, 2, 7 и 8. При вращении заготовок обрабатываемая поверхность охватывается разжимными скобами, которые прижимают колодки с брусками к шейкам коленчатого вала, осуществляя этим самым их обработку.

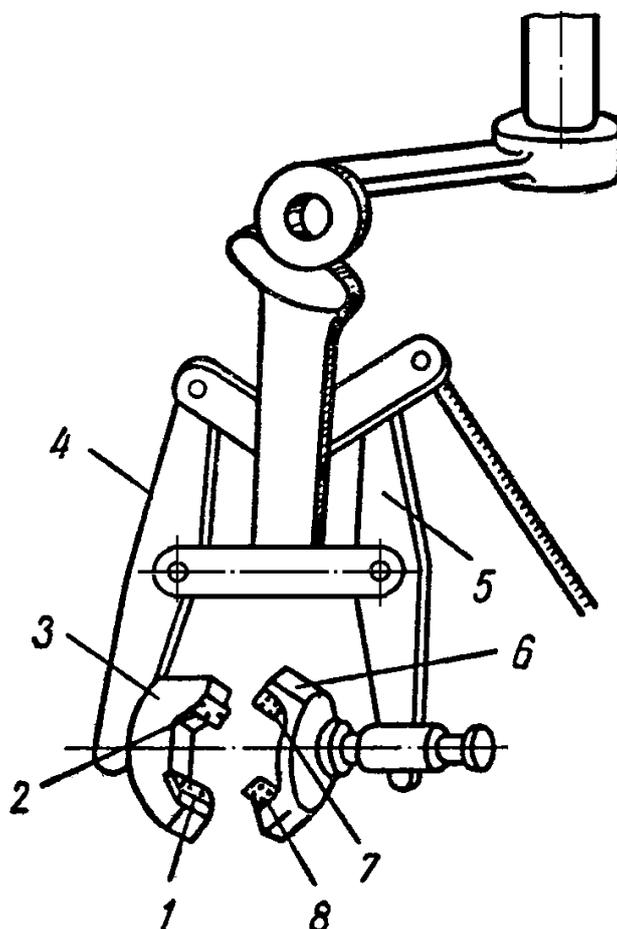


Рис. 81. Схема конструкции хонинговального устройства для обработки шеек вала: 1, 2, 7, 8 – абразивные бруски; 3, 6 – колодки; 4, 5 – разжимные скобы

В процессе хонингования могут быть исправлены погрешности формы отверстия (конусность, овальность, бочкообразность и др.), если они остались после предыдущей операции.

Припуск на хонингование зависит от точности предыдущей операции: обычно он составляет 0,01–0,2 мм (при подготовке поверхности под хонингование шлифованием припуск составляет 0,01–0,05 мм). На качество хонингования влияет характеристика абразивных брусков и режимы обработки.

Абразивные бруски соединены между собой попарно пружинами. Доводочную головку соединяют со шпинделем хонинговального станка посредством шарнира.

Шпинделю станка сообщают одновременно вращательное и возвратно-поступательное движение в отверстиях обрабатываемой заготов-

ки 2 (см. рис. 80). При этом он абразивными брусками сглаживает поверхность обрабатываемого отверстия заготовки и доводит его до нужного размера и чистоты поверхности.

Абразивные брусья изготовляют из электрокорунда зернистостью 100–500.

Оптимальный режим обработки при хонинговании следующий: окружная скорость доводочной головки 30–60 м/мин и скорость возвратно-поступательного движения 10–15 м/мин.

При хонинговании отверстий применяют охлаждающие жидкости, составленные из смеси керосина (90 %) и масла (10 %), водно-мыльные растворы, а в некоторых случаях – специальные смеси, состоящие из керосина с осерненным маслом, стеарина и других материалов.

11.3. Притирка

Притирку производят притирами, изготовленными из мягких материалов (чугун, медь, свинец), поверхности которых шаржируют (покрывают) абразивным порошком, смешанным с маслом.

При этом способе отделки отверстий заготовка получает возвратно-поступательное движение относительно вращающегося притира. Отверстия притирают лишь в единичном и мелкосерийном производствах при обработке точных небольших отверстий, когда применение хонингования затруднительно.

Особо точные плоские поверхности притирают теми же методами и на тех же станках, что и наружные поверхности вращения. Притирка требует очень точной предварительной обработки поверхности, так как большой припуск на притирку приводит к увеличению времени обработки и быстрому износу притира.

Припуски для притирки плоских поверхностей составляют 0,0075–0,0175 мм. Припуски для притирки поверхностей тел вращения составляют 0,054–0,1 мм по диаметру. Притирка обеспечивает получение точности размеров по 1-му классу и чистоты поверхности – по 10 классу.

11.4. Тонкая доводка (суперфиниш)

Тонкая доводка предназначена для обработки поверхностей любых форм (плоских, цилиндрических наружных и внутренних и фасонных).

Доводку осуществляют абразивным бруском, совершающим колебательные возвратно-поступательные движения с большой частотой и малым ходом по поверхности вращающейся заготовки. В результате колебательного движения абразивного бруска по обрабатываемой поверхности гребешки неровностей срезаются и поверхность становится более гладкой и ровной.

Принцип работы абразивного инструмента при суперфинишировании заготовок схематично показан на рис. 82.

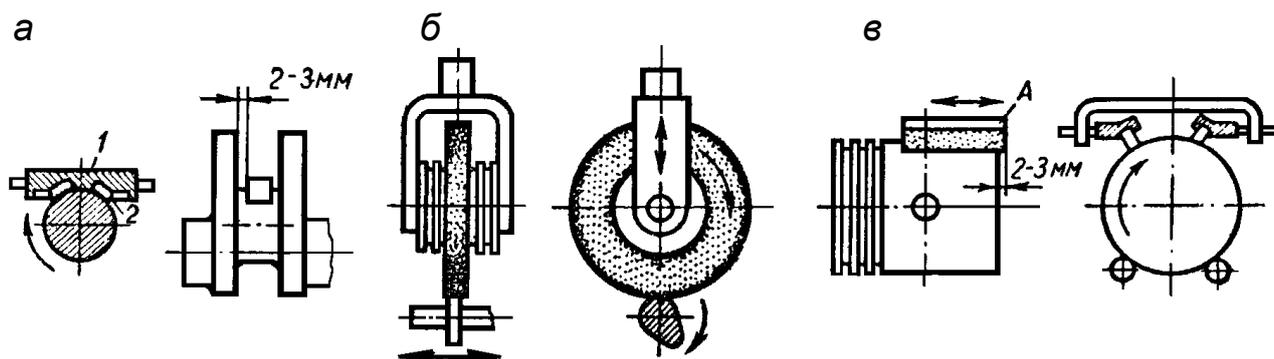


Рис. 82. Схемы суперфиниширования: а – шейки коленчатого вала; б – кулачков распределительного вала; в – наружной поверхности поршня; 1 – абразивная головка; 2 – брусок

На рис. 82, а показана схема тонкой доводки шейки коленчатого вала. Абразивная головка 1 с двумя брусками 2 совершает возвратно-поступательное движение по шейке вращающегося коленчатого вала с частотой 450 колебаний в минуту и с ходом 2–3 мм, в результате чего поверхность шейки вала доводится до нужных пределов чистоты.

На рис. 82, б приведена схема доводки кулачков распределительного вала. В данном случае абразивным инструментом служит шлифовальный круг, который во время работы находится в контакте с поверхностью кулачка распределительного вала. Распределительный вал совершает одновременно вращательное и колебательное движения, благодаря чему и осуществляется тонкая доводка обрабатываемой поверхности.

На рис. 82, в изображена схема тонкой доводки наружной поверхности поршня, находящегося только во вращательном движении. Абразивная головка А совершает здесь возвратно-поступательное движение с несколько большим ходом, чем в предыдущих случаях, осуществляя доводку наружной поверхности поршня.

Тонкую доводку заготовок с применением абразивного порошка производят также обкатыванием обрабатываемой заготовки по поверхности металлического доводочного инструмента, натертого или смазанного смесью абразивного порошка с жидкостью.

В результате обкатывания заготовки по металлической поверхности с абразивным порошком гребешки неровностей на обрабатываемой поверхности сглаживаются.

Контрольные вопросы и задания

1. Как осуществляется хонингование отверстий и валов?
2. Как производится притирка?
3. Как осуществляется тонкая доводка (суперфиниш)?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современное направление в области технологии машиностроения можно кратко охарактеризовать появлением новых технологических процессов изготовления заготовок и деталей, обеспечивающих высокую производительность труда, снижение себестоимости и отличное качество обработанных деталей, применение материалов с высокими показателями механических и эксплуатационных свойств, требующих эффективных методов обработки.

При этом осуществляется переход к массово-поточному, непрерывному производству с использованием информационных технологий, современных устройств и других средств автоматизации процессов.

В современных методах механической обработки металлов можно отметить следующие тенденции:

1) обработку заготовок, форма которых максимально приближена к форме деталей;

2) снижение припусков на обработку резанием и в связи с этим увеличение относительной доли отделочных операций;

3) широкое применение методов упрочняющей механической обработки (обкатка роликами и шариками, обдувка дробью, дорнирование, чеканка и т. п.);

4) применение многоинструментной обработки взамен одноинструментной и многолезвийного режущего инструмента взамен однолезвийного;

5) повышение скоростей резания и подач;

6) увеличение доли работ, выполняемых на автоматических и полуавтоматических станках и автоматических линиях;

7) широкое внедрение механизации и автоматизации с проведением модернизации существующего металлорежущего оборудования;

8) применение быстродействующих и многоместных приспособлений и т. д.;

9) обеспечение технологичности конструкций деталей машин с участием технологов в разработке проектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гапонкин, В. А. Обработка резанием, металлорежущий инструмент и станки : учеб. / В. А. Гапонкин, Л. К. Лукашев, Т. Г. Суворова. – М. : Машиностроение, 1990. – 448 с.
2. Гулида, Э. Н. Теория резания металлов, металлорежущие станки и инструменты / Э. Н. Гулида. – Львов : Высш. шк., 1976. – 334 с.
3. Горбунов, Б. И. Обработка металлов резанием, металлорежущий инструмент и станки : учеб. пособие для вузов / Б. И. Горбунов. – М. : Машиностроение, 1981. – 287 с.
4. Ермаков, Ю. М. Металлорежущие станки : учеб. пособие / Ю. М. Ермаков, Б. А. Фролов. – М. : Машиностроение, 1985. – 319 с.
5. Металлорежущие инструменты : учеб. для вузов / Г. Н. Сахаров [и др.]. – М. : Машиностроение, 1989. – 327 с.
6. Металлорежущие станки : учеб. для вузов / В. Э. Пуш [и др.]. – М. : Машиностроение, 1986. – 571 с.
7. Металлорежущие станки и автоматы : учеб. для вузов / под ред. А. С. Проникова. – М. : Машиностроение, 1981. – 479 с.
8. Металлорежущий инструмент : каталог. В 2 ч. Ч. 2. Инструмент для обработки отверстий. – М., 1976. – 264 с.
9. Металлорежущий инструмент и станки : учеб. пособие / С. Д. Вайс [и др.]. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – 320 с.
10. Нефедов, Н. А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту : учеб. пособие / Н. А. Нефедов, К. А. Осипов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1990. – 448 с.
11. Лоскутов, В. В. Шлифование металлов : учеб. для ПТУ / В. В. Лоскутов. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1979. – 247 с.
12. Мансырев, И. Г. Методы дробления сливной стружки в процессе резания / И. Г. Мансырев. – СПб., 1983. – 20 с.
13. Настройка фрезерного станка на автоматические циклы работы и расчет режимов фрезерования : методические указания. – Гомель : БелИИЖТ, 1984. – 32 с.
14. Режущие инструменты, оснащенные сверхтвердыми и керамическими материалами, и их применение : справ. – М. : Машиностроение, 1987. – 320 с.
15. Режущий инструмент : учеб. пособие для вузов / под ред. Н. Н. Щеголькова. – М. : Машиностроение, 1985. – 168 с.
16. Режущий инструмент для токарно-винторезного станка : методические указания. – Днепропетровск : ДИИТ, 1983. – 39 с.
17. Справочник по технологии резания материалов. В 2 кн. Кн. 2 : пер. с нем. / под ред. Г. Шпура. – М. : Машиностроение, 1985. – 688 с.

18. Табаков, П. М. Работа на координатно-расточных станках / П. М. Табаков, Л. Н. Делюкин ; ред. П. П. Серебрицкий. – М. : Лениздат, 1974. – 279 с.
19. Тараканов, И. Л. Геометрия токарных резцов : методические указания к лабораторным работам по обработке металлов резанием / И. Л. Тараканов, А. Н. Савенко. – Гомель : БелИИЖТ, 1974. – 16 с.
20. Тараканов, И. Л. Методика расчета рациональных режимов резания : учеб.-методическое пособие к лабораторной и курсовой работе / И. Л. Тараканов, А. Н. Савенко. – Гомель : БелИИЖТ, 1980. – 20 с.
21. Тараканов, И. Л. Проектирование технологического процесса механической обработки : методические указания по курсовому и дипломному проектированию / И. Л. Тараканов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Гомель : БелИИЖТ, 1986. – 39 с.
22. Трент, Э. М. Резание металлов / Э. М. Трент. – М. : Машиностроение, 1980. – 263 с.
23. Устройство поперечно-строгального станка : методические указания. – Днепропетровск : ДИИТ, 1982. – 20 с.
24. Маталин, А. А. Проектирование технологических процессов обработки деталей на станках с ЧПУ / А. А. Маталин, Б. И. Френкель, Ф. С. Панов. – СПб. : ЛГУ, 1977. – 240 с.
25. Лейбович, Б. Д. Производственное обучение фрезеровщиков по металлу : методическое пособие / Б. Д. Лейбович, В. В. Тананин. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : Высш. шк., 1977. – 272 с.
26. Филиппов, Г. В. Режущий инструмент / Г. В. Филиппов. – Л. : Машиностроение, 1981. – 392 с.
27. Кацев, П. Г. Протяжные станки и работа на них : учеб. пособие / П. Г. Кацев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1981. – 184 с.
28. Кацеленбоген, М. Е. Справочник работника механического цеха / М. Е. Кацеленбоген, В. Н. Власов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1984. – 240 с.
29. Башков, В. М. Испытания режущего инструмента на стойкость / В. М. Башков, П. Г. Кацев. – М. : Машиностроение, 1985. – 136 с.
30. Власов, А. Ф. Безопасность при работе на металлорежущих станках / А. Ф. Власов. – М. : Машиностроение, 1977. – 121 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. СВЕДЕНИЯ О ДОПУСКАХ И ПОСАДКАХ.....	6
1.1. Взаимозаменяемость	6
1.2. Допуски и припуски.....	6
1.3. Система вала и система отверстия	8
1.4. Посадки	9
1.5. Понятие о точности изготовления и шероховатости поверхности деталей	10
2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РЕЗАНИИ МЕТАЛЛОВ	15
2.1. Обрабатываемость металлов резанием.....	15
2.2. Способы обработки металлов резанием и основные элементы режимов резания	18
2.3. Геометрическая форма и углы резца.....	22
2.4. Процесс образования и виды стружки	25
2.5. Силы, действующие на резец.....	26
2.6. Стойкость и износ резцов	28
2.7. Скорость резания и влияние на нее различных факторов	29
2.8. Мощность, затрачиваемая на процесс резания	33
2.9. Классификация металлорежущих станков	33
3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ	36
3.1. Физико-механические свойства инструментальных материалов, определяющие их режущую способность.....	36
3.2. Классификация инструментальных материалов	40
4. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ	50
4.1. Устройство токарного станка.....	50
4.2. Классификация резцов	58
4.3. Предварительная обработка заготовок	65
4.4. Технология токарной обработки.....	66
4.5. Обработка на револьверных станках.....	74
4.6. Обработка на токарно-карусельных и токарно-лобовых станках ...	76
4.7. Нарезание резьбовых поверхностей.....	78
5. ОБРАБОТКА НА СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКАХ	87
5.1. Универсальные сверлильные станки.....	87
5.2. Основные виды сверлильных работ	91
6. ОБРАБОТКА НА РАСТОЧНЫХ СТАНКАХ.....	100
7. ОБРАБОТКА НА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ	102
7.1. Фрезерные станки	102
7.2. Инструменты и приспособления для фрезерования	108
7.3. Основные виды фрезерных работ	109
8. ОБРАБОТКА НА СТРОГАЛЬНЫХ И ДОЛБЕЖНЫХ СТАНКАХ.....	116
8.1. Процесс строгания	116

8.2. Строгальные станки	119
8.3. Инструмент для строгания.....	120
8.4. Основные виды строгальных работ	122
8.5. Долбежные станки.....	124
9. ОБРАБОТКА НА ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ	125
9.1. Шлифовальные станки.....	125
9.2. Инструмент для шлифования.....	130
9.3. Основные виды шлифовальных работ	134
10. ПРОТЯГИВАНИЕ	140
11. ОТДЕЛОЧНЫЕ ВИДЫ ОБРАБОТКИ.....	145
11.1. Тонкое растачивание	145
11.2. Хонингование.....	145
11.3. Притирка	148
11.4. Тонкая доводка (суперфиниш).....	148
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	150
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	151

Учебное издание

Григорьев Владимир Михайлович

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ

Учебное пособие

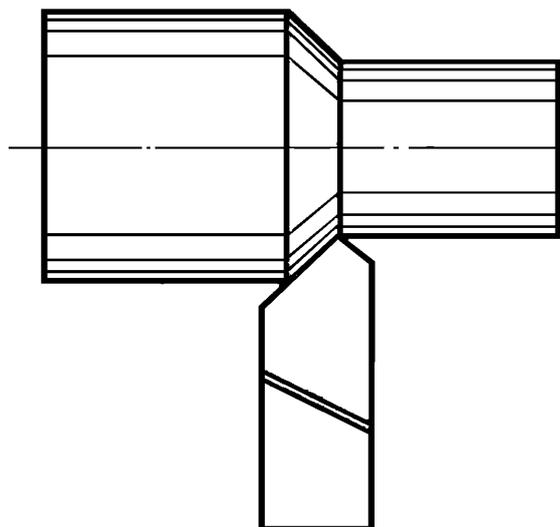
Редактор *Т.М. Яковенко*
Технический редактор *С.С. Заикина*

План 2006 г. Поз. 1.15. ИД № 05247 от 2.07.2001 г.
Сдано в набор 22.12.2005 г. Подписано в печать 26.05.2006 г.
Формат 60×84^{1/16}. Бумага тип. № 2. Гарнитура «Arial». Печать RISO.
Усл. печ. л. 9,0. Зак. 109. Тираж 150 экз.

Издательство ДВГУПС
680021, г. Хабаровск, ул. Серышева, 47.

В. М. Григорьев

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ



Хабаровск – 2006

