

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология металлов»

ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ РЕЗАНИЕМ

Учебно-методический комплекс

Минск
БГАТУ
2011

УДК 621.91(07)
ББК 34.43я7
023

*Рекомендовано научно-методическим советом
факультета «Технический сервис в АПК» БГАТУ.
Протокол № 5 от 10 июня 2009 г.*

Составители:
доктор технических наук, профессор *Л. М. Акулович*,
старший преподаватель *С. И. Гальго*,
кандидат технических наук, доцент *Л. Е. Сергеев*,
старший преподаватель *В. Е. Бабич*

Рецензенты:.
директор ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси,
академик *А. И. Гордиенко*;
зав. кафедрой «Технология машиностроения» БНТУ, доктор технических
наук, профессор *В. К. Шелег*

Обработка материалов резанием : учебно-методический
023 комплекс / сост. : Л. М. Акулович [и др.]. – Минск : БГАТУ,
2011. – 272 с.
ISBN 978-985-519-345-7.

УДК 621.91(07)
ББК 34.43я7

ISBN 978-985-519-345-7

© БГАТУ, 2011

СОДЕРЖАНИЕ

МОДУЛЬ 0. Введение	4
МОДУЛЬ 1. Сущность процесса резания. Основы технологии машиностроения	17
МОДУЛЬ 2. Виды резания, режущий инструмент и станки.....	98
Литература	271

Модуль 0

ВВЕДЕНИЕ

В результате изучения модуля студент должен:

- **знать** структуру и содержание раздела «Обработка материалов резанием», общие требования к проведению занятий, контролю управляемой самостоятельной работы, сдачи модулей и приему экзаменов;
- **уметь** применять знания, полученные при изучении разделов «Материаловедение» и «Горячая обработка металлов», необходимые для освоения раздела «Обработка материалов резанием».

Учебно-информационная модель изучения дисциплины

Номер и наименование модуля	Общее количество аудиторных часов, отведен- ных на модуль	Количество часов		
		Теоретические занятия (лекции)	Лабораторные занятия	УСРС
Раздел «Обработка материалов резанием»				
М-0. Введение	1	1	–	–
М-1. Сущность процесса резания. Основы техно- логии машиностроения	23	7	10	6
М-2. Виды резания, режущий инструмент и станки	25	11	10	4
<i>Всего</i>	49	19	20	10

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Словарь основных понятий

Вершина лезвия (вершина) – участок режущей кромки в месте пересечения двух задних поверхностей.

Примечание. У проходного токарного резца вершиной является участок лезвия в месте пересечения главной и вспомогательной режущих кромок; у резьбового резца – участок лезвия, формирующий внутреннюю поверхность резьбы; у сверла – точка пересечения главной и вспомогательной режущих кромок.

Вспомогательная задняя поверхность – задняя поверхность лезвия инструмента, примыкающая к вспомогательной режущей кромке.

Вспомогательная режущая кромка – часть режущей кромки, формирующая меньшую сторону сечения срезаемого слоя.

Главная задняя поверхность (задняя поверхность) – задняя поверхность лезвия инструмента, примыкающая к главной режущей кромке.

Главная режущая кромка (режущая кромка) – часть режущей кромки, формирующая большую сторону сечения срезаемого слоя.

Главная секущая плоскость – координатная плоскость, перпендикулярная линии пересечения основной плоскости и плоскости резания.

Главная составляющая силы резания – составляющая силы резания, совпадающая по направлению со скоростью главного движения резания в вершине лезвия.

Главное движение резания – прямолинейное поступательное или вращательное движение заготовки или режущего инструмента, происходящее с наибольшей скоростью в процессе резания.

Примечание. Главное движение резания может входить в состав сложного формообразующего движения, например, при точении резьбы, хонинговании и т.д.

Главный задний угол – задний угол в главной секущей плоскости.

Главный передний угол – передний угол в главной секущей плоскости.

Главный угол заострения – угол в главной секущей плоскости.

Движение подачи – прямолинейное или вращательное движение режущего инструмента или заготовки, скорость которого меньше скорости главного движения резания, предназначенное для

того, чтобы распространить отделение слоя материала на всю обрабатываемую поверхность.

Примечание. Движение подачи инструмента может быть непрерывным (точение, сверление и др.) или прерывистым. Прерывистое движение подачи может происходить в перерывах процесса резания (например, при строгании). В зависимости от направления движения подачи различают: продольное или поперечное движение подачи. Можно осуществлять одновременное движение подачи в продольном и поперечном направлениях.

Задний угол – угол в секущей плоскости между задней поверхностью лезвия и плоскостью резания.

Задняя поверхность – поверхность инструмента, контактирующая в процессе резания с поверхностями заготовки.

Инструментальная главная секущая плоскость – координатная плоскость, перпендикулярная линии пересечения инструментальной основной плоскости и плоскости резания.

Инструментальная основная плоскость – основная плоскость инструментальной системы координат.

Инструментальная плоскость резания – координатная плоскость, касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная инструментальной основной плоскости.

Инструментальная система координат (ИСК) – прямоугольная система координат с началом в вершине лезвия, ориентированная относительно геометрических элементов режущего инструмента, принятых за базу.

Инструментальный главный задний угол – угол в инструментальной главной секущей плоскости между задней поверхностью лезвия и инструментальной плоскостью резания.

Инструментальный главный передний угол – угол в инструментальной главной секущей плоскости между передней поверхностью лезвия и инструментальной основной плоскостью.

Инструментальный главный угол заострения – угол в инструментальной главной секущей плоскости между передней и задней поверхностями лезвия.

Инструментальный угол в плане – угол в инструментальной основной плоскости между инструментальной плоскостью резания и рабочей плоскостью.

Инструментальный угол наклона кромки – угол в инструментальной плоскости резания между режущей кромкой и инструментальной основной плоскостью.

Касательная составляющая силы резания (тангенциальная составляющая силы резания) – главная составляющая силы резания при вращательном главном движении резания.

Касательное движение – прямолинейное или вращательное движение режущего инструмента, скорость которого меньше скорости главного движения резания и направлена по касательной к режущей кромке, предназначенное для того, чтобы сменить контактирующие с заготовкой участки режущей кромки.

Кинематическая главная секущая плоскость – координатная плоскость, перпендикулярная линии пересечения кинематической основной плоскости и плоскости резания.

Кинематическая основная плоскость – основная плоскость кинематической системы координат.

Кинематическая плоскость резания – координатная плоскость, касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная кинематической основной плоскости.

Кинематическая система координат (КСК) – прямоугольная система координат с началом в рассматриваемой точке режущей кромки, ориентированная относительно направления скорости результирующего движения резания.

Кинематический главный задний угол – угол в кинематической главной секущей плоскости между задней поверхностью лезвия и кинематической плоскостью резания.

Кинематический главный передний угол – угол в кинематической главной секущей плоскости между передней поверхностью лезвия и кинематической основной плоскостью.

Кинематический главный угол заострения – угол в кинематической главной секущей плоскости между передней и задней поверхностями лезвия.

Кинематический угол в плане – угол в кинематической основной плоскости между кинематической плоскостью резания и рабочей плоскостью.

Кинематический угол наклона кромки – угол в кинематической плоскости резания между режущей кромкой и кинематической основной плоскостью.

Коэффициент укорочения стружки – отношение длины срезаемого слоя к длине стружки.

Коэффициент утолщения стружки (коэффициент утолщения) – отношение толщины стружки к толщине срезаемого слоя.

Коэффициент уширения стружки (коэффициент уширения) – отношение ширины стружки к ширине срезаемого слоя.

Направление схода стружки – направление движения стружки в плоскости, касательной к передней поверхности лезвия.

Нормальная секущая плоскость – плоскость, перпендикулярная режущей кромке в рассматриваемой точке.

Нормальный задний угол – задний угол в нормальной секущей плоскости.

Нормальный передний угол – передний угол в нормальной секущей плоскости.

Нормальный угол заострения – угол в нормальной секущей плоскости.

Обрабатываемая поверхность – поверхность заготовки, которая частично или полностью удаляется при обработке.

Обработанная поверхность – поверхность, образованная на заготовке в результате обработки.

Обработка резанием – технологический процесс, который осуществляется на металлорежущих станках путём внедрения режущего инструмента в тело заготовки с последующим выделением стружки и образованием новой поверхности.

Осевая составляющая силы резания – составляющая силы резания, параллельная оси главного вращательного движения резания.

Основная плоскость – координатная плоскость, проведенная через рассматриваемую точку режущей кромки перпендикулярно направлению скорости главного в статистической системе координат (ССК) или результирующего в КСК движения резания в этой точке.

Передний угол – угол в секущей плоскости между передней поверхностью лезвия и основной плоскостью.

Передняя поверхность – поверхность лезвия инструмента, контактирующая в процессе резания со срезаемым слоем и стружкой.

Плоскость резания – координатная плоскость, касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная основной плоскости.

Площадь срезаемого слоя (площадь среза) – площадь сечения срезаемого слоя.

Поверхность главного движения – поверхность на заготовке, образуемая режущей кромкой в главном движении резания.

Поверхность резания – поверхность на заготовке, образуемая режущей кромкой в результирующем движении резания.

Подача – отношение расстояния, пройденного рассматриваемой точкой режущей кромки или заготовки вдоль траектории этой точки в движении подачи, к соответствующему числу циклов или определенных долей цикла другого движения во время резания.

Подача на двойной ход – подача, соответствующая одному двойному ходу заготовки или инструмента.

Подача на зуб – подача, соответствующая повороту инструмента или заготовки на один угловой шаг зубьев режущего инструмента.

Подача на оборот – подача, соответствующая одному обороту заготовки или инструмента.

Подача на ход – подача, соответствующая одному ходу инструмента или заготовки.

Путь резания – суммарное расстояние, пройденное рассматриваемой точкой режущей кромки в контакте с заготовкой за рассматриваемый интервал времени и измеренное вдоль траектории этой точки в результирующем движении резания.

Рабочая плоскость – плоскость, в которой расположены направления скоростей главного движения резания и движения подачи.

Примечание. Если в отдельные моменты времени направления главного движения резания и подачи совпадают (попутное периферийное фрезерование) или лежат на одной прямой (встречное периферийное фрезерование), то рабочая плоскость проводится так же, как и в предыдущий или последующий моменты, когда эти направления не совпадают (не лежат на одной прямой).

Когда отсутствует движение подачи, то рабочая плоскость проводится через направление скорости главного движения резания и направление подъема последовательно расположенных зубьев режущего инструмента.

Рабочий кинематический задний угол – угол в рабочей плоскости между задней поверхностью лезвия и направлением скорости результирующего движения резания в рассматриваемой точке режущей кромки.

Рабочий кинематический передний угол – угол в секущей плоскости схода стружки между передней поверхностью лезвия и кинематической основной плоскостью.

Рабочий кинематический угол в плане – угол между режущей кромкой и рабочей плоскостью.

Радиальная составляющая силы резания – составляющая силы резания, направленная по радиусу главного вращательного движения резания в вершине лезвия.

Радиус вершины – радиус кривизны вершины лезвия.

Радиус округления режущей кромки – радиус кривизны режущей кромки в сечении ее нормальной секущей плоскостью.

Режим резания – совокупность значений скорости резания, подачи или скорости движения подачи и глубины резания.

Режущая кромка – кромка лезвия инструмента, образуемая пересечением передней и задней поверхностей лезвия.

Режущий инструмент – инструмент, предназначенный для изменения формы и размеров обрабатываемой заготовки путём удаления части материала в виде стружки или шлама с целью получения готовой детали или полуфабриката.

Результирующее движение резания – суммарное движение режущего инструмента относительно заготовки, включающее главное движение резания, движение подачи и касательное движение.

Секущая плоскость схода стружки – плоскость, проходящая через направление схода стружки и скорости резания в рассматриваемой точке режущей кромки.

Сечение срезаемого слоя (сечение среза) – фигура, образованная при рассечении слоя материала заготовки, отделяемого лезвием за один цикл главного движения резания основной плоскостью.

Сила резания – равнодействующая сил на режущий инструмент при обработке резанием.

Скорость главного движения резания – скорость рассматриваемой точки режущей кромки или заготовки в главном движении.

Примечание. В инструментальной системе координат направление скорости главного движения резания принимается:

- а) у токарных и строгальных резцов прямоугольного поперечного сечения – перпендикулярно конструкторской установочной базе реза;
- б) у долбежных резцов – параллельно базе;
- в) у дисковых токарных резцов, осевых инструментов и фрез – по касательной к траектории вращательного движения инструмента или заготовки;
- г) у протяжек – параллельно конструкторской установочной базе или оси протяжки;
- д) у долбяков – параллельно оси хвостовика или оси посадочного отверстия долбяка.

Скорость движения подачи – скорость рассматриваемой точки режущей кромки или заготовки в движении подачи.

Скорость касательного движения – скорость рассматриваемой точки режущей кромки или заготовки в касательном движении.

Скорость результирующего движения резания – скорость рассматриваемой точки режущей кромки в результирующем движении резания.

Статическая главная секущая плоскость – координатная плоскость, перпендикулярная линии пересечения статической основной плоскости и плоскости резания.

Статическая основная плоскость – основная плоскость статической системы координат.

Статическая плоскость резания – координатная плоскость, касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная статической основной плоскости.

Статическая система координат (ССК) – прямоугольная система координат с началом в рассматриваемой точке режущей кромки, ориентированная относительно направления скорости главного движения резания.

Примечание. Статическая система координат применяется для приближенных расчетов углов лезвия в процессе резания или учета изменения этих углов после установки инструмента на станке. Она является переходной от инструментальной системы координат к кинематической.

Статический главный задний угол – угол в статической главной секущей плоскости между задней поверхностью лезвия и статической плоскостью резания.

Статический главный передний угол – угол в статической главной секущей плоскости между передней поверхностью лезвия и статической основной плоскостью.

Статический главный угол заострения – угол в статической главной секущей плоскости между передней и задней поверхностями лезвия.

Статический угол в плане – угол в статической основной плоскости между статической плоскостью резания и рабочей плоскостью.

Статический угол наклона кромки – угол в статической плоскости резания между режущей кромкой и статической основной плоскостью.

Стружка – деформированный и отделенный в результате обработки резанием поверхностный слой материала заготовки.

Толщина срезаемого слоя (толщина среза) – длина нормали к поверхности резания, проведенной через рассматриваемую точку режущей кромки, ограниченная сечением срезаемого слоя.

Угол в плане – угол в основной плоскости между плоскостью резания и рабочей плоскостью.

Угол заострения – угол в секущей плоскости между передней и задней поверхностями лезвия.

Угол наклона кромки – угол в плоскости резания между режущей кромкой и основной плоскостью.

Угол подачи – угол в рабочей плоскости между направлениями скоростей движения подачи и главного

Угол скорости резания – угол в рабочей плоскости между направлением скоростей результирующего и главного движений резания.

Угол схода стружки – угол в плоскости, касательной к передней поверхности лезвия, между направлением схода стружки и следом главной секущей плоскости.

Ход – движение в одну сторону при возвратно-поступательном движении.

Цикл движения – полный оборот, ход или двойной ход режущего инструмента или заготовки.

Ширина срезаемого слоя (ширина среза) – длина стороны сечения срезаемого слоя, образованной поверхностью резания.

ОСНОВНОЙ ТЕКСТ

Лекция 1. Общие положения и краткая справка об истории развития науки о резании материалов

План лекции:

1. Общие положения.
2. Краткая справка об истории развития науки о резании материалов.

Общие положения

Материаловедение является одной из инженерных дисциплин, которая используется при курсовом и дипломном проектировании, а также в практической деятельности инженера.

Прогресс в области машиностроения тесно связан с созданием и освоением новых, наиболее экономичных материалов, обладающих самыми разнообразными механическими и физико-химическими свойствами. Обработка материалов резанием является универсальным методом их размерной обработки, позволяет обрабатывать по-

верхности деталей из наиболее используемых конструкционных материалов, различной формы и размеров с высокой точностью, обладает малой энергоемкостью и высокой производительностью. Вследствие этого обработка резанием является основными, наиболее используемым в промышленности процессом размерной обработки деталей.

Предметом изучения курса «Технология конструкционных материалов» являются современные, рациональные и распространенные в промышленности технологические методы формообразования заготовок и деталей машин механической обработкой (в частности, резанием).

Цель курса – дать студентам знания об основных технологических методах формообразования деталей, а также ознакомить с возможностями современного машиностроения, с перспективами развития и совершенствования технологических методов обработки материалов, заготовок и деталей; с основными понятиями и сведениями о технологичности конструкций заготовок и деталей машин с учетом их методов получения и обработки.

Изучение раздела «Обработка материалов резанием и режущий инструмент» курса «Материаловедение и технология конструкционных материалов» по направлению образования «Агроинженерия» позволяет будущему специалисту успешно овладеть вопросами проектирования специального оборудования, инструмента и технологиями обработки различных видов материалов.

Данный раздел основывается на сведениях, рассматриваемых в физике твердого тела, реологии, физической химии, механики сплошной среды, теории упругости, пластичности, ползучести и проч.

В первой части раздела изучается история развития науки о резании материалов, вклад в нее русских, украинских и белорусских ученых, а также состояние науки о резании материалов и перспективы ее развития, некоторые физико-механические свойства отдельных типов обрабатываемых материалов при резании и их испытания. Даются особенности процессов резания и анализируются типовые схемы обработки материалов.

Новый методический прием в изучении курса резания материалов заключается в обсуждении общих закономерностей резания применительно к различным материалам, а также влияния физико-механических свойств конкретного материала на особенности механики, кинематики и динамики резания. При этом реализуется возможность обучаемого самостоятельно ориентироваться в подхо-

дах к процессу резания, выбора геометрии режущей части инструментов и режимов резания.

Этот методический прием затрагивает различные области знаний и позволяет специалисту в какой-либо области знаний через их общность находить более короткий путь к оптимизации процесса резания конкретного материала.

При этом большая роль в учебном процессе отводится самостоятельной работе студентов. В этой связи изложение материала построено таким образом, чтобы при изучении курса можно было перейти от изучения учебного материала к работе с научной и технической литературой. В конце каждой части (и раздела) предлагаются задания для самоконтроля.

Краткая справка об истории развития науки о резании материалов

Резание материалов зародилось в древние времена. Первый режущий инструмент появился тогда, когда древний человек для обработки нужного материала применил острую кромку камня. Уже в тот период люди использовали лезвийный способ резания, поскольку он играл важную роль при разделке мяса убитых животных, снятии шкур и их обработки.

В железный и бронзовый века лезвийный инструмент приобрел широкое распространение в виде холодного оружия, используемого человеком для военных действий и охоты.

Со временем способы формирования лезвийного инструмента совершенствовались, при этом расширялась номенклатура обрабатываемых материалов.

С появлением металла его, прежде всего, начали использовать для изготовления режущих инструментов. Так, появилось наиболее универсальное орудие труда – нож, который являлся необходимой принадлежностью человека.

Помимо добывания пищи лезвийный инструмент находил применение в создании жилища, в строительстве которых огромная роль принадлежит дереву и его обработке. При этом человек стремился сделать рабочую поверхность лезвия шероховатой (зубчатой) или пилообразной. Такие инструменты служили для обработки древесины и других материалов с волокнистой структурой и вязкими свойствами.

Бурное развитие различных отраслей экономики поставило на поток производство таких материалов, как резина, пластмасса, стеклопластики, вызывающие необходимость создания новых способов резания или разделения этих материалов, обладающих упругими, пластическими и вязкими свойствами.

Основоположником науки о резании материалов лезвием является академик Василий Петрович Горячкин (1868–1935). В его трудах, а также в трудах его учеников В. А. Желиговского, И. Н. Капустина, И. В. Сабликова, И. Е. Резника и др. исследовались вопросы резания материалов лезвием.

Обработка материалов резцом получила широкое распространение более двухсот лет тому назад в связи с началом производства транспортных средств, вооружения и текстильных машин [1]. Их надежная работа зависит от точности изготовления деталей. Высокую точность изготовления деталей обеспечивает лишь обработка заготовок резанием со снятием стружки (резцом).

Изучение процессов резания резцом связано с созданием металлорежущих станков и механизмов. Механик А. К. Нартов создал прообраз токарного станка с самоходным суппортом. Первые экспериментальные исследования процесса резания были проведены профессором И. А. Тиме (1838–1920) в период 1865–1870 гг. Большое значение для резания металлов резцом нашли теоретические и экспериментальные исследования профессора К. А. Зворыкина (1861–1928), который предложил схему сил, действующую на резец с учетом трения. В 1896–1900 гг. работы А. А. Брикса, В. В. Гадолина, П. А. Афанасьева явились основой механики резания металлов.

Физические процессы резания металлов впервые исследовал Я. Г. Усачев (1873–1941). Он разработал методику измерения температур и соответствующий для этого прибор, создал теорию наростообразования в процессе резания. В 1922–1926 гг. А. Н. Челюсткий вывел формулу для определения силы резания. Наука о резании материала резцом получила дальнейшее развитие в 1935–1953 гг., когда была создана Комиссия по резанию при Совете Министров СССР, а также созданы твердые сплавы и новые сверхтвердые материалы для резцов.

Среди белорусских ученых особая роль принадлежит академикам Е. Г. Коновалову (1914–1976) и П. И. Ящерицыну (1915–2005), которые внесли значительный вклад в науку о резании материалов резцом.

Следует отметить, что буровой инструмент также существует много лет. Однако его интенсивное развитие началось с создания новых сверхтвердых сталей и материалов (искусственных алмазов).

Наиболее распространенным материалом, применяемым в строительстве, является природный камень. Камнеобработка (как отрасль промышленности) сформировалась в первой половине XVII века, когда были созданы крупные специализированные предприятия (Петергофский и Екатеринбургский гранитные, камнерезные заводы и др.). Первая машинная разработка камня, угля и сланцев относится к 1807 году, когда был организован Тивлинский мраморный завод. Имена талантливых мастеров по камню: Самсона Суханова, Якова Кокоина, Гавриила Намнова и многих других вошли в историю отечественной архитектуры.

Резание пуансоном связано с созданием прессового оборудования, которое получило развитие, преимущественно, с начала XVII века.

Модуль 1

СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

В результате изучения модуля студент должен:

– **знать** виды резания, деформационные и физические процессы, происходящие в зоне резания, качественные характеристики поверхностей деталей, основы технологии машиностроения;

– **уметь** применять полученные знания к решению практических задач по обработке заготовок в зависимости от требуемых качественных характеристик поверхностей деталей, разрабатывать технологические процессы механической обработки простых деталей.

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

ОСНОВНОЙ ТЕКСТ

Лекция 1. Теоретические основы процесса резания

План лекции:

1. Деформация в зоне резания.
2. Физические и тепловые явления в зоне резания.
3. Характеристики качества поверхностного слоя.

Деформация в зоне резания

В отраслях экономики используются различные материалы, подвергаемые обработке резанием. Все они имеют различные физико-механические свойства, влияющие на особенности процесса реза-

ния. Условно их можно объединить в три группы: минерального происхождения, органического и композиционные.

Под материалами минерального происхождения понимаются металлические и неметаллические материалы, а также минералы. Минералы разделяются на естественные и искусственные (продукты производства).

Материалы органического происхождения разделяют на животные, растительные и искусственные.

Под композиционными материалами подразумеваются искусственно созданные материалы, состоящие из соединения нескольких различных материалов (стеклопластики, карбофибры и др.).

Общим для процесса резания всех видов материалов является их способность разрушаться под воздействием сил резания, вызывающим режущим инструментом.

Классификация материалов по их способности к разрушению приведена на рисунке 1.1.

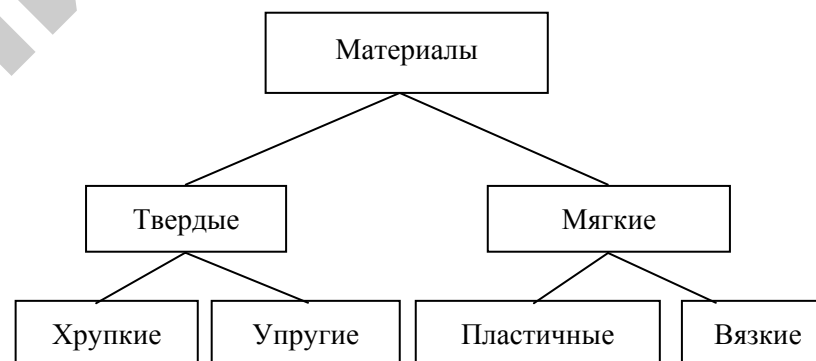


Рис. 1.1. Классификация материалов по прочности

Различие физико-механических свойств обуславливает наличие различных типов резания, которые можно свести к следующим: резание скалыванием (буром), пуансоном, резцом и лезвием (рис. 1.2).

Способ резания скалыванием применяется преимущественно для обработки твердых и хрупких материалов, например, при бурении и добыче угля, горных пород и сланцев. Угол заострения такого инструмента находится в пределах $90^\circ \dots 120^\circ$. Под действием силы P напряжения развиваются непосредственно в зоне кромки режущего инструмента, имеющей радиус округления $r \geq 1$ мм (рис. 1.2, а).

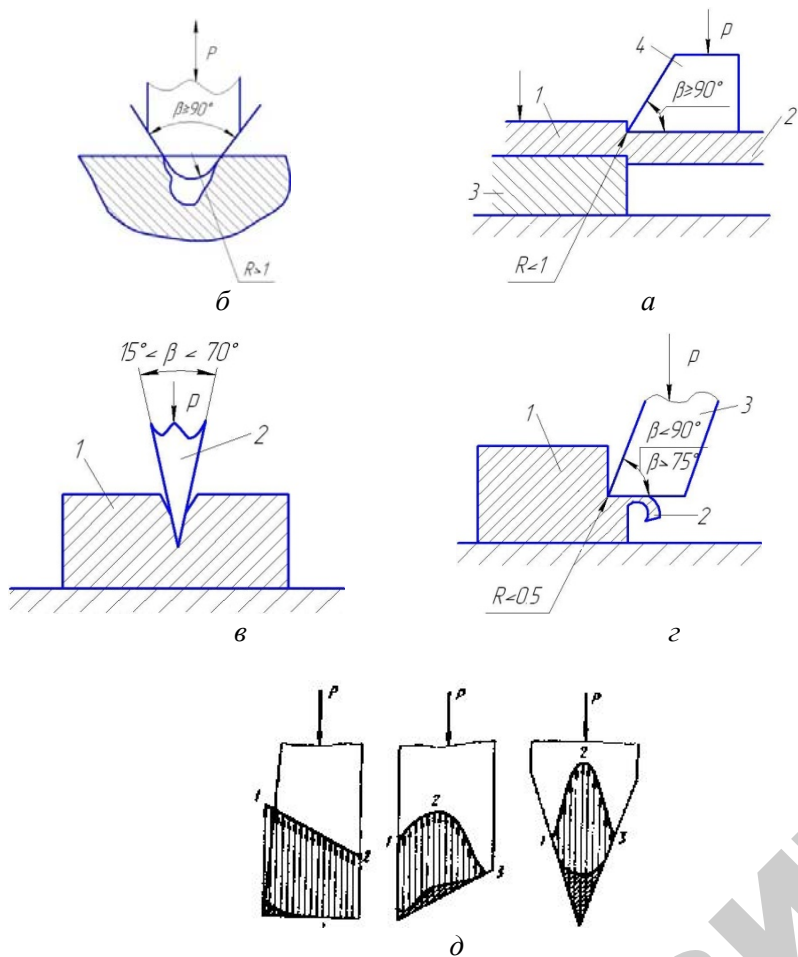


Рис. 1.2 Способы резания

(а – скалыванием; б – пуансоном; в – лезвием; г – резцом),

а также эпюры напряжений и характер износа при резании (д):

1 – режущий элемент; 2 – обрабатываемый материал; P – усилие резания

Способ обработки пуансоном применяется преимущественно при вырубке заготовок (деталей) из листового материала. Угол заострения такого инструмента находится в пределах $80^\circ \dots 90^\circ$, а напряжения распространяются на переднюю и заднюю поверхности инструмента, имеющие радиус округления $\rho \geq 0,3$ мм (рис. 1.2, б).

Способ обработки резцом со снятием стружки преимущественно используется для обработки металлических материалов. В этом случае нагрузка на поверхности резца определяется благодаря силе резания P и углу заострения $\beta \leq 75^\circ$. Радиус округления лезвия $\rho \geq 0,1$ мм (рис. 1.2, в).

При обработке лезвием преимущественно мягких вязких и вязкоупругих материалов нагрузка воспринимается непосредственно на острие лезвия, которое имеет угол заострения в пределах $60^\circ \dots 10^\circ$, а радиус округления кромки $\rho \geq 0,01$ мм (рис. 1.2, г). Из приведенных четырех способов резания резание резцом получило широкое распространение в связи с развитием обработки металлов и созданием машин. Таким образом, последующее изучение процессов резания будет связано с этим видом обработки материалов. Процесс резания резцом осуществляется: станком, служащим для закрепления заготовки и резца, придания им относительных рабочих и вспомогательных движений. Режущий инструмент служит для обеспечения процесса резания со снятием стружки, а режимы резания, обеспечивают наиболее выгодные условия резания с позиций качества обработки поверхности и производительности процесса.

Процесс резания резцом, преимущественно металлических (изотропных) материалов путем снятия стружки предусматривает следующие методы обработки (по типу применяемого оборудования): точение, сверление, фрезерование, строгание, шлифование и другие.

Отделение срезаемого слоя металла производится режущим лезвием инструмента. Режущая часть инструмента ограничивается рабочими поверхностями, которые в зависимости от расположения относительно обрабатываемого изделия имеют определенные названия. Разные инструменты имеют различную форму зажимной и режущей частей. Однако режущие части этих инструментов имеют общее устройство и ограничиваются рабочими поверхностями, присущими режущей части любого инструмента. Обычно режущая часть имеет одну переднюю и несколько задних поверхностей.

На рисунке 1.3. показаны рабочие поверхности и режущие кромки режущих частей некоторых инструментов (токарного и долбежного резцов, спирального сверла, слесарного зубила и зерен абразивного инструмента).

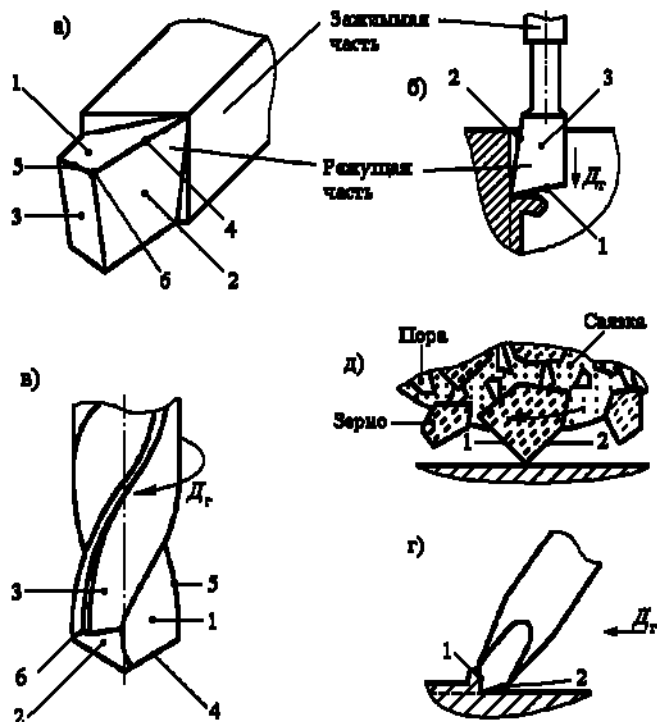


Рис. 1.3. Составные части и рабочие поверхности инструментов (а – токарного резца, б – долбежного резца, в – спирального сверла, г – слесарного зубила, д – зерен абразивного инструмента):

1 – передняя поверхность; 2 – главная задняя поверхность; 3 – вспомогательная задняя поверхность; 4 – главная режущая кромка; 5 – вспомогательная режущая кромка; 6 – вершина режущего лезвия

В основе физики процесса резания лежит образование стружки, которой предшествует упругое и пластическое деформирование материала резцом (силой P).

Результатом процесса резания является образование новой поверхности. Поскольку прочность обрабатываемого материала соизмерима с прочностью материала инструмента, то для обеспечения работоспособности инструмента его приходится упрочнять путем увеличения угла заострения до 90° и более. При такой конфигурации инструмента весь срезаемый слой припуска подвергается пластической деформации и превращается в стружку, а сам процесс резания по существу становится процессом пластической деформации всего срезаемого слоя припуска.

В процессе механической обработки в зависимости от свойств обрабатываемого материала, геометрических параметров режущего инструмента и величин элементов режима резания могут образовываться различные виды стружки. По внешнему виду они очень разнообразны, но подразделяется на три основных вида стружки (скалывания, сливная стружка и стружка надлома).

На рисунке 1.4 представлена микрофотография корня стружки скалывания, а на рисунке 1.5 – микрофотография корня сливной стружки.

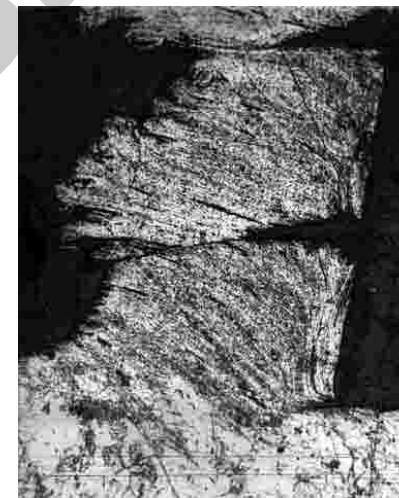


Рис. 1.4. Микрофотография корня стружки скалывания

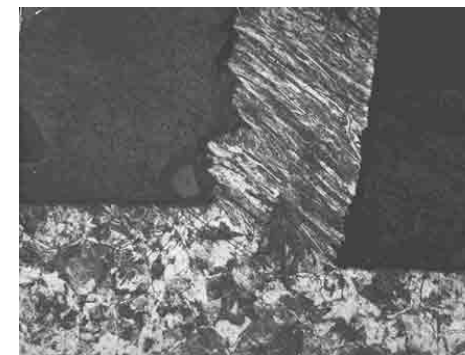


Рис. 1.5. Микрофотография корня сливной стружки

Следует отметить то, что в стружке скалывания четко видны ее отдельные элементы. В сливной стружке отдельные ее элементы трудно различимы (рис. 1.5).

Вид образующейся стружки зависит от многих факторов (например, свойства внешней среды, в которой осуществляется резание, величины переднего угла инструмента и т. д.).

При внимательном рассмотрении корня сливной стружки можно увидеть, что отдельные ее элементы деформированы (вытянуты) в направлении, не совпадающем с положением плоскости скалывания, расположенной под углом β_1 (рис. 1.6). На рисунке видно, что разрушение срезаемого слоя происходит по плоскости скалывания, а наибольшая пластическая деформация происходит в другом направлении, под углом β_2 к этой плоскости. Направление под углом β_1 принято называть направлением наибольших напряжений, а направление под углом β_2 – направлением наибольших деформаций.

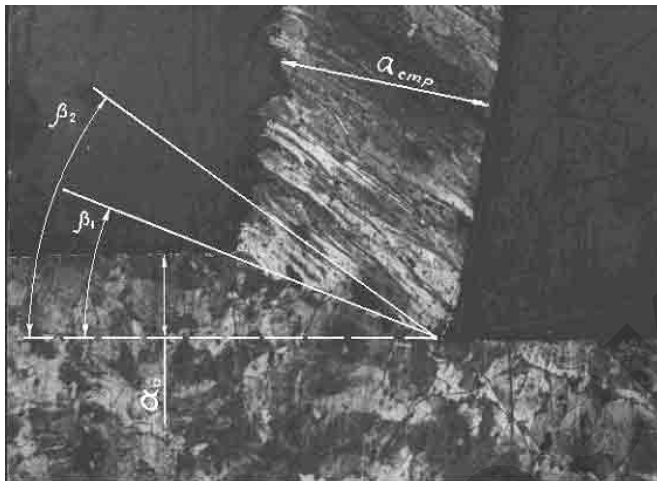


Рис. 1.6. Микрофотография корня стружки, полученного при точении

На фотографиях корней стружек можно видеть то, что в прирезцовой части стружки (рис. 1.4) деформация не имеет строго выраженного направления, прирезцовые слои металла вытянуты в направлении, параллельном передней поверхности инструмента. Та-

кая вторичная деформация срезаемого слоя происходит из-за сильного трения на передней поверхности инструмента, в зоне ее контакта с прирезцовой поверхностью уже образовавшейся стружки.

При резании материалов со средней степенью пластичности на средних скоростях резания образуются стружки скалывания. При резании мягких пластичных материалов на больших скоростях резания образуются сливные стружки.

Процесс образования стружек скалывания происходит в следующей последовательности (рис. 1.7).

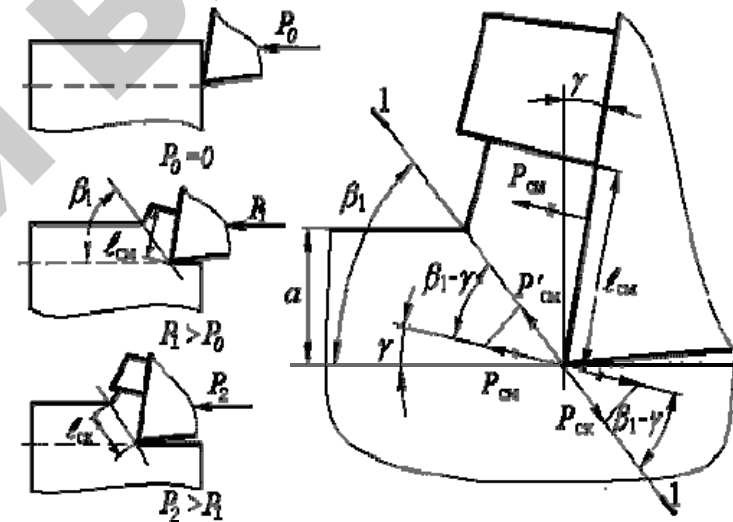


Рис. 1.7. Схема образования стружек скалывания

Под действием силы P резец внедряется в обрабатываемый материал и производит смятие в некотором объеме. По мере перемещения резца длина площадки его смятия $l_{см}$ увеличивается и на обрабатываемый материал (его элементарный объем – элемент будущей стружки) действует возрастающая сила. Увеличение этой силы идет до тех пор, пока не произойдет скалывание элемента по плоскости 1–1 под углом β_1 . Эта плоскость называется плоскостью скалывания, а угол β_1 – углом скалывания.

Со стороны резца на элемент стружки действует сила $P_{сш}$, которые определяются по формуле:

$$P_{\text{см}} = \sigma_{\text{см}} \cdot f_{\text{см}} = \sigma_{\text{см}} \cdot l_{\text{см}} \cdot b,$$

где $\sigma_{\text{см}}$ – предел прочности обрабатываемого материала на смятие;
 b – ширина среза; $l_{\text{см}}$ – длина площадки смятия.

Элемент удерживается силой $P_{\text{ск}}$ которая определяется следующим образом:

$$P_{\text{ск}} = \tau_{\text{ск}} \cdot f_{\text{ск}} = \tau_{\text{ск}} \cdot l_{\text{ск}} \cdot b,$$

$$l_{\text{ск}} = \frac{a}{\sin \beta_1},$$

где $\tau_{\text{ск}}$ – предел прочности обрабатываемого материала на сдвиг (скальвание); a – толщина среза.

Для скальвания элемента необходимо, чтобы

$$P'_{\text{ск}} = P_{\text{см}} \cdot \cos(\beta_1 - \gamma) \geq P_{\text{ск}},$$

$$\sigma_{\text{см}} \cdot l_{\text{см}} \cdot b \cdot \cos(\beta_1 - \gamma) - \tau_{\text{ск}} \cdot l_{\text{ск}} \cdot b,$$

$$l_{\text{см}} = \frac{\tau_{\text{ск}}}{\sigma_{\text{см}}} \cdot \frac{a}{\sin \beta_1} \cdot \frac{1}{\cos(\beta_1 - \gamma)}.$$

Отсюда видно, что размеры скальваемых элементов зависят от физико-механических свойств обрабатываемого материала, толщины среза, значений переднего угла и угла скальвания, величина которого зависит от свойств внешней среды, в которой осуществляется резание.

Периодический характер образования стружки вызывает колебания величины силы резания, что делает процесс резания динамически неустойчивым.

Признаком появления стружки скальвания является наличие различных на глаз ее элементов. Скальвание элементов не приводит к разрушению металла, стружка представляет собой прочное тело из крепко соединенных друг с другом элементов.

Сливная стружка представляет собой сплошную ленту, в которой отдельные ее элементы без специальных оптических приборов трудно различимы и не просматриваются. В отличие от процесса образования стружек скальвания, в сливных стружках деформация смятия происходит одновременно со сдвигом элементов. Как только

произойдет сдвиг элемента, на плоскости сдвига металл упрочнится и элемент остановится, прекратит свое движение по плоскости скальвания. При остановке он снова сминается движущимся инструментом, площадка смятия у основания элемента увеличивается, сила $P_{\text{см}}$ становится больше силы $P_{\text{ск}}$ и элемент вновь сдвигается. Этот процесс происходит в течение всего времени образования стружки. Следует отметить, что процесс образования стружки здесь не заканчивается в зоне сдвига. При образовании сливных стружек процесс их формирования продолжается в течение всего времени движения по передней поверхности режущего инструмента.

При резании хрупких металлов образуются стружки надлома. Резец, внедряясь в металл, не сдвигает его, а сжимает и вырывает сжатый надломленный элемент. Разрушение идет по поверхности, произвольно охватывающей напряженную зону, поэтому обработанная поверхность получается неровной.

В связи с тем, что при механической обработке весь срезаемый слой припуска подвергается пластической деформации форма и размеры срезаемого слоя изменяются. Ширина среза остается неизменной, а толщина стружки увеличивается по сравнению с толщиной среза. Поскольку объем стружки равен объему срезанного слоя, ширина стружки равна ширине среза, а толщина стружки больше толщины среза, то должно произойти уменьшение длины стружки по сравнению с длиной срезанного слоя. Это явление (уменьшение длины стружки по сравнению с длиной поверхности, по которой она срезана) называется усадкой (рис. 1.8).

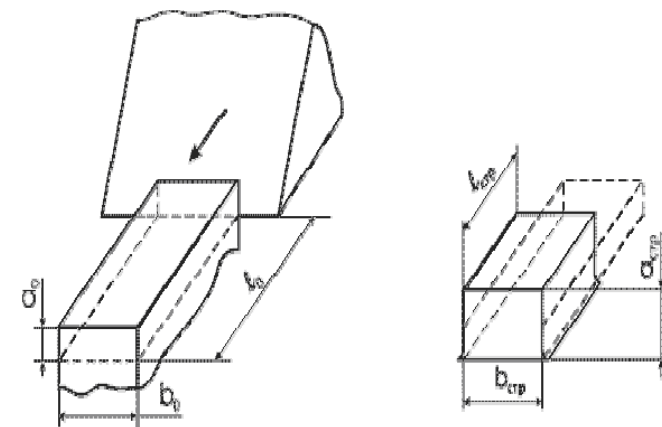


Рис. 1.8. Усадка стружки

Количественно усадка оценивается коэффициентом усадки стружки, который отражает величину пластической деформации, имевшей место при резании. Поэтому при исследовании влияния какого-либо фактора на процесс резания часто оценивают это влияние по изменению величины коэффициента усадки стружки.

На схеме (рис. 1.8) показано уменьшение длины стружки $l_{стр}$ по сравнению с длиной среза l_0 . Ширина стружки не изменяется, но на прирезковой ее стороне имеет место уширение тонкого прирезцового слоя. Этим уширением можно пренебречь, поскольку оно не распространяется на всю толщину стружки. Уменьшение длины стружки называется продольной усадкой, увеличение толщины стружки – поперечной усадкой. Соответственно и коэффициенты усадки называются коэффициентами продольной усадки и поперечной усадки стружки. Количественно эти коэффициенты равны между собой.

Поскольку объем стружки равен объему срезаемого слоя, то

$$a_0 v_0 l_0 = a_{стр} v_{стр} l_{стр},$$

$$v_0 = v_{стр},$$

поэтому

$$a_0 l_0 = a_{стр} l_{стр},$$

$$\frac{l_0}{l_{стр}} = \frac{a_{стр}}{a_0},$$

но $\frac{l_0}{l_{стр}}$ есть коэффициент продольной усадки $K_l = \frac{l_0}{l_{стр}}$,

а $\frac{a_{стр}}{a_0}$ — коэффициент поперечной усадки $K_a = \frac{a_{стр}}{a_0}$.

Следовательно

$$K_l = K_a = K.$$

Величина коэффициента усадки стружки зависит от свойств обрабатываемого материала, геометрии режущего лезвия инструмен-

та, свойств внешней среды, в которой осуществляется резание, и других факторов. Из элементов режима резания на усадку (величину коэффициента усадки) менее всего влияет глубина резания, более – подача и наиболее значительно – скорость резания (с ее увеличением усадка уменьшается). При резании углеродистых сталей коэффициент усадки стружки находится в пределах 2...3. При резании трудно обрабатываемых материалов, (жаропрочные и титановые сплавы, коррозионно-стойкие стали и другие), иногда наблюдается «отрицательная» усадка, при которой толщина стружки меньше толщины срезаемого слоя.

Физические и тепловые явления в зоне резания

При резании металлов срезаемый слой в результате пластического деформирования приобретает повышенную физическую активность и будучи плотно прижатым силами нормального давления к передней поверхности режущего инструмента схватывается (сваривается) с ней.

Схватыванию обрабатываемого материала с материалом инструмента способствуют высокая температура в зоне резания и то обстоятельство, что при резании в контакт вступают вновь образованные ювенильные физико-химически чистые, свободные от каких-либо пленок, поверхности. Первоначально на поверхности контакта стружки с передней поверхностью инструмента происходят точечные контакты с образованием налипков на этой поверхности. С течением времени число таких налипков увеличивается и они покрывают площадь контакта сплошной тонкой пленкой из обрабатываемого материала, которая называется первослоем. Поскольку этот первослой обладает абсолютным сродством с обрабатываемым материалом, то между ними акты схватывания с образованием более крупных наслоений происходят чаще и интенсивнее. Схватывание и наслаивание микрообъемов обрабатываемого металла на переднюю поверхность инструмента приводит к образованию на ней слоя упрочненного микролегированного материала, прочно соединенного с инструментом. Процессы периодического схватывания и последовательного наслаивания упрочненного материала стружки повторяются многократно, в результате чего на передней поверхности образу-

ется новое, довольно крупное тело, называемое наростом. На фотографии видно ярко выраженное слоистое строение нароста (рис. 1.9). Форма нароста зависит от свойств обрабатываемого материала, элементов режима резания и других условий обработки. Нарост состоит из основания и вершины. Вершина является неустойчивой частью нароста. По мере увеличения высоты нароста он разрушается и уносится из зоны стружкообразования, сходящей по ней стружкой или поверхностью резания обрабатываемой заготовки.

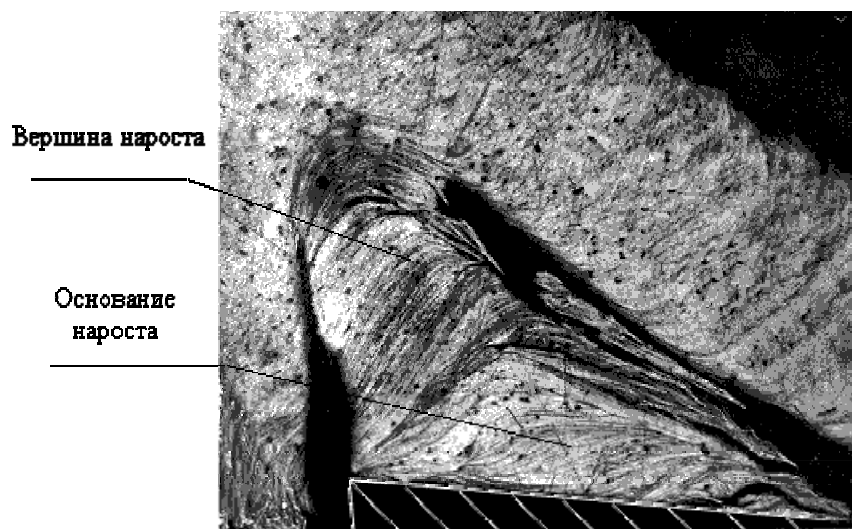


Рис. 1.9. Строение нароста

Из параметров режима резания на интенсивность образования, размеры и форму нароста наибольшее влияние оказывает скорость резания. На малых скоростях резания из-за образования мелкоэлементной сыпучей стружки нарост не удерживается на передней поверхности инструмента, с увеличением скорости интенсивность образования нароста возрастает, но до определенного значения скорости, после которого интенсивность его образования и размеры начинают уменьшаться.

На величину температуры в зоне резания влияют следующие факторы: физико-механические свойства обрабатываемого материала, режим резания, геометрические параметры инструмента. Из гео-

метрических параметров инструмента наибольшее влияние на температуру резания оказывают следующее: угол резания δ , главный угол в плане ϕ , радиус округления вершины резца r . С увеличением угла резания и главного угла в плане температура в зоне резания увеличивается, а с ростом радиуса округления – уменьшается. Применение СОТС уменьшает температуру в зоне резания [2].

Процесс резания металлов сопровождается значительным тепловыделением в результате того, что механическая энергия резания переходит в тепловую. Основными источниками возникновения тепла в зоне резания являются:

- 1) внутреннее трение между частицами срезаемого слоя в результате его пластической деформации при образовании стружки (Q_1);
- 2) трение стружки о переднюю поверхность инструмента (Q_2);
- 3) трение поверхности резания и обработанной поверхности по задним поверхностям инструмента (Q_3).

Схема расположения источников тепла в зоне резания представлена на рисунке 1.10.

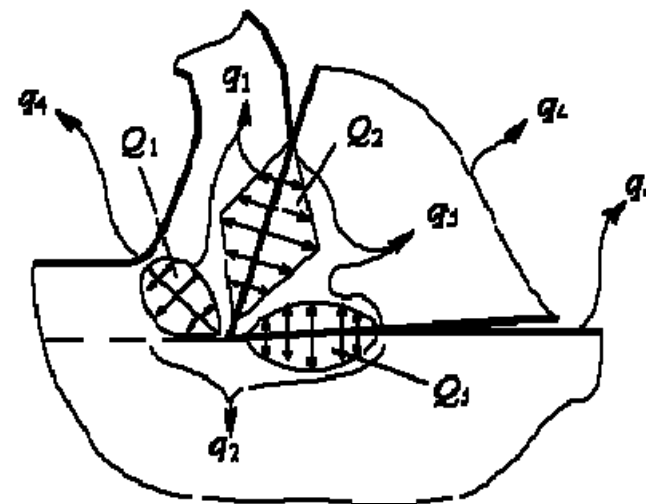


Рис. 1.10. Источники тепла в зоне резания

Наиболее интенсивное выделение тепла происходит в области стружкообразования, прилегающей к плоскости скалывания 1—1 (рис. 1.11). В этой области теплота выделяется в результате двух одновременно протекающих процессов: 1) в результате пластической деформации сдвига элементов образующейся стружки по плоскости скалывания; 2) в результате пластической деформации сжатия и частично пластической деформации смятия тонкого слоя металла, прилегающего к плоскости скалывания со стороны срезаемого слоя припуска. Этот слой на рисунке 1.11 выделен штриховкой.

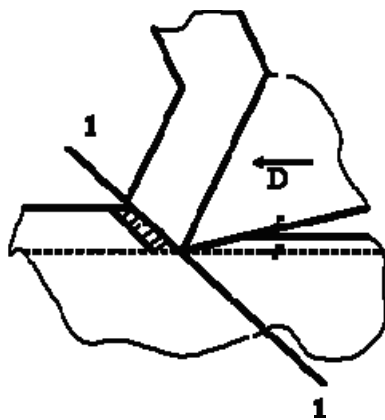


Рис. 1.11. Слой упруго-пластической деформации впереди зоны стружкообразования перед плоскостью скалывания 1—1

Упругая деформация всегда предшествует пластической деформации и потому имеет место также при пластической деформации срезаемого слоя при резании металлов. Пластическая деформация в этом слое определяется путем измерения микротвердости и существует по той же причине, что и деформация материала под поверхностью резания и под обработанной поверхностью. Следует отметить, что количество тепла, выделяющегося в результате упругой деформации невелико, но предполагать вероятность этого процесса и учитывать его существование необходимо.

Общее количество выделяющегося при резании тепла равно сумме тепла, выделившегося во всех его источниках, т. е.

$$Q_{\text{рез}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4.$$

Тепло, образующееся в процессе резания, не аккумулируется в местах образования, а распространяется от точек с более высокой температурой к точкам с более низкой температурой. Из зоны резания тепло уносится со стружкой (q_1), передается в заготовку (q_2) и инструмент (q_3), а также распространяется в окружающую среду (q_4). Тепловой баланс процесса резания может быть выражен следующим уравнением:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4.$$

Соотношение количества тепла, отводимого со стружкой, передаваемого в деталь, инструмент и окружающую среду зависит от физико-механических свойств обрабатываемого материала, режима резания, режущего инструмента и внешних условий, в которых осуществляется резание.

В начале обработки температура в зоне резания растет до некоторого определенного значения и устанавливается постоянной, соответствующей стационарному тепловому режиму, при котором выделение тепла равняется его отводу по перечисленным направлениям. Для практических целей наибольший интерес представляет температура рабочей части инструмента и обрабатываемой заготовки. Тепло, переходящее в заготовку, увеличивает ее температуру и вызывает температурное изменение ее размеров, а также коробление, которые иногда являются причинами брака.

Теплота, переходящая в инструмент, при ее относительной незначительности, концентрируясь в малых объемах материала инструмента, вызывает его сильный разогрев в этих объемах и снижение режущих свойств и износоустойчивости инструмента. С увеличением скорости резания доля переходящего в инструмент тепла, уменьшается, но абсолютное его количество увеличивается, и температура в зоне резания достигает значений, близких к температуре красностойкости металла инструмента.

Следует отметить, что существует несколько методов измерения температуры в зоне резания.

Калориметрический метод (рис. 1.12) заключается в том, что стружка собирается в калориметре с водой. Зная количество воды в калориметре, вес стружки и ее теплоемкость, можно определить

среднюю температуру стружки по разности температуры воды в калориметре до резания и после него. Таким образом,

$$\theta_{\text{стр.}} = \theta_{\text{см.}} + \frac{G_{\text{воды}} \cdot (\theta_{\text{см.}} - \theta_{\text{воды}})}{G_{\text{стр.}} \cdot C_{\text{стр.}}},$$

где $\theta_{\text{стр.}}$ – средняя температура стружки; $\theta_{\text{см.}}$ – температура смеси воды и стружки в калориметре; G – вес воды в калориметре; $G_{\text{стр.}}$ – вес стружки в калориметре.

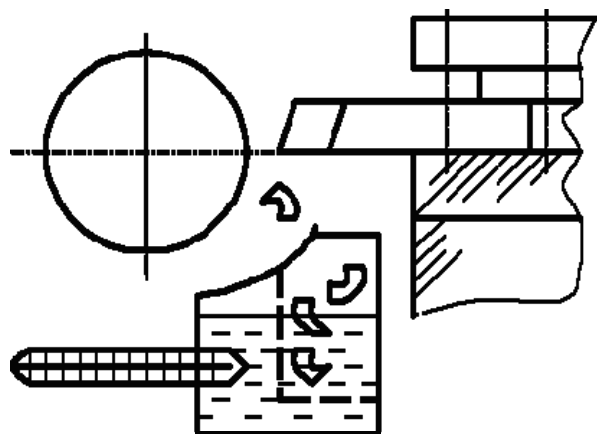


Рис. 1.12. Схема измерения температуры калориметрическим методом

Температуру поверхности инструмента за пределами зоны его контакта с обрабатываемым изделием или стружкой можно определить с помощью термочувствительных красок, которые изменяют свой цвет при нагревании до определенной температуры.

Метод измерения температуры с помощью термопар является наиболее удобным и более широко применяется в современных исследованиях. Метод измерения естественной термопарой (рис. 1.13) наиболее прост по осуществлению, но для получения абсолютных значений температур требует проведения очень трудоемкой операции градуирования термопары «инструмент – обрабатываемый материал».

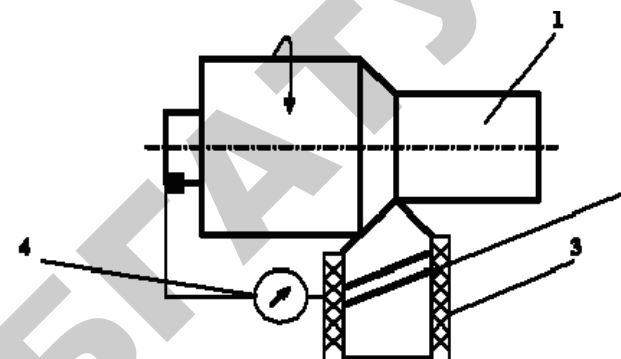


Рис. 1.13. Схема измерения температуры в зоне резания естественной термопарой:
1 – обрабатываемая заготовка; 2 – резец;
3 – изоляция; 4 – милливольтметр

Для наблюдения за изменением температуры контактных слоев стружки при ее перемещении по длине контакта может применяться «бегущая термопара». Сущность этого метода заключается в том, что в заготовку заделываются термопары, которые при перерезании их режущим лезвием инструмента образуют слой термопары, скользящий (бегущей) по передней и задней поверхностям инструмента (рис. 1.14).

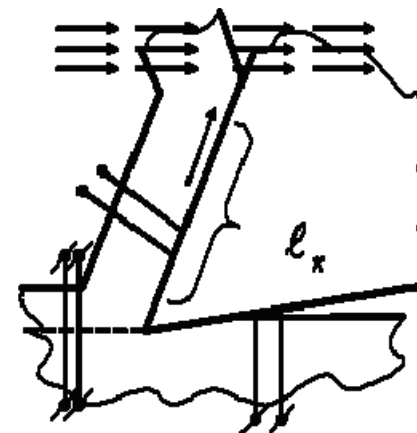


Рис. 1.14. Схема измерения температуры на передней и задней поверхностях инструмента методом бегущей термопары

Разновидностью метода естественной термопары является метод двух резцов (рис. 1.15), который сводится к резанию одновременно двумя резцами, изготовленными из разных материалов. Этот метод позволяет исключить трудоемкий процесс градуирования термопары для каждого вида обрабатываемого материала; термопара градуируется один раз, и полученная градуировочная кривая используется для всех обрабатываемых материалов.

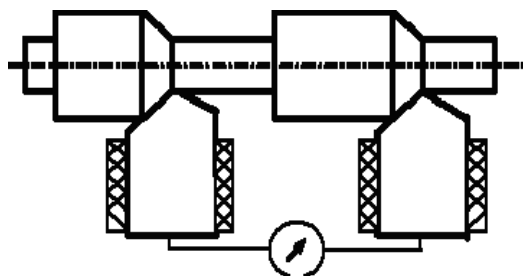


Рис. 1.15. Схема измерения температуры методом двух резцов

Температура в зоне резания определяется также с применением метода искусственной термопары (рис. 1.16.).

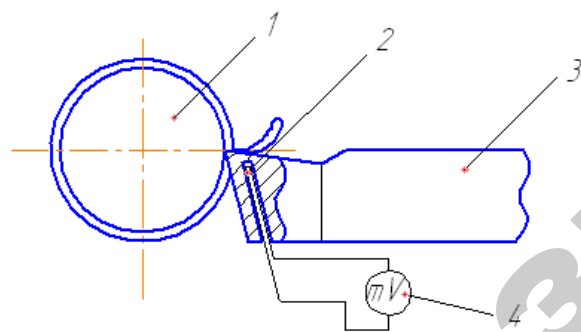


Рис. 1.16. Схема измерения температуры методом искусственной термопары:
1 – заготовка; 2 – искусственная термопара;
3 – токарный резец; 4 – мультиметр

Измерениями установлено, что теплота в зоне резания распределяется неравномерно. Наибольшая температура имеет место на передней поверхности инструмента при удалении от главной режу-

щей кромки на $1/3$ длины контакта стружки с передней поверхностью. Совокупность мгновенных значений температур в различных точках зоны резания называется температурным полем. Температурное поле дает наглядную картину распределения температур в зоне резания (рис. 1.17).

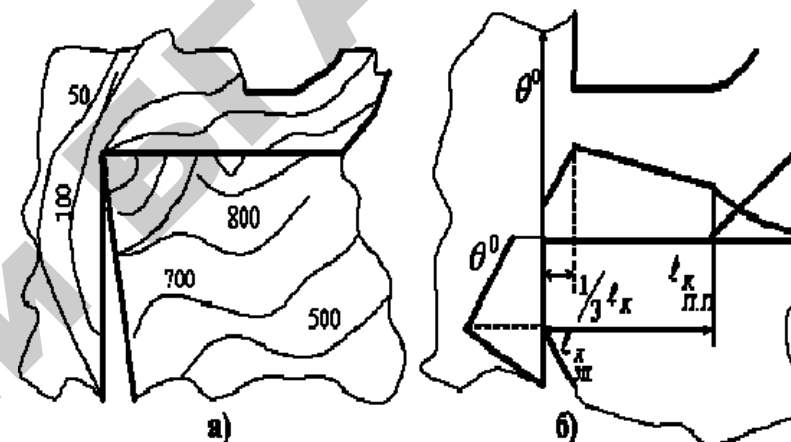


Рис. 1.17. Температурное поле (а) и распределение температуры в зоне резания (б)

Следует отметить, что температура в зоне резания зависит от физико-механических свойств обрабатываемого материала, режима резания, геометрии режущего инструмента и многих других факторов. Наибольшее влияние на температуру в зоне резания оказывает скорость резания, в меньшей степени – подача и почти не влияет глубина резания. Из геометрических параметров режущей части инструмента наиболее сильно на температуру резания влияют передний угол, главный угол в плане и радиус закругления при вершине, а также сопряжения главной и вспомогательной режущих кромок на вершине режущего лезвия инструмента.

Различными исследователями предложен ряд аналитических и эмпирических формул для расчета температуры в зоне резания. Следует отметить, что аналитические формулы сложны и включают в себя большое число не всегда известных величин. Эмпирические же формулы просты, но справедливы лишь в пределах условий проведения эксперимента. Структура эмпирических формул зависит от числа учтенных факторов, оказывающих влияние на величи-

ну температуры в зоне резания. Наиболее общими являются формулы вида

$$\theta = C_0 \cdot t^{x_0} \cdot s^{y_0} \cdot v^{z_0},$$

где θ – температура в зоне резания, °C; t – глубина резания, мм; s – подача, мм/об; v – скорость резания, м/мин; C_0 – константа, учитывающая условия резания; x_0 , y_0 , z_0 – показатели степени, показывающие степень влияния каждого элемента режима резания на температуру в зоне резания.

Наиболее часто величина показателей степени для каждого из элементов режима резания находится в пределах:

$$x_0 = 0,1 - 0,2;$$

$$y_0 = 0,2 - 0,25; z_0 = 0,4 - 0,6.$$

Это показывает, что наибольшее влияние на температуру в зоне резания оказывает скорость резания, в меньшей степени подача, а глубина резания не оказывает на температуру влияния. Это объясняется тем, что с увеличением глубины резания пропорционально ей увеличивается длина рабочего участка главной режущей кромки, а напряженность процесса резания остается прежней, т. е. не изменяется.

Режущий инструмент в процессе резания воздействует на обрабатываемый материал и вызывает образование стружки, а также формирование новой поверхности. Однако сам инструмент при этом подвергается воздействию со стороны обрабатываемого материала и интенсивно изнашивается. Режущие инструменты работают в условиях действия громадных давлений на поверхностях контакта и высокой температуры, а также интенсивного трения чистых, вновь образованных, ювенильных поверхностей. Из-за этого интенсивность изнашивания режущих инструментов многократно (в тысячи и десятки тысяч раз) превосходит интенсивность изнашивания трущихся деталей машин.

Время работы режущего инструмента до затупления по выбранному и принятому критериям называется стойкостью или периодом стойкости и обозначается прописной буквой T латинского алфавита.

Рабочие поверхности режущего инструмента изнашиваются от механического воздействия на него обрабатываемого материала,

а также и в результате молекулярно-термических процессов, происходящих в зоне резания на поверхностях контакта инструмента с обрабатываемым материалом. Инструмент может подвергаться различным, видам изнашивания: абразивному, адгезионному, химическому, диффузионному, электроэрозионному и другим. В процессе резания все эти виды изнашивания могут иметь место, но в зависимости от конкретных условий один из них является доминирующим и определяет интенсивность изнашивания его режущего инструмента и стойкость.

Абразивное изнашивание. Оно происходит по причине царапания поверхностей инструмента твердыми включениями обрабатываемого материала. Твердые включения при этом действуют как микрорезцы, т. е. скоблят поверхность инструмента.

Частицы инструментального материала, вырывающиеся стружкой, или частицы периодически разрушающегося нароста, обладающего твердостью, близкой к твердости инструментального материала, путем волочения по контактными поверхностям инструмента уносят некоторый объем инструментального материала и оставляют следы в виде царапин. При резании инструментом, изготовленным из твердого сплава, абразивный износ происходит путем выскабливания мягкой кобальтовой связки и механического вырывания твердых зерен карбидов.

При резании обрабатываемого материала в химически активных средах возможен абразивно-химический износ в результате интенсивного образования, соскабливания и уноса образующихся мягких пленок соединений элементов среды с материалом инструмента.

Адгезионное изнашивание. Оно совершается путем отрыва силами адгезии мельчайших частиц инструментального материала. Поскольку при резании на поверхностях контакта действуют значительные давления и в соприкосновение вступают вновь образованные ювенильные поверхности, свободные от каких-либо пленок, то создаются благоприятные условия для интенсивной адгезии контактирующих материалов. При сближении их на расстояние около 100 ангстрем проявляются силы молекулярного взаимодействия и образуются так называемые «мостики холодного сваривания». Разрушение может проходить в объеме их инструментального материала и менее прочного обрабатываемого материала. В этом случае образовавшийся на поверхности инструмента налип вызывает ос-

ложение перемещения стружки, дополнительное ее деформирование и локальное повышение температуры, которое приводит к ослаблению сил металлической связи инструментального материала.

Диффузионное изнашивание. При резании на высоких скоростях, когда в зоне резания возникает температура порядка 1000 °С, обрабатываемый материал размягчается, а соотношение значений твердостей $H_{им}$ и $H_{ом}$ становится очень большим, износ режущего инструмента, однако, не только не уменьшается, но еще больше возрастает. Это объясняется тем, что при высокой температуре ускоряется процесс взаимного диффузионного растворения инструментального и обрабатываемого материалов. Так, при комнатной температуре процесс диффузии идет очень медленно, но при температурах, близких к температурам плавления, скорость процесса диффузии возрастает в миллионы раз. Поскольку при резании время контакта обрабатываемого материала с инструментальным материалом исчисляется сотыми и тысячными долями секунды, то градиент концентрации постоянно велик и диффузионный износ протекает очень интенсивно.

Электророзионное изнашивание. Оно происходит в результате действия электрического тока, образующегося под влиянием термоэлектродвижущей силы (ТЭДС). Поскольку инструмент и обрабатываемый материал контактируют в отдельных точках с разной температурой, в каждой точке действует ТЭДС разной величины. В результате этого в зоне резания образуется сложная система электрических цепей (контуров), при разрыве которых происходит перенос капли одного из материалов на поверхность другого (в зависимости от знака ее заряда). При переносе капли обрабатываемого материала на поверхность инструмента она приваривается к его поверхности и образует слой, который выламывается вместе с объемом инструментального материала. Кроме того, твердая затвердевшая капля, проволочиваясь между обрабатываемым материалом и инструментом, царапает его поверхность и усиливает абразивное изнашивание. Это значительно усиливает изнашивание твердосплавных инструментов, работающих при больших скоростях резания, при которых в зоне резания развиваются ТЭДС (до нескольких десятков милливольт) и температура увеличивается до 1000 °С. Твердая частица в этом случае выскабливает размягченную и выдавленную на поверхность кобальтовую связку, что ослабляет со-

единение твердых карбидных зерен твердого сплава. Их выкрашивание приводит к лавинообразному развитию износа инструмента.

Характеристики качества поверхностного слоя

При резании возникают колебания системы (вибрации) СПИД. Они оказывают вредное влияние на качество обработки. Вибрации разделяются на два вида: вынужденные и автоколебания. Для уменьшения вибраций следует стремиться к созданию более жесткой системы СПИД. Кроме того, применяются разного рода гасители и другие устройства [3]. Качество обработанной поверхности характеризуется свойствами поверхностного слоя, приведенными на рисунке 1.18.



Рис. 1.18. Основные свойства обработанной поверхности

Геометрические характеристики обрабатываемых поверхностей, представлены на рисунке 1.19.

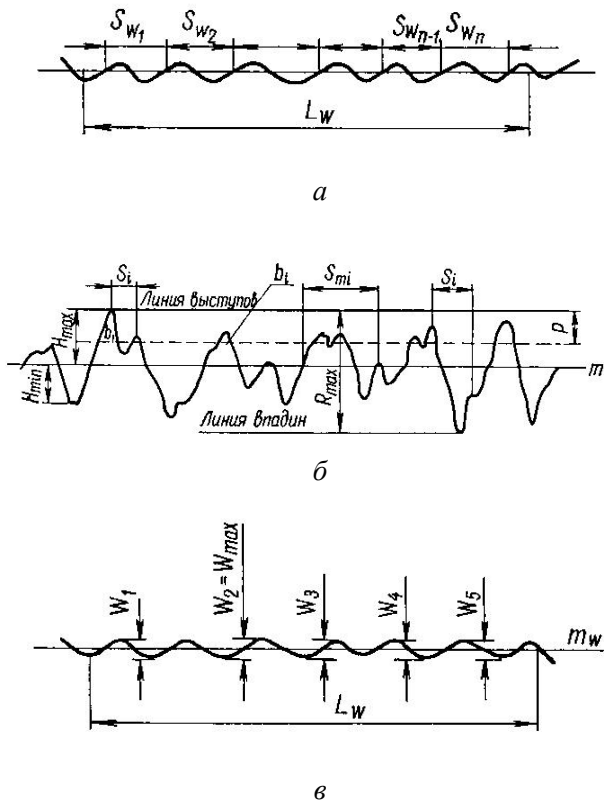


Рис. 1.19. Геометрические характеристики поверхности:
 а – волнистости (шаговые характеристики); б – шероховатости;
 в – волнистости (высотные характеристики)

Отклонение геометрических характеристик можно отнести к следующему (рис. 1.19):




h, h_1, h_2 – отклонения высотных характеристик (отклонения формы, волнистости и шероховатости) на базовой длине L .

Если $\frac{L}{h} > 1000$ мкм, то это отклонения формы (нормируются

кавалитетами); $1000 \geq \frac{L}{h} \geq 40$ – отклонения волнистости; $\frac{L}{h} < 40$ – отклонения шероховатости поверхностей.

Шероховатость поверхности оценивают средним арифметическим отклонением R_a на базовой длине L либо высотой неровности профиля R_z , взятым по десяти максимальным точкам профиля.

На чертеже способ обработки поверхности обозначается следующим образом:

- 1)  – обработка не нормируется;
- 2)  – обработка поверхности только резанием;
- 3)  – поверхность полученная путем литья, штамповки, прокате и другими методами.

Все поверхности по шероховатости разделяются на 14 классов. Классы шероховатости 6...14 разделяются на три разряда.

В процессе резания происходит механическое внедрение инструмента в материал и молекулярное притяжение режущей и обрабатываемой поверхностей. Повышение их микротвердости при механической обработке способствует уменьшению внедрения и контактного схватывания, и, следовательно, увеличивает износостойкость трущихся поверхностей. При трении оптимальная микротвердость поверхностей зависит от их конкретных условий изнашивания.

Наличие наклепа повышает эксплуатационные свойства трущихся деталей при небольших скоростях и давлении.

Остаточные напряжения, вызванные механической обработкой, снимаются в начальный период изнашивания, а затем в процессе трения возникают остаточные напряжения сжатия, которые не зависят от остаточных напряжений в поверхностном слое детали, действовавших до начала трения.

Структура поверхностного слоя может изменяться под воздействием режимов резания. В результате действия высоких температур в поверхностном слое заготовок при их обработке могут возникнуть структурные изменения, которые приводят к вторичной закалке

ке и образованию поверхностного слоя повышенной (по сравнению с основной структурой металла) твердости. Обработка закаленных металлов в поверхностном слое может сопровождаться отпуском различной степени.

Вопросы для самоконтроля

1. Приведите общую классификацию материалов и процессов резания.
2. Дайте краткую справку об истории развития науки о резании материалов.
3. Назовите основные виды стружки.
4. Какие явления относятся к физическим явлениям в процессе резания?
5. Что называют наклёпом обработанной поверхности?
6. Какое влияние оказывает нарост на процесс резания и качество обработанной поверхности?
7. Дайте определение усадки стружки и напишите расчётную формулу определения коэффициента усадки стружки.
8. Перечислите источники теплоты при резании.
9. Какое влияние оказывает теплообразование на процесс резания?
10. Какие процессы изнашивания инструмента имеют место при резании?
11. Какие факторы влияют на стойкость инструмента?
12. Какие характеристики определяют качество обработанной поверхности?
13. Назовите назначение СОТС при резании.
14. Назовите пути снижения вибраций при резании.
15. Какие элементы относятся к режимам резания?

Лекция 2. Кинематика процесса резания и назначение режимов обработки

План лекции:

1. Сила, мощность и скорость резания.
2. Назначение режимов резания и их связь с качеством обрабатываемой поверхности.

Сила, мощность и скорость резания

Кинематика резания изучает принципиальные схемы, силу и скорость резания, а также характер и траекторию движения инструмента. Совокупность траекторий движения инструмента определяет очертания внешнего контура поверхности. Принципиальные кинематические схемы резания разработал профессор Г. И. Грановский. Одной из важных характеристик кинематики резания является сила резания. Знание сил резания необходимо для проведения расчетов на прочность узлов станка, инструмента, приспособлений и на жесткость технологической системы [1; 2; 3].

При срезании слоя металла на передней поверхности инструмента действуют различные силы (нормальные, тангенциальные, а также трения). Их можно свести к одной равнодействующей, которая зависит от прочностных характеристик обрабатываемого материала, сечения среза, а также от углов резания, трения и сдвига. Таким образом, сила резания складывается из сил упругого и пластического деформирования, а также трения (сходящей стружки о переднюю и заднюю поверхности резца и об обрабатываемую заготовку).

Схема сил, действующих на резец при не свободном резании, представлена на рисунке 1.20.

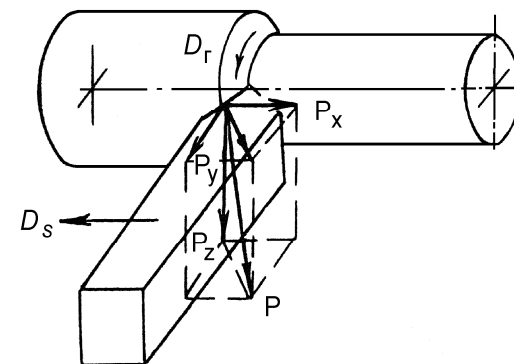


Рис. 1.20. Схема действующих сил на резец при точении:

P_z – тангенциальная составляющая силы резания, преодолевающая сопротивление материала при упругом пластическом деформировании и разрушении (образовании стружки); P_y – радиальная составляющая силы резания, преодолевающая упругие деформации заготовки в горизонтальной плоскости; P_x – осевая составляющая силы резания, преодолевающая силы продольной подачи резца; P – равнодействующая составляющих сил резания

При этом между составляющими силами резания существует примерно следующее соотношение:

$$P_z : P_y : P_x = 1 : (0,55 - 0,4) : (0,45 - 0,25).$$

Равнодействующая составляющих силы резания определяется следующей зависимостью:

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

При свободном точении $P = 1,1P_z$ (приблизительно)

При наружном точении и растачивании резцами из быстрорежущих сталей величина P_z (Н) определяется из следующей эмпирической зависимости:

$$P_z = 10 C_p t S^{0.75},$$

где C_p – коэффициент, учитывающий свойства обрабатываемого материала и условия работы.

При резании резцами, оснащенными пластинами твердого сплава, эта зависимость имеет вид

$$P_z = 10 C_{pt}^x S^y V^n,$$

где x, y, n – показатели степени, выбираемые по справочным таблицам режимов резания [1].

Уменьшение сил резания при скоростях 50...100 м/мин и выше объясняется возрастанием температуры в зоне резания, что приводит к уменьшению коэффициента трения, а также понижению прочностных характеристик обрабатываемого материала.

Мощность резания можно рассчитать по следующей формуле [2].

$$N = N_z + N_y + N_x = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} + \frac{P_y S_{non}}{1020 \cdot 60 \cdot 1000} + \frac{P_x S_{np}}{1020 \cdot 60 \cdot 1000}.$$

При продольном точении $S_{non} = 0$, поэтому $N_y = 0$. Величина N_x мала, так как скорость продольной подачи значительно меньше скорости резания.

Величиной N_x можно пренебречь. Тогда

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60}.$$

Мощность электродвигателя станка $N_{cm} \geq \frac{N}{\eta}$,

где $\eta = 0,75 \dots 0,8$ – КПД станка.

Крутящий момент на шпинделе станка можно определить по формуле:

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2},$$

где D – диаметр обрабатываемой заготовки (мм).

Среднее давление резания определяется по формуле:

$$P_{cp} = \frac{P_z}{t S}.$$

Существует большое количество приборов, называемых динамометрами, для измерения сил резания. В зависимости от количества измеряемых составляющих силы резания динамометры бывают: одно-, двух- и трехкомпонентными.

По принципу действия динамометры подразделяются на электрические, механические и гидравлические. Каждый динамометр состоит из устройства, служащего для закрепления резца и разложения силы резания на составляющие, датчиков (для преобразования измеряемых составляющих силы резания пропорционально механическому перемещению в силу электрического тока, электрическую емкость и т. д.) и регистрирующей аппаратуры.

Наибольшее применение имеют электрические динамометры. К ним относятся следующие: емкостные (конденсаторные), индукционные, пьезоэлектрические (с проволочными датчиками сопротивления).

Сходные конструкции динамометров используют и при измерении сил резания при сверлении, фрезеровании и других видах обработки.

Помимо экспериментальных способов измерения сил используют также теоретические зависимости расчета сил резания. Однако для этого необходимо иметь данные по целому ряду факторов. Потому чаще всего используют теоретико-экспериментальный способ или способы обработки экспериментальных данных, в частности, графоаналитический и аналитический (наибольших квадратов) [3, 4].

Периодом стойкости режущего инструмента называется время резания новым или восстановленным режущим инструментом до его отказа.

Под временем резания понимается интервал времени, в течение которого инструмент находится в непосредственном контакте с обрабатываемой поверхностью.

Наибольшее влияние на стойкость режущего инструмента оказывает скорость резания. Между скоростью резания и периодом стойкости инструмента при точении (при постоянстве прочих факторов) существует следующая зависимость:

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

где T – период стойкости резца, мин; C_v – постоянный коэффициент, зависящий, главным образом, от качества обрабатываемой поверхности и инструмента; m – показатель степени, зависящий от относительной стойкости инструмента. Так, для резцов из быстрорежущих сталей $m = 1/8$; для резцов из твердых сплавов $m = 1/5$; для резцов из минералокерамики $m = 1/2$.

Скорость резания оказывает решающее влияние на производительность процессов обработки. Однако с увеличением скорости резания возрастает и температура в зоне резания, увеличивается износ инструмента и, следовательно, уменьшается его стойкость. Это ведет к увеличению затрат на инструмент, т. е. увеличивается стоимость обработки. Поэтому скорость резания выбирается с целью обеспечения высокой производительности обработки при наименьших затратах.

В нормативных материалах период стойкости резцов устанавливается равным 60 минут, фрез – 60...400 минут, сверл – 6...210 минут. Эти периоды стойкости инструмента соответствуют наименьшим затратам на обработку.

К режимам обработки относятся скорость резания (V), подача (S) и глубина резания (t).

Глубину резания следует принимать, равной величине припуска на обработку на данной операции. Если припуск нельзя снять за один проход, то число проходов должно быть возможно меньшим. При чистовом точении (до 5 класса шероховатости) глубину резания берут в пределах 0,5...2 мм. Для получения при точении 6...7 класса шероховатости поверхности глубину резания назначают в пределах 0,1...0,4 мм.

После определения глубины резания следует выбрать минимальную технологически допустимую подачу (с учетом класса шероховатости обработанной поверхности, мощности и прочности станка, жесткости обрабатываемой заготовки и прочности резца). При чистовой обработке выбор подачи обычно ограничивается классом шероховатости обрабатываемой заготовки. Выбор подачи осуществляется по справочным данным режимов резания [1, 2].

Определение скорости резания производится после того как выбрана глубина резания и подача. Скорость определяется по справочным таблицам с учетом всех необходимых поправочных коэффициентов или рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y}.$$

По полученной путем расчета скорости резания определяют расчетную частоту вращения n_v (мин⁻¹) шпинделя станка по формуле:

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

где D – наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм.

По расчетной частоте вращения (n_v) определяют ближайшую меньшую или равную частоту вращения шпинделя, имеющуюся в паспорте станка. Затем вычисляют скорость резания (м/мин) по формуле:

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

По этому значению частоты вращения, выбранный режим проверяют по мощности резания. Мощность, затраченная на резание, должна быть меньше или равна мощности на шпинделе. Тогда

$$N_m = \frac{N_{рез}}{\eta_{см} K_n},$$

где $K_n = 1,3 \dots 1,5$ – коэффициент перегрузки станка; N_m – мощность электродвигателя (кВт); $\eta_{см}$ – КПД станка.

Если расчетная мощность резания окажется больше мощности на шпинделе, то скорость резания должна быть уменьшена.

Выбранный режим резания проверяют по крутящему моменту. Крутящий момент резания должен быть меньше или равен крутящему моменту на шпинделе, т. е. $M_p \leq M_{шп}$ (Н·м).

Кроме того, выбранный режим проверяют по прочности механизма подачи станка, пластинке твердого сплава и державке резца.

При чистовой обработке выбранный режим проверяют по шероховатости обработанной поверхности.

Производительность обработки проверяется по машинному времени (мин). Минимуму машинного времени соответствует более производительные режимы обработки:

$$T_m = \frac{Li}{nS} \sum,$$

где L – длина обработки, мм; i – число проходов.

Учитывая то, что стойкость инструмента должна быть постоянной, необходимо соблюдать следующие соотношения. При условии постоянства стойкости инструмента машинное время составляет

$$T_m = \frac{At^{x_v} S^{y_v}}{C_v t S},$$

где A – текущая постоянная величина.

Для достижения минимального машинного времени и постоянной стойкости режущего инструмента необходимо выполнить следующие действия при назначении режимов резания:

- 1) выбрать режущий инструмент с необходимыми характеристиками;
- 2) установить глубину резания;
- 3) определить подачу;
- 4) определить скорость резания, которая при заданных значениях t и S обеспечивает требуемый период стойкости инструмента.

Все работы по расчету производительности труда основываются на техническом нормировании – определении нормы времени, т. е. времени, в течение которого рабочий должен выполнять заданную ему работу.

Технической нормой штучного времени называется время, установленное для выполнения данной операции при определенных организационно-технических условиях и наиболее эффективном использовании всех средств производства и передового опыта.

Общую норму штучного времени (мин) можно записать в виде:

$$T_{шт} = T_m + T_b + T_{обсл} + T_{от},$$

где T_b – вспомогательное время (управление станком – снятие и установка заготовки, отвод и подвод инструмента, контроль заготовки и т. п.); $T_{обсл}$ – время обслуживания рабочего места (смазка и уборка станка, заточка инструмента и т. п.); $T_{от}$ – время на отдых и естественные надобности.

Основными составляющими штучного времени является основное и вспомогательное время. Сумма основного и вспомогательного времени называется оперативным временем. Время на обслуживание рабочего места и время на личные надобности берут в процентах от оперативного времени. Время обслуживания рабочего места составляет 3...8 %, а на личные надобности – 4...9 % соответственно.

В единичном и серийном производстве существует понятие штучно-калькуляционного времени ($T_{шк}$):

$$T_{шк} = T_{оп} + \frac{T_{пз}}{n},$$

где $T_{пз}$ – подготовительно-заключительное время (время на переналадку станка, смену и наладку приспособления и инструмента, ознакомление с чертежом детали при переходе от обработки одной партии заготовок к другой); n – число заготовок в партии.

Производительность на данной операции определяют числом деталей, изготовленных в единицу времени. Производительность на данной операции определяют по формуле:

$$\Pi = \frac{60 \times 8}{T_{шк}}.$$

Основное время в машиностроении составляет от 30 до 75 % штучного времени. Поэтому для повышения прочности ищут пути сокращения основного времени.

Сократить основное или машинное время можно за счет уменьшения числа проходов i , для чего можно уменьшить величину припуска и увеличить глубину резания. Можно также увеличить частоту вращения n обрабатываемой заготовки, что влечет за собой увеличение скорости, и увеличить подачу S .

Способность металлов поддаваться резанью называется обрабатываемостью. Основными показателями обрабатываемости являются следующие: сопротивление резанию, скорость резания (при соответствующей стойкости инструмента) шероховатость обработанной поверхности, легкость отвода стружки, силы резания и мощность.

Для оценки обрабатываемости можно использовать и другие показатели.

Методы для определения обрабатываемости основаны на определении стойкости режущего инструмента. Кроме них применяют также метод ускоренной торцовой обточки, температурный метод, метод радиоактивных изотопов.

Около 80 % изношенных деталей восстанавливают различными методами автоматической наплавки и «осталиванием».

Однако обработка наплавленных и «осталенных» деталей представляет значительную трудность из-за особых свойств наплавленного слоя.

При точении точных поверхностей используют инструменты с напайками из твердого сплава или сверхтвердых материалов. Геометрия режущего элемента и режим обработки выбирают согласно справочным данным ($t = 0,2 \dots 0,1$ мин; $V = 50 \dots 70$ м/мин).

Вопросы для самоконтроля

1. Какие составляющие входят в кинематику резания?
2. Какие силы действуют на лезвие инструмента со стороны обрабатываемого материала?
3. Как влияет скорость деформации стружки при резании на процесс стружкообразования?
4. Какие физические факторы влияют на силы, действующие на передней и задней поверхности и в плоскости сдвига, и каким образом это проявляется?

5. В каких случаях выгодно работать с большими подачами и с меньшими толщинами среза и почему?

6. В каких случаях и почему можно ожидать более высокий уровень сил резания при обработке углеродистых и легированных сталей, чугунов, алюминиевых сплавов?

Лекция 3. Металлорежущие станки, общие сведения

План лекции:

1. Классификация металлорежущих станков.
2. Кинематическая структура, механизмы и привод станков.
3. Условные обозначения в кинематических и гидравлических схемах станков.

Классификация металлорежущих станков

По классификации, разработанной Экспериментальным научно-исследовательским институтом металлорежущих станков СССР, все станки делятся на 9 групп, которые, в свою очередь, подразделяются на 9 типов (табл. 1.1).

По группам станки разделяются на токарные, сверлильные и расточные, шлифовальные и доводочные, комбинированные (электро-, физико-химические), зубо- и резьбообрабатывающие, фрезерные, строгальные, долбежные и протяжные, отрезные, разные. Каждая группа подразделяется на типы. Например, группа токарных станков состоит из следующих типов станков: токарные автоматы и полуавтоматы одношпиндельные, многошпиндельные, револьверные, сверлильно-отрезные, карусельные, токарные лобовые (винторезные, универсальные), многорезцовые, специализированные, разные [4].

При нумерации каждый металлорежущий станок получает цифровой трехзначный или четырехзначный шифр. Если к цифрам добавляются буквы, то они обозначают дополнительные характеристики станка. Первая цифра обозначает группу, вторая – тип, третья (или третья и четвертая) – типоразмер станка. Прописные буквы после первой цифры указывают на модификацию станка, а после всех цифр – на его модернизацию.

Классификация металлорежущих станков

Наименование	Группы	Типы								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Токарные	1	Автоматы и полуавтоматы одношпиндельные	Автоматы и полуавтоматы многошпиндельные	Револьверные	Сверлильно-отрезные	Карусельные	Токарные и лобовые	Многорезцовые	Специализированные	Разные токарные
Сверлильные и расточные	2	Вертикально-сверлильные	Полуавтоматы одношпиндельные	Полуавтоматы многошпиндельные	Координатно-расточные	Радиально-сверлильные	Расточные	Алмазно-расточные	Горизонтально-сверлильные	Разные сверлильные
Шлифовальные, доводочные	3	Круглошлифовальные	Внутришлифовальные	Обдирочно-шлифовальные	Специализированные шлифовальные	–	Заточные	Плоскошлифовальные	Притирочные и полировальные	Разные станки, работающие с применением абразивных материалов

Продолжение табл. 1.1

Наименование	Группы	Типы								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Комбинированные, электрофизико-химические	4	Универсальные	Полуавтоматы	Автоматы	Электрохимические	Электроискровые	–	Электроэрозионные, ультразвуковые	Анодно-механические	–
Зубо- и резьбообрабатывающие	5	Зубострогальные для цилиндрических колес	Зуборезные для конических колес	Зубофрезерные для цилиндрических колес и шлицевых валиков	Для обработки червячных колес	Для обработки торцов зубьев	Резьбофрезерные	Зубоотделочные	Зубо- и резьбошлифовальные	Разные зубо- и резьбообрабатывающие
Фрезерные	6	Вертикально-фрезерные консольные	Фрезерные непрерывного действия	–	Копировальные и гравировальные	Вертикальные бесконсольные	Продольные	Широкоуниверсальные	Горизонтальные консольные	Разные фрезерные

Наименование	Группы	Типы								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Строгальные, долбежные и протяжные	7	Продольные одно-стоечные	Продольные двух-стоечные	Поперечно-строгальные	Долбежные	Протяжные горизонтальные	–	Протяжные вертикальные	–	Разные строгальные
Разрезные	8	Отрезные с токарным резцом	Отрезные с шлифовальным кругом	Отрезные с фрикционным диском	Правильно-отрезные	Пилы ленточные	Пилы дисковые	Пилы ножовочные	–	–
Разные	9	Муфто- и трубо-обрабатывающие	Пилонасекательные	Правильно- и бесцентрово-обдирочные	–	Для испытания инструментов	Дели-тель-ные машины	Балансиро-вочные	–	–

Например, станок модели 16К20. Цифра 1 обозначает, что станок относится к токарной группе, цифра 6 – тип станка (токарно-лобовой или винторезный), К – модификация станка или шифр завода-изготовителя, 20 – основная характеристика станка (высота центров в см).

Приведенная нумерация станков является условной, так как в настоящее время каждая бывшая республика, ранее входившая в СССР, имеет обозначения станков, которые не соответствуют приведенным в таблице.

В зависимости от степени специализации станки подразделяются на универсальные, специализированные и специальные. Универсальные станки служат для выполнения различных операций при обработке заготовок многих наименований, специализированные – для обработки заготовок разных размеров одного наименования, специальные – для обработки одной определенной заготовки.

Некоторые отечественные заводы обозначают специальные и специализированные станки в соответствии с классификацией зарубежных фирм, с которыми сотрудничают при создании нового оборудования. Степень точности станков бывает нормальной (Н), повышенной (П), высокой (В) и особо высокой (А или С).

По массе станки бывают легкие (до 1 т), средние (до 10 т) и тяжелые (более 10 т).

Кинематическая структура, механизмы и привод станков

Движения в металлорежущих станках подразделяются на основные (рабочие) и вспомогательные. К основным движениям относят главное движение резания и движение подачи. Главным движением называют прямолинейное, поступательное или вращательное движение заготовки или режущего инструмента, происходящее с наибольшей скоростью в процессе резания. При вращательном движении оно характеризуется частотой вращения (n , мин^{-1}) и определяется по формуле:

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

а при поступательном движении – частотой двойных ходов в минуту (n , дв. ход./мин) и определяется по формуле:

$$n_{\text{дв.ход/мин}} = \frac{1000V}{2L},$$

где V – скорость резания, м/мин; D – диаметр обрабатываемой поверхности, мм; L – длина резания с учетом врезания и перебега.

Движение подачи – относительное движение инструмента вдоль обрабатываемой поверхности со скоростью, обеспечивающей формирование поверхности. Подачу определяют как величину перемещения инструмента за один оборот (двойной ход) заготовки или инструмента или перемещение в единицу времени.

Вспомогательные движения необходимы для подготовки процесса резания, обеспечения последовательной обработки нескольких поверхностей. К вспомогательным относят следующие движения: для наладки станка на заданные режимы резания, управления станком в процессе работы, для подачи и закрепления прутка или штучных заготовок, для закрепления заготовки и освобождения рабочих органов станка. Вспомогательные движения можно выполнять вручную и автоматически.

Совокупность механизмов, передающих движение от двигателя к рабочему органу станка, называется приводом [1, 2].

Существуют индивидуальные и многомоторные приводы, которые характеризуются наличием одного или нескольких электродвигателей, каждый из которых приводит в движение определенный орган станка. Движение от двигателя к рабочему органу осуществляется с помощью передач. Передачами называются механизмы, преобразующие или передающие движение от одного узла станка к другому.

Условные обозначения в кинематических и гидравлических схемах станков

Передачи бывают: зубчатые цилиндрические, конические, ременные, цепные, червячные, винтовые.

Основной характеристикой передачи является ее передаточное отношение (отношение частот вращения ведущего и ведомого звеньев), т. е.

$$u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2},$$

где n_1 , ω_1 – частота вращения (угловая скорость) ведущего звена передачи; n_2 , ω_2 – ведомого звена передачи соответственно.

Часто в кинематических расчетах используется понятие передаточного числа в качестве величины, обратной передаточному отношению, т. е.

$$u' = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\omega_2}{\omega_1}.$$

Зубчатая цилиндрическая передача (рис. 1.21) служит для передачи вращения между параллельными валами.

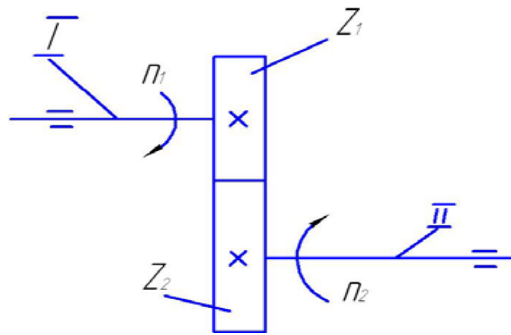


Рис. 1.21. Зубчатая цилиндрическая передача:

n_1 – частота вращения ведущего вала; n_2 – частота вращения ведомого вала;

Z_1 – число зубьев ведущего вала; Z_2 – число зубьев ведомого вала;

| – ведущий вал; || – ведомый вал

Ведомый вал вращается в противоположную сторону по отношению к ведущему валу. Передаточное отношение зубчатой передачи будет

$$u = \frac{Z_2}{Z_1},$$

а частота вращения ведомого вала –

$$n_2 = \frac{n_1 Z_1}{Z_2}.$$

Зубчатая цилиндрическая передача с паразитным колесом (рис. 1.22) служит для передачи вращения между параллельными валами. Ведомый вал (III) вращается в ту же сторону, что и ведущий вал (I).

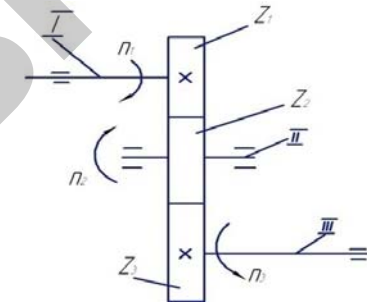


Рис. 1.22. Зубчатая цилиндрическая передача с паразитным колесом

Передаточное отношение при этом будет

$$u = \frac{Z_3}{Z_1},$$

частота вращения ведомого вала

$$n_3 = \frac{n_1 Z_1}{Z_3},$$

а передаточное число

$$u' = \frac{Z_1}{Z_3}.$$

Зубчатая коническая передача (рис. 1.23), используются для передачи вращения между перпендикулярными валами.

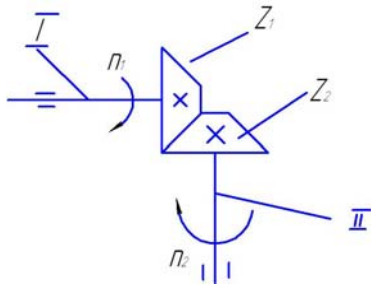


Рис. 1.23. Зубчатая коническая передача

При этом

$$u = \frac{Z_1}{Z_2}; \quad n_2 = \frac{n_1 Z_1}{Z_2}; \quad u' = \frac{Z_2}{Z_1}.$$

Ременная передача (рис. 1.24) используется для передачи вращения между параллельными валами.

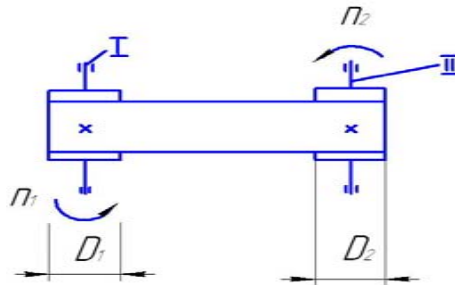


Рис. 1.24. Ременная передача

При этом

$$n = \frac{n_1 D}{d}; \quad u' = \frac{d}{D_2}; \quad u = \frac{D_2}{d_1}.$$

Цепная передача (рис. 1.25) используется для передачи вращения между параллельными валами с большими крутящими моментами.



Рис. 1.25. Цепная передача

При этом

$$n = \frac{n_1 Z_1}{Z_2}; \quad u = \frac{Z_2}{Z_1}; \quad u' = \frac{Z_1}{Z_2}.$$

Червячная передача (рис. 1.26) служит для передачи вращения между пересекающимися валами. В червячной передаче ведущим звеном является червяк, ведомым – червячное колесо.

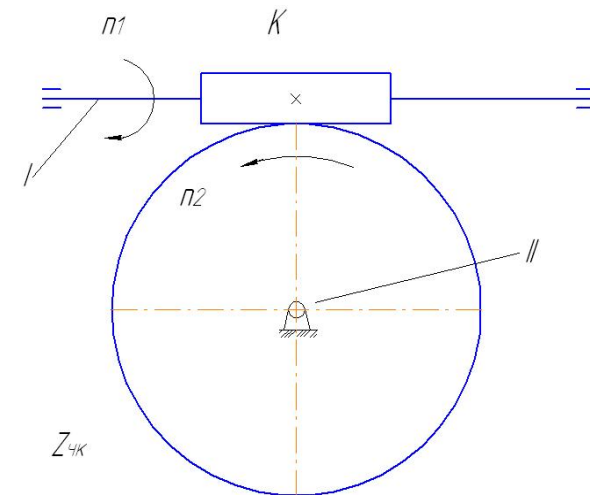


Рис. 1.26. Червячная передача

При этом

$$n_2 = \frac{n_1 K}{Z_{чк}}; \quad u = \frac{K}{Z_{чк}}; \quad u' = \frac{Z_{чк}}{K},$$

где K – число заходов червяка.

Реечная передача (рис. 1.27) служит для преобразования вращательного движения реечного колеса в поступательное перемещение рейки.

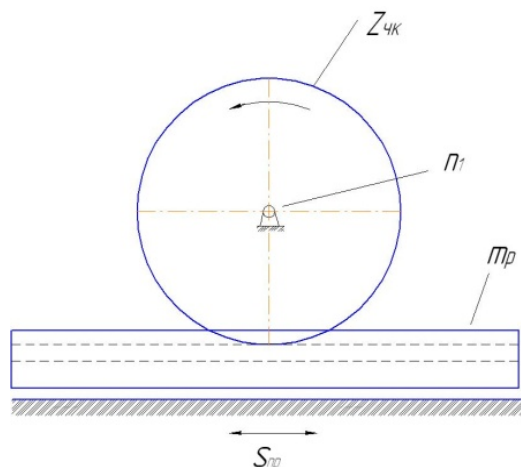


Рис. 1.27. Реечная передача

При этом V (мм/мин) определяется по формуле:

$$V = n_{pk} \pi m z_{pk}.$$

Винтовая передача (рис. 1.28) служит для преобразования вращательного движения винта в поступательное движение стола. При этом

$$V = \frac{n_{хв}}{t_{хв} K_{хв}},$$

где $t_{хв}$ – шаг ходового винта, мм; $K_{хв}$ – число заходов ходового винта; $n_{хв}$ – число оборотов ходового винта.

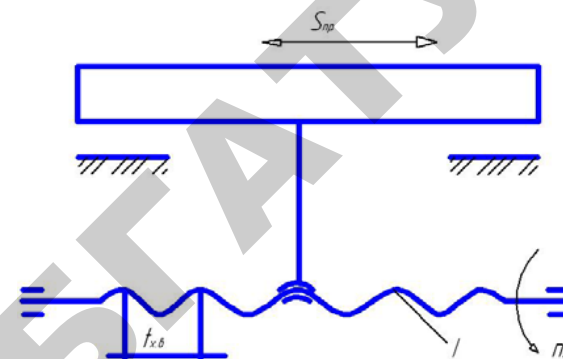


Рис. 1.28. Винтовая передача

Следует отметить, что коробка скоростей является наиболее распространенным набором механизмов, применяемым в приводе станков. Эти механизмы позволяют в определенных пределах изменять скорость рабочего органа станка. Частоту вращения шпинделя при наличии коробки скоростей изменяют при помощи переключения зубчатых колес, т. е. изменением передаточного отношения в цепи от вала привода к шпинделю.

Для определения общего передаточного числа кинематической цепи необходимо перемножить между собой передаточные числа отдельных передач, входящих в эту кинематическую цепь.

Частота вращения последнего ведомого вала равна частоте вращения ведущего вала, умноженной на общее передаточное число кинематической цепи.

$$n_{шп} = n_{эл.дв} u'_{общ},$$

где $u'_{общ} = u'_{1-2} u'_{2-3} u'_{3-4} \dots u'_{n-1}$.

Крутящий момент на шпинделе ($M_{шп}$) зависит от передаточного числа кинематической цепи от электродвигателя к шпинделю.

$$M_{шп} = M_{э/дв} n / u'_{общ},$$

где $u'_{общ}$ – общее передаточное число кинематической цепи от электродвигателя к шпинделю; $n_{дв}$ – частота вращения вала электродвигателя.

Частота вращения шпинделя изменяется в определенном диапазоне, обеспечиваемом коробкой скоростей. В машиностроении Республики Беларусь стандартизирован ряд частот вращения, образующий геометрическую прогрессию.

$$\varphi = z^{-1} \sqrt{D_p},$$

где φ – знаменатель геометрического ряда; z – число членов прогрессии; D_p – диапазон регулирования, полученный по формуле:

$$D_p = \frac{n_{\max}}{n_{\min}}.$$

Для получения различных величин подач применяют коробки подач. Поддачи подразделяются на непрерывные и прерывистые. Кинематическая цепь механизма подач соединяется с тем органом станка, в связи с движением которого подача рассчитывается. В токарных станках механизм подачи соединяется со шпинделем и подача рассчитывается на один оборот шпинделя. Во фрезерных станках механизм подачи получает движение непосредственно от электродвигателя.

Чаще всего величину подачи ступенчато изменяют зубчатыми коробками подач, сменными колесами, регулированием храпового механизма или бесступенчато (при помощи гидропривода).

В коробках подач используются механизмы для передачи значительных мощностей, например, механизмы с накидным колесом и с вытяжной шпонкой.

Механизм с накидным колесом или механизм Нортон (рис. 1.29) применяют в коробках подач токарных станков.

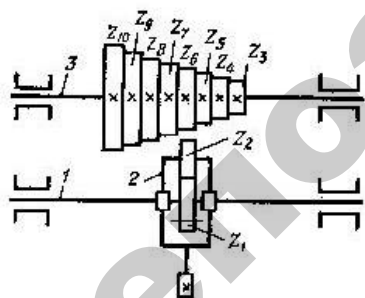


Рис. 1.29. Механизм с накидным колесом

При этом для модульной и питчевой резьбы

$$u'_{\text{кн}} = \frac{Z_n Z_6}{Z_6 Z_7} \rightarrow n_1,$$

а для метрической и дюймовой резьбы

$$u'_{\text{кн}} = \frac{Z_7 Z_6}{Z_6 Z_n} \rightarrow n_1.$$

Механизм с вытяжной шпонкой применяется в коробках подач сверлильных и револьверных станков (рис. 1.30).

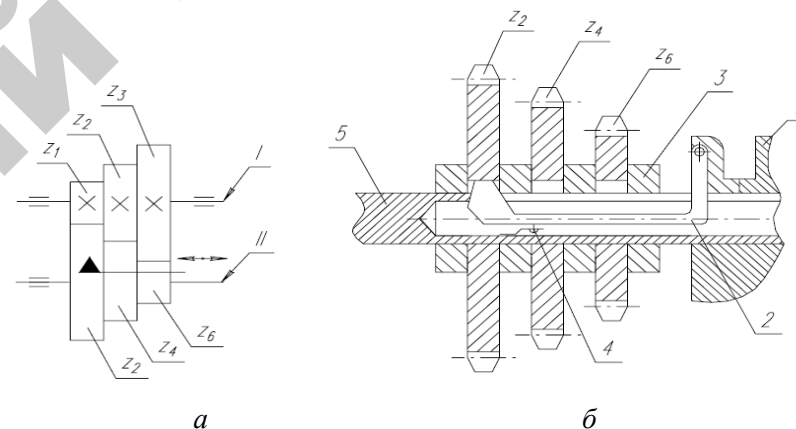


Рис. 1.30. Механизм с вытяжной шпонкой

В механизмах с вытяжной шпонкой (рис. 1.30, а) зубчатые колёса находятся в постоянном зацеплении. На ведущий вал I зубчатые колёса устанавливаются жестко, а на ведомый вал II – свободно. Вытяжная шпонка 2 (рис. 1.30, б) находится внутри полого вала 5. Выступая из продольного паза вала, она заходит в шпоночный паз одного из колёс Z_2, Z_4, Z_6 , связывая его с валом. При перемещении шпонки вправо, встречаясь своим скосом с дистанционным кольцом, она отжимается, освобождая колесо Z_2 . При дальнейшем движении шпонка займет положение под вращающимся колесом Z_4 . Пружина 4 введёт шпонку в паз колеса Z_4 , когда шпоночный паз

зубчатого колеса окажется против паза вала, и т. д. Обычно шпонка перемещается с помощью муфты или реечной передачи.

К достоинствам рассмотренного механизма можно отнести компактность конструкции, управление одной рукояткой, возможность расположения до 10 передач и применения косозубых колёс для получения ряда передаточных отношений.

Недостатками этого механизма является недостаточная жесткость вала со шпоночным пазом (что приводит к перекосам), невозможность использования валов при больших скоростях вращения и для передачи больших крутящих моментов, значительные потери на трение (так как все колёса находятся в зацеплении одновременно).

Храповый механизм (рис. 1.31) служит для осуществления прерывистой подачи и применяется в строгальных станках.

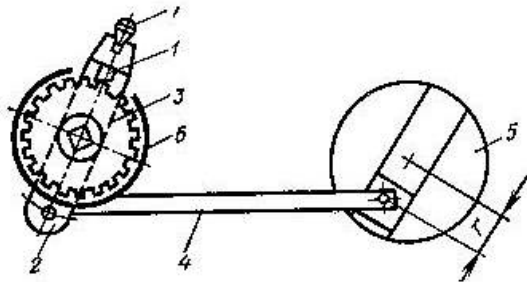


Рис. 1.31. Храповый механизм

При этом

$$u'_{\text{хк}} = \frac{a}{Z_{\text{хк}}},$$

где a – число зубьев перемещения собачки (1).

Собачка сообщает вращательное движение храповому колесу. При движении справа налево она через зубья храпового колеса поворачивает его на некоторый угол. При обратном ходе собачка проскальзывает по зубьям храпового колеса, не вращая его.

Мальтийский механизм (рис. 1.32) применяют для периодического поворота револьверных головок шпиндельных барабанов станков и др. через длительные отрезки времени.

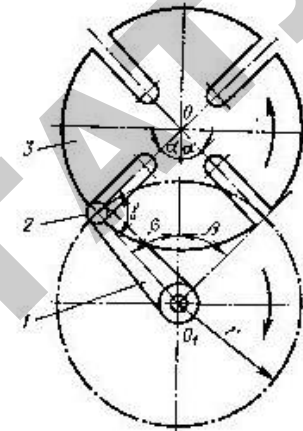


Рис. 1.32. Мальтийский механизм

При вращении кривошипа (Кр) палец заходит в паз мальтийского креста (Мк) и за каждый оборот поворачивается на $1/z$ часть.

$$u'_{\text{мм}} = \frac{1}{Z_{\text{хк}}},$$

где z – число пазов мальтийского креста

Механизм обгона (рис. 1.33) применяется в современных моделях токарных и фрезерных станков для выбора из двух вращательных движений более быстрого. Этот механизм позволяет, не выключая рабочей подачи (медленной), включать ускоренную подачу без поломки станка.

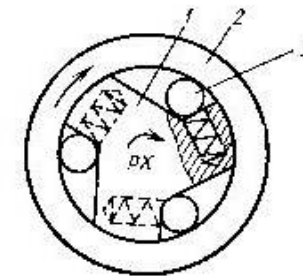


Рис. 1.33. Механизм обгона

Механизм обгона состоит из фигурного диска 1 с вырезами, в которых размещены ролики (3), прижимаемые пружинами к внутренней поверхности кольца 2. При медленном вращении диска 1 по часовой стрелке происходит рабочий ход (P_x), ролики 3 заклинивают кольцо 2, т. е. фигурный диск 1 и кольцо 2 вращаются вместе. При включении ускоренной подачи (холостой ход X_x) кольцо 2, вращаясь ускоренно, обгоняет фигурный диск 1, расклинивая ролики, и разъединяет кольцо 2 и диск 1, т. е. диск 1 и кольцо 2 будут вращаться независимо друг от друга с различной частотой вращения [4].

С помощью механизмов бесступенчатого регулирования скоростей можно наиболее точно установить необходимую скорость резания и требуемую величину подачи. Механизмы бесступенчатого регулирования скоростей бывают следующими: вариаторы электрические, механические и гидравлические.

Электрический механизм представляет собой шунтовый электродвигатель постоянного тока. Регулирование частоты вращения производится при помощи реостата, включенного в цепь возбуждения. Диапазон регулирования для бесступенчатого привода определяется по формуле:

$$D_p = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} \approx 3 \dots 6.$$

Недостаток такого привода состоит в том, что для его питания необходим постоянный ток.

Механические вариаторы бывают различных типов. На рисунке 1.34 показана схема вариатора В. А. Светозарова. В этой конструкции передаточное отношение изменяется в пределах наклона промежуточных роликов, при повороте которых изменяются радиусы точек контакта роликов с ведущей 1 и ведомой 2 чашками, закрепленными на валах I и II.

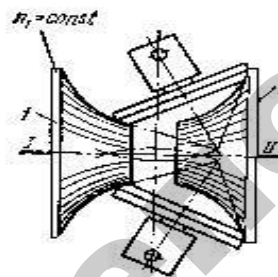


Рис. 1.34. Вариатор Светозарова

Если ведущим является вал I, то вал II вращается более медленно. Тогда

$$n_1 = \frac{D_{\max}}{D_{\min}} \longrightarrow n_2 \quad \text{или}$$

$$n_1 = \frac{D_{\min}}{D_{\max}} \longrightarrow n_2.$$

При использовании гидравлического привода возможно бесступенчатое регулирование скорости в широком интервале и передача значительных сил. При этом исключается опасность поломки системы из-за перегрузки, а также упрощается применение средств автоматизации управления.

Гидропривод состоит из насосов, механизмов перемещения рабочих органов станка и управления, а также регулирующих механизмов.

Гидропривод применяют преимущественно для осуществления прямолинейного движения, реже – вращательного. В шлифовальных, многошпиндельных станках гидропривод применяют в качестве механизма подачи. Для привода главного движения гидропривод применяют в протяжных станках, хонинговальных и поперечно-строгальных [1].

Скорость продольного перемещения стола в гидроприводе можно определить по формуле:

$$V = 10^9 \frac{\Pi}{F} \eta_0,$$

где Π – производительность насоса, $\text{м}^3/\text{мин}$; F – площадь поршня рабочего цилиндра, мм^2 ; η_0 – объемный КПД системы.

В гидроприводах используют следующие масла: веретенное 3, турбинное Л и индустриальное 30.

Задачей правильной эксплуатации станков является получение от них наибольшей производительности при обеспечении их долговечности и точности. Наибольшую производительность станка получают в результате правильного выбора и высокого качества режущего инструмента, назначения необходимых режимов резания, правильной наладки станка.

Производственная эксплуатация станков включает мероприятия по чистке и смазыванию станков, выбору СОЖ, сбору и восстановлению отработанных смазочных и других материалов.

Паспорт станка позволяет правильно использовать станок по всем его показателям и назначению.

Для предотвращения механических повреждений в процессе транспортировки станков, а также попадания в них влаги и пыли, станки упаковывают в деревянные ящики, которые обеспечивают неподвижную установку станков. При распаковке и установке станков в цехе необходимо предусмотреть следующее:

- 1) наименьший путь движения обрабатываемой заготовки;
- 2) минимальные затраты производственной площади;
- 3) расстояния между станками, а также от них до колонн должны быть достаточными для обеспечения безопасной работы рабочего.

Правильное смазывание увеличивает долговечность станка, плавность и бесшумность его работы, повышает КПД приводов.

Основным видом испытаний станков являются приемочные испытания. Испытание и проверка станков на геометрическую точность осуществляется после их изготовления и ремонта. При этом станки должны удовлетворять техническим условиям.

Вопросы содержания оборудования в исправном состоянии решаются с помощью планово-предупредительного ремонта. Модернизация действующего оборудования способствует увеличению выпускаемой продукции на имеющемся оборудовании и площадях при значительной экономии капитальных затрат [1].

Вопросы для самоконтроля

1. Расшифруйте модели следующих станков: 16К20Ф3, 2Н135В, 3М151А, 5Д32, 7Б56, 6Н81, 8534.
2. Дайте определения передаточному отношению и числу.
3. Как определяется общее передаточное отношение кинематической цепи?
4. Какое звено является ведущим, а какое ведомым в цепи главного движения токарного станка?
5. Как определить диапазон регулирования и знаменатель геометрического ряда кинематической цепи?
6. Какие механизмы служат для передачи движения между параллельными, пересекающимися и перпендикулярно расположенными валами?

7. Какие механизмы служат для преобразования вращательного движения в поступательное движение?

8. Какие механизмы входят в коробку подач?

9. Какие звенья являются ведомыми и ведущими в цепях подач токарных станков?

Лекция 4. Основы технологии машиностроения

План лекции:

1. Общие положения.
2. Виды производства. Производственный и технологический процессы и их структура.
3. Выбор заготовок и их виды. Назначение припусков на обработку.
4. Виды баз и их выбор.
5. Обеспечение точности механической обработки.
6. Проектирование технологических процессов. Технологический процесс механической обработки типовых деталей.

Общие положения

В соответствии с единой системой технологической подготовки производства изделие (готовая продукция) – это конечный продукт машиностроительного производства. Под изделием может пониматься готовая машина, узел или даже деталь в зависимости от того, что является конечным продуктом данного производства.

Сложное изделие может подразделяться на узлы (сборочные единицы) и детали. Деталь – неделимый первичный элемент изделия, характеризуется отсутствием разъемных и неразъемных соединений.

Сборочная единица (узел) – разъемное или неразъемное соединение деталей, входящее в состав изделия. Сборочная единица (узел) в зависимости от ее конструкции может состоять из отдельных деталей или сборочных единиц (узлов) и деталей. Технологической особенностью сборочной единицы является возможность ее сборки независимо от частей изделия.

Сборочные единицы бывают первого, второго и более высоких порядков. Для тракторного завода изделием является трактор, кото-

рый может быть расчленен на сборочные единицы первого порядка (двигатель в сборе со сцеплением, ходовая часть, кабина и т. д.). В свою очередь, двигатель в сборе со сцеплением может состоять из двух сборочных единиц второго порядка: двигателя и муфты сцепления и т. д., третьего порядка: масляный насос и поплавковая камера, пусковой двигатель – агрегаты, установленные на двигатель.

Производственный процесс – совокупность всех действий людей и орудий труда, необходимых на данном предприятии, для изготовления выпускаемых изделий. Производственный процесс изготовления машины можно разбить на следующие этапы: изготовление заготовок, обработка заготовок, сборка и регулировка изделия.

Технологический процесс – часть производственного процесса, содержащая действия по изменению и последующему определению состояния предмета труда.

Технологическая операция – законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте. Выполнять ее могут один или несколько рабочих.

Технологический переход – законченная часть технологической операции, характеризующаяся постоянством инструмента, приспособления, режима резания и заготовки [1].

Рабочий ход – законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, шероховатости поверхности или свойств заготовок. Применительно к механической обработке заготовок различают установ и позицию.

Установ – часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении одной или нескольких обрабатываемых заготовок.

Позиция – фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепляемой заготовкой, относительно инструмента или неподвижной части оборудования при выполнении определенной части операции.

Орудиями производства при выполнении технологических процессов является технологическое оборудование и оснастка.

Приспособление – часть технологической оснастки, предназначенной для установки или направления предмета труда или инструмента при выполнении технологического процесса.

Виды производства. Производственный и технологический процессы и их структура

В зависимости от масштаба производства различают три основных типа производства: массовое, серийное и индивидуальное. Массовое производство – изготовление изделий осуществляется выполнением на рабочих местах постоянно повторяющихся операций. Характерная особенность массового производства – непрерывно-поточный метод. При массовом производстве время на каждую операцию равно или кратно такту. Такт – интервал времени между выполнением двух следующих друг за другом обработанных заготовок [1].

$$\delta = \frac{F60}{n},$$

где F – действительный фонд времени работы в год; n – программа выпуска в год.

Серийное производство характеризуется последовательной обработкой партии (серии) различных заготовок. При этом станки периодически переналаживаются с одной операции на другую. В зависимости от размера партии серийное производство разделяется на крупносерийное, среднесерийное, мелкосерийное, а также смешанное. Для серийного производства характерно применение более универсальных станков, приспособлений, инструментов, чем в массовом производстве.

Единичное производство характеризуется производством определенных изделий в одном или нескольких экземплярах. Особенности единичного производства являются: широкая номенклатура изготавливаемых изделий; отсутствие заранее обоснованной повторяемости операций на рабочих местах; универсальность оборудования, приспособлений и инструментов; высокая квалификация рабочей силы.

В серийном и массовом производстве технологический процесс может быть построен по принципу концентрации или дифференциации операций. При организации технологического процесса (на принципе совмещения операций) механическая обработка заготовок может осуществляться на небольшом количестве станков, на которых выполняется много операций. Организация технологических процессов может быть последовательной, когда большее число переходов выполняется последовательно один за другим, что

характерно для серийного производства. При одновременном выполнении многих переходов организация технологических процессов будет параллельной. Это характерно для крупносерийного и мелкосерийного производства с применением многошпиндельных многорезцовых станков. Организация технологических процессов также может быть параллельно-последовательной (при сочетании одновременно 2 способов организации). При расчленении технологических процессов на большое число операций с малым количеством переходов имеет место дифференциация технологических процессов. Установленная степень концентрации или дифференциации технологических процессов определяется конкретными производственными условиями.

Выбор заготовок и их виды.

Назначение припусков на обработку

При проектировании технологических процессов изготовления деталей особое значение имеет выбор наиболее рациональной заготовки.

В машиностроении в качестве заготовки применяют отливки, штамповки, сортовой прокат. В зависимости от вида заготовок бывает различный припуск на их обработку. Припуск на обработку – слой металла, подлежащий устранению при механической обработке для получения заданных чертежом и техническими условиями формы, размеров и качества обрабатываемой заготовки.

Операционный припуск – слой металла, подлежащий удалению при выполнении одной технологической операции.

Напуск – слой металла, удаляемый при образовании отверстий, пазов и углублений в сплошном материале. Припуск на обработку $2Z_b$ может быть определен по формуле:

$$2Z_b \geq \delta_a (R_z + T_a) + (\vec{\rho}_a + \vec{\varepsilon}_b),$$

где δ_a – допуск на размер, полученный на предшествующем переходе; R_z – высота поверхностных неровностей, образованных на предшествующем переходе; $\vec{\rho}_a$ – векторная погрешность взаимного расположения поверхностей; $\vec{\varepsilon}_b$ – векторная погрешность базирования, установленная на выполняемом переходе.

Припуск на обработку должен обеспечивать получение детали заданных размеров и качество ее поверхности. При этом он должен

быть минимальным во избежание перерасхода металла и для изменения объема механической обработки. Припуск на штамповку на прессах и молотах зависит от массы детали: 1...11 мм (при массе 6...25 кг) и 4...15 мм (при массе 16...200 кг). Припуск, соответствующий поковке, составляет 2,5...20 мм, а отливке в землю (при массе 2,5 кг) – 24 мм.

Виды баз и их выбор

Базами являются поверхности, линии, точки и их совокупности, служащие для ориентации заготовки на станке, расположении деталей в узле или изделия, измерения детали или заготовки.

По назначению базы разделяют на конструкторские, технологические и измерительные [1].

Конструкторские базы – поверхности (линии, точки), используемые для определения положения детали (или сборочные единицы) в изделии.

Технологические базы – поверхности (линии, точки) детали, служащие для установки заготовки или изделия на станке и ориентации ее относительно режущего инструмента.

Измерительные базы – поверхности (линии, точки), от которых производят измерение размеров.

При установке заготовки на станке с использованием приспособлений необходимо лишить ее всех степеней свободы. Поскольку согласно механики каждое твердое тело имеет шесть степеней свободы (три поступательных и три вращательных), то для лишения заготовки шести степеней свободы ее необходимо прижать к шести неподвижным точкам приспособления, так как каждая точка лишает тело одной степени свободы.

На рисунке 1.35 приведена схема базирования призматической заготовки по шести точкам.

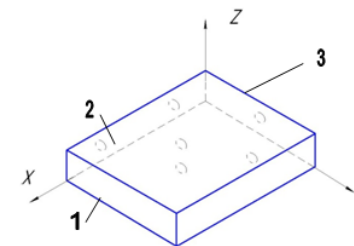


Рис. 1.35. Схема базирования заготовки по шести точкам:

1 – установочная база; 2 – направляющая база; 3 – упорная база

По лишенным степеням свободы технологические базы делят на: установочные, направляющие и упорные (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Примеры базирования заготовок

Способ установки	Схема обозначения
С неподвижным и вращающимся центрами, в поводковом патроне и в неподвижном люнете	
В трехлапчатом патроне с пневматическим зажимом и вращающимся центре с упором в бурт	
На оправках: а – цанговой (с упором в торец); б – цилиндрической (с упором в торец и гидравлическим зажимом)	

Установочная база лишает заготовку трех степеней свободы, направляющая – двух степеней, опорная – одной. Примеры базирования валов: в центрах (лишает трех степеней свободы), поводковый патрон (лишает одну степень свободы).

Точность механической обработки учитывается на рабочих чертежах деталей. Заданную точность должен обеспечить технолог при разработке технологического процесса.

Обеспечение точности механической обработки

Практически невозможно изготовить деталь абсолютно точно, поскольку при обработке всегда возникают погрешности. Обеспечить точность обработки означает обеспечить соблюдение геометрических параметров и физических свойств обработанных деталей

в пределах заданных допусков. При механической обработке возникают погрешности трех видов: размеров, форм и качества поверхностного слоя. Основными причинами этих погрешностей являются: неточности и деформации станков, инструментов и приспособлений, а также заготовок. В результате действия этих и других причин, детали после их механической обработки получаются с отклонениями от номинальных размеров, т. е. имеются определенные погрешности, которые разделяются на систематические и случайные. Систематические погрешности могут иметь постоянный характер или закономерно изменяться при переходе от одной обрабатываемой заготовки к другой. Примером постоянной систематической погрешности является износ шлифовального круга (резца).

К случайным погрешностям относятся изменения механических свойств материала, величины припуска, а также колебания силы резания, зажим заготовки и др.

В зависимости от вида погрешностей их суммирование производят алгебраически (с учетом знака) и арифметически (без учета знака).

Систематические погрешности суммируются алгебраически, поскольку их можно определять как по величине, так и по направлению.

Систематические и случайные погрешности суммируют арифметически, т. е. допускается, что эти погрешности имеют одинаковый знак.

Независимые случайные ошибки при симметричном законе распределения определяют по правилу квадратного корня по формуле:

$$\Delta = \sqrt{(K_1\Delta_1)^2 + (K_2\Delta_2)^2 + \dots + (K_n\Delta_n)^2},$$

где Δ – суммарная погрешность; $\Delta_1, \dots, \Delta_n$ – составляющие погрешности; K_1, \dots, K_n – составляющие коэффициенты от кривых разделения отдельных погрешностей.

Когда отдельные погрешности подчиняются одному закону распределения, т. е. $K_1 = K_2 = \dots = K_n$, то

$$\Delta = n\sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2}.$$

В общем случае $K = 1 \dots 1,773$. При разделении погрешностей по нормальному закону (кривой Гаусса) $K = 1$. При анализе точности обработки на настроенных станках рекомендуется применять $K = 1,2$.

Для оценки точности размеров применяют способ построения кривых распределения размеров. Разность максимального и минимального размеров называют полем рассеивания размеров. Поле рассеивания характеризует точность обработки. Чем меньше поле, тем точнее деталь или метод обработки. Кроме поля рассеивания, точность обработки характеризует также закон распределения размеров (кривые распределения). Для построения кривой распределения производят замер размера на определенном количестве деталей (50...250 штук) [2, 3].

Совокупность измерений разбивают на ряд групп размеров в соответствии с интервалами (например, 0,002; 0,02...0,04 мм и т. д.). По полученным значениям строят график (рис. 1.36). Кривая нормального распределения выражается уравнением Гаусса:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-x_{cp})^2}{2\sigma^2}},$$

где x и y – текущие абсцисса и ордината кривой; x_{cp} – среднее арифметическое отклонение всех величин; σ – среднеквадратичное отклонение.

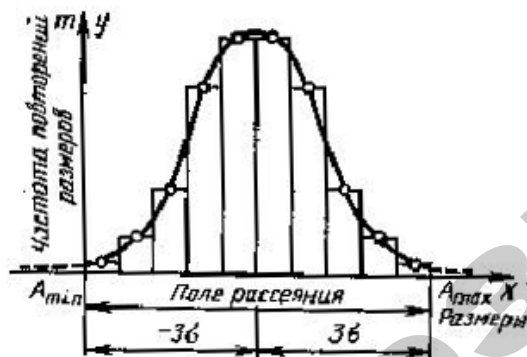


Рис. 1.36. Кривая распределения Гаусса

Из уравнения Гаусса следует, что форма кривой определяется величиной среднеквадратического отклонения σ . При уменьшении σ кривая линия растягивается, т. е. имеет место меньшее рассеивание размеров.

Экономическая и достижимая точности обработки служат для оценки возможных пределов технической точности различных методов механической обработки. Экономическая точность обработки является условной величиной, выражающей получение детали необходимой точности при минимальных затратах средств.

Достижимая точность – величина максимальной точности, которая может быть получена при обработке заготовки рабочим высокой квалификации, работающим на новом оборудовании при неограниченной затрате времени.

Проектирование технологических процессов. Технологический процесс механической обработки типовых деталей

Проектирование технологических процессов является определяющим элементом производственного процесса. От степени рациональности технологического процесса (ТП) зависят качество изделий, затраты труда и материальных средств на изготовление продукции. К исходным данным для проектирования ТП механической обработки относятся рабочие чертежи, технические условия на их изготовление, данные о годовой производственной программе и заготовках, сведения о специфических условиях данного процесса. Кроме того, необходимы также справочные данные: по припускам и допускам, по оборудованию, по инструменту (режущему, измерительному и вспомогательному), режимам резания, вспомогательному времени и др.

При проектировании ТП выполняют следующие работы:

- 1) определяют вид и размер заготовки;
- 2) составляют план обработки;
- 3) выбирают оборудование для отдельных операций, базовые поверхности и способы установки заготовки;
- 4) выбирают (или проектируют) приспособление, режущий инструмент;
- 5) подсчитывают межоперационные размеры;
- 6) нормируют операции (определяют режимы резания и штучное время);
- 7) выбирают измерительный инструмент и приспособления;
- 8) разрабатывают карты контрольных операций, а также технологические карты;

9) путем сопоставления конкурирующих вариантов технологических процессов выбирают оптимальные варианты обработки.

При составлении маршрута (плана) обработки детали руководствуются следующими положениями:

а) операцию назначают, исходя из конструктивных форм и размеров детали;

б) в первую очередь, обрабатывают поверхности, которые будут являться базами для последующей обработки;

в) обрабатывают поверхности, с которых снимают наибольшие слои металла;

г) в конце обработки располагают отделочные операции;

д) операции механической обработки увязывают с термическими операциями.

Следует отметить, что конструктивные формы и размеры детали определяют характер и последовательность обработки. Так, детали типа тел вращения обрабатывают на станках токарной группы, а детали с плоскими поверхностями – на фрезерных и строгальных станках. При этом размеры деталей обуславливают выбор типоразмеров станков.

Обработка базовых поверхностей повышает точность последующей обработки. Характерным примером является предварительная обработка центровых гнезд при точении валов. Последовательная обработка валов ведется также с использованием центровых гнезд в качестве технологических баз.

В зависимости от требуемых в соответствии с чертежом точности размеров и шероховатости поверхности выбирают отделочные операции.

Типовыми методами обработки валов (в зависимости от точности их обработки) являются следующие:

1) однократное точение – 14...12-й кв.;

2) черновое и чистовое точение – 11...9-й кв.;

3) черновое точение, чистовое точение, однократное шлифование – 9...6-й кв.;

4) черновое точение, чистовое точение, предварительное и окончательное шлифование – 6...5-й кв.

При повышенных требованиях к шероховатости поверхности применяются следующие отделочные операции: суперфиниширование, притирка, полирование.

Типовые методы обработки неглубоких отверстий в зависимости от точности их обработки таковы:

1) сверление без кондуктора, грубая расточка (для литья) – 12...13-й кв.;

2) сверление по кондуктору, одна или две расточки, сверление и зенкерование, сверление и расточка – 11-й кв.;

3) сверление и развертывание, две расточки и развертывание; сверление, растачивание (зенкерование) и развертывание; сверление и две расточки; две расточки и шлифование; сверление, зенкерование; расточка и протягивание, шлифование; сверление и протягивание до 12 мм; две расточки и однократное развертывание – 9...10-й кв.;

4) сверление и одно- или двукратное развертывание – 6...8-й кв.;

5) сверление, зенкерование; две расточки и протягивание или двукратное развертывание, две расточки и однократное шлифование; сверление, зенкерование и шлифование. Технология механической обработки типовых деталей (свыше 12 мм). Наиболее распространенными деталями машин являются валы втулки и зубчатые колеса.

В качестве материала для валов, используют сталь 35 (40, 45). В среднем машиностроении для валов применяют Ст0...Ст6. Ответственные валы делают из легированной конструкционной стали (40X, 50X). Наиболее часто посадочные места у валов под зубчатые колеса, муфты выполняют с точностью 9...11-й кв., в сильно нагруженных – с точностью 6...8-й кв., шейки под подшипники – с точностью 6...7-й кв., а в отдельных случаях – с точностью 5...6-й кв.

Заготовками для валов служат: прокат, прокат с последующим волочением,

Штамповка. Технологический процесс обработки длинных валов ($l > 4d$); центровка и точение с двух концов вала на центровых гнездах. Резку заготовок выполняют на прессах, ножовками, резцами на токарных станках, дисковыми сегментными фрезами. Торцы подрезают на токарных, фрезерных и фрезерно-центровальных станках. Центровку выполняют на токарных, сверлильных, центровальных, фрезерно-центровальных станках.

К втулкам относят тела вращения с концентричными наружными и внутренними поверхностями, размеры которых (по длине) одного порядка с диаметральными размерами.

Заготовки – штамповка, прокат, трубы, отливки, а также металлокерамика. Для обработки втулок применяют станки токарной группы. Главное требование, предъявляемое к втулке, – концентричность наружных поверхностей относительно отверстия и достижение перпендикулярности торцов к оси отверстия.

Существует три схемы обработки втулок:

1) обработка наружных и внутренних поверхностей вращения и торцов за один установ заготовки;

2) обработка за две установки. При первом установе (первой операции) обрабатывают внутреннюю поверхность и торец; при втором – наружные поверхности и второй торец.

Первая схема обработки применяется при точении втулок из прутка или трубы с отрезкой детали в конце операции. Данная схема обеспечивает хорошую концентрацию наружных и внутренних поверхностей и перпендикулярность торцов к ее оси. Однако эта схема не применима для штучных втулок большого диаметра [1].

По второй схеме сначала обрабатывают (окончательно) отверстие (часто и один торец втулки). Затем обработку наружных поверхностей и подрезку второго торца выполняют на оправке, используя обработанное отверстие в качестве базы. Такая схема обеспечивает концентричность наружных и внутренних поверхностей, а также перпендикулярность торцов к оси отверстия.

Третья схема применяется менее часто, поскольку дает большие погрешности во взаимном расположении внутренних и наружных поверхностей и не обеспечивает соблюдения перпендикулярности торцов к оси отверстия. По этой схеме нельзя применять такие способы обработки отверстий как протягивание и развертывание, при которых режущий инструмент направляют по обрабатываемому отверстию. Однако данная схема обработки обеспечивает получение высокой степени концентричности поверхностей. По этой схеме отверстие можно обрабатывать растачиванием и шлифованием.

Чистовую обработку отверстий втулок выполняют развертыванием, протягиванием, шлифованием, хонингованием. При черновой обработке наружных поверхностей и торцов, втулку часто закрепляют на оправке. В этом случае предварительно отверстия обрабатывают растачиванием, протягиванием и т. п. Обработки втулок на оправке обеспечивает требуемую концентричность наружной и внутренней поверхностей и перпендикулярность к оси втулки. Шлицевые и шпоночные канавки во втулках получают протягиванием. В условиях единичного производства шпоночную канавку обрабатывают на долбежном или строгальном станке.

Первоначально обработка цилиндрических зубчатых колес производится по второй схеме обработки втулки. В конце обработки зубья нарезают червячной фрезой на зубофрезерном станке или долбяком на зубодолбежном станке. В единичном производстве

зубья нарезают дисковой модульной фрезой на горизонтально-фрезерном станке с использованием делительной головки.

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется изделием или готовой продукцией в машиностроении?

2. Дайте определение производственного и технологического процессов.

3. Дайте определения технологической операции, перехода, рабочего хода, установка, позиции и такта.

4. Какие типы производства существуют? Дайте им характеристику.

5. Как разделяются технологические процессы по количеству операций на одном рабочем месте?

6. Какие виды заготовок используются в машиностроении и как их выбрать?

7. Дайте определение припуска на обработку и приведите формулу для расчёта операционного припуска.

8. Дайте определения базы и их типов.

9. Как базировать заготовку при обработке вала и втулки?

10. Как повысить точность обрабатываемой поверхности?

11. Какие методы используются для оценки точности размеров?

12. Приведите типовой технологический процесс обработки втулки.

13. Приведите типовой технологический процесс обработки вала.

МАТЕРИАЛЫ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Лабораторная работа 1.

Влияние режимов резания и геометрических характеристик токарных резцов на чистоту обрабатываемых поверхностей деталей

Цель работы:

1. Изучить конструкцию и геометрию различных типов токарных резцов, приобрести навыки их контроля.

2. Дать характеристику изучаемых резцов и вычертить схемы обработки заготовок этими резцами.

3. Выполнить эскизы трех резцов.
4. Измерить габаритные и другие размеры резцов.
5. Измерить углы и элементы лезвий резцов.
6. Обработать экспериментальные данные, сделать выводы по результатам замеров.
7. Сделать отчет и защитить работу.

Базовые проблемы:

1. Классификация, характеристики и конструктивные особенности токарных резцов, технологические условия применения токарных резцов.
2. Поверхности на заготовке и координатные плоскости для определения углов клиновидной части резцов.
3. Поверхности, углы и элементы клина токарного резца.
4. Соотношения между углами α , β и γ ; φ , φ_1 , ε . Рекомендуемые значения углов клина резцов.
5. Методы и средство измерения (контроля) конструктивных элементов и углов клина резцов.
6. Влияние формы передней поверхности и углов клина резца на процесс резания.
7. Маркировка и эксплуатационные (режущие) свойства инструментальных материалов, выбор инструментального материала для конкретных углов обработки резанием.
8. Основные термины и определения надежности режущих инструментов (работоспособное состояние режущего инструмента, отказ режущего инструмента и его критерии).

Студент должен уметь:

1. Измерять (контролировать) геометрические параметры и конструктивные элементы токарных резцов.
2. Обработать и анализировать результаты опытов.
3. Пользоваться нормативной и справочной литературой.
4. Выполнять в соответствии с требованиями стандартов эскизы различных резцов.
5. Применять полученные знания в условиях производства.

Лабораторная работа 2.
Влияние режимов резания и геометрических характеристик осевого инструмента на точность обработки отверстий

Цель работы:

1. Изучить назначение, конструкцию и геометрию основных типов многолезвийных режущих инструментов (свёрл, зенкеров, разверток, фрез).
2. Приобрести практические навыки в замерах конструктивных и геометрических элементов и выборе области рационального применения инструментов.
3. Закрепить полученные теоретические знания соответствующего раздела курса «Материаловедение и технология конструкционных материалов».

Базовые проблемы:

1. Конструктивные элементы и геометрические параметры многолезвийных металлорежущих инструментов.
2. Методы измерения конструктивных элементов и геометрических параметров у сверл, зенкеров, разверток и фрез.
3. Характер влияния режимов резания, материала режущей части инструментов и обрабатываемой заготовки на величину геометрических параметров сверл, зенкеров, разверток и фрез.
4. Закономерности изменения главных переднего и заднего углов у сверл в зависимости от положения рассматриваемой точки на главной режущей кромке.
5. Поверхности, по которым осуществляется заточка многолезвийных металлорежущих инструментов.

Студент должен уметь:

1. Пользоваться измерительными инструментами и измерять конструктивные элементы и геометрические параметры многолезвийных металлорежущих инструментов.
2. Выполнять эскизы (рабочие чертежи) многолезвийных металлорежущих инструментов.
3. Обработать и анализировать результаты измерений конструктивных элементов и геометрических параметров у сверл, зенкеров, разверток и фрез.
4. Применять полученные знания и навыки в условиях производства.

Лабораторная работа 3.

Исследование влияния основных параметров режима резания и геометрии режущей части инструмента на пластическую деформацию в процессе резания (на примере метода точения)

Цель работы:

1. Закрепить теоретический материал по теме «Физика процесса резания».
2. Познакомиться с практическими методами измерения деформаций при резании металлов.
3. Изучить влияние режимов резания и геометрических параметров токарных резцов на деформацию в срезаемом слое металла.

Базовые проблемы:

1. Устройство токарно-винторезного станка.
2. Назначение основных узлов и приемы работы на станке.
3. Физические основы теории обработки металлов и сплавов резанием.
4. Конструкция и геометрия различных типов токарных резцов, их методы измерения и контроля.
5. Влияние основных параметров режима резания и геометрии режущей части инструмента на пластическую деформацию.
6. Методы графического изображения результатов эксперимента.

Студент должен уметь:

1. Выполнять простые работы на станке.
2. Обрабатывать, анализировать, обобщать результаты измерений, строить графические зависимости по результатам эксперимента.
3. Обобщать выводы.

Лабораторная работа 4.

Исследование влияния режимов резания при точении на температуру в зоне резания

Цель работы:

1. Закрепить теоретический материал соответствующего раздела курса «Резание материалов и режущий инструмент».
2. Изучить методы измерения температур в зоне резания.

3. Приобрести практические навыки определения температуры в зоне резания методом искусственной термопары.

4. Экспериментально устанавливать влияние режимов резания на значения температуры в зоне резания.

5. На основе графо-аналитического метода получить эмпирическую зависимость влияния режимов резания на температуру.

Базовые проблемы:

1. Уравнение теплового баланса при обработке металлов резанием.
2. Источники возникновения теплоты при резании металлов и других материалов.
3. Факторы, влияющие на температуру резания при точении.
4. Характер влияния на температуру резания режимов резания, геометрических параметров инструмента, свойств обрабатываемого материала и смазочно-охлаждающих технологических сред (СОТС).
5. Методы определения температуры при обработке материалов резанием.

Студент должен уметь:

1. Обрабатывать заготовки на токарно-винторезном станке.
2. Экспериментально исследовать влияние режимов резания на величину температуры в зоне резания.
3. Обрабатывать, анализировать, обобщать результаты измерений, строить графические зависимости по результатам эксперимента.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЯЕМОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Задание 1. Разработка технологического маршрута механической обработки детали

Материал к управляемой самостоятельной работы студентов

На основе анализа базового ТП проектируется новый маршрут (ТП) изготовления детали. При этом следует руководствоваться следующими принципами:

1) в первую очередь надо обрабатывать поверхности, принятые за чистые (обработанные) технологические базы;

2) последовательность обработки зависит от системы простановки размеров. В начало маршрута надо выносить обработку той поверхности, относительно которой на чертеже координируется большее число других поверхностей;

3) при невысокой точности изготовления заготовки сначала следует обрабатывать ее поверхности, имеющие наибольшую толщину удаляемого материала (для раннего выявления литейных и других дефектов, например раковин, включений, трещин, волосовин и т.п. и отсеивания брака). Далее последовательность операций необходимо устанавливать в зависимости от требуемой точности обработки поверхности. При этом, чем точнее должна быть обрабатываемая поверхность, тем позднее ее необходимо обрабатывать, так как обработка каждой последующей поверхности может вызывать искажение ранее обработанной поверхности (снятие каждого слоя металла с поверхности заготовки приводит к перераспределению остаточных напряжений, что и вызывает деформацию заготовки). Последней нужно обрабатывать ту поверхность, которая является наиболее ответственной для работы детали в машине;

4) операции обработки поверхностей, имеющих второстепенное значение и не влияющих на точность основных параметров детали (сверление мелких отверстий, снятие фасок, прорезка канавок, удаление заусенцев и т. п.), следует выполнять в конце технологического процесса, но до операций окончательной обработки ответственных поверхностей. В конец маршрута желательно также выносить обработку легкоповреждаемых поверхностей, к которым относят, например, наружные резьбы, наружные зубчатые поверхности, наружные шлицевые поверхности и т. п.;

5) если заготовки подвергаются термической обработке, то для устранения возможных деформаций нужно предусматривать правку заготовок или повторную обработку их отдельных поверхностей для обеспечения заданных точности и шероховатости. Однако некоторые виды термической, химико-термической и гальванической обработок усложняют ТП. Например, при цементации требуется науглеродить отдельные участки заготовки. Остальные участки защищают омеднением или оставляют на них припуск, который удаляют при ее механической обработке после цементации, но до закалки.

При изготовлении прецизионных (высокоточных) деталей маршрут механической обработки делят на стадии:

- 1) предварительную (черновую);
- 2) промежуточную (чистовую);

3) окончательную (отделочную).

На первой стадии снимают основную массу металла в виде припусков и напусков на всех поверхностях: на второй – постепенно повышают точность обработки поверхностей (для некоторых поверхностей это может быть окончательной стадией); на третьей – обеспечивают заданные точность и качество поверхностного слоя.

Данные принципы построения маршрутов не всегда являются обязательными. При жесткой заготовке и относительно малых обрабатываемых поверхностях окончательную обработку можно выполнять и в начале маршрута. Принцип разделения маршрута на стадии (черновую обработку, чистовую и отделочную) в определенной степени противоречит принципу концентрации технологических переходов в одной операции, когда можно совместить черновую и чистовую обработки (например, при изготовлении корпусных деталей из отливок и штамповок на агрегатных станках или на станках с ЧПУ типа «обрабатывающий центр»). Правильное составление маршрута изготовления детали определенного класса (конфигурации) и установление уровня точности обработки может быть успешно выполнено на базе типового маршрутного ТП.

В массовом производстве содержание и объем операций определяют их длительностью, которая должна быть равной или кратной такту. На состав операции влияет также необходимость уменьшения числа переустановок заготовки со станка на станок, что имеет большое значение для обработки деталей, имеющих значительную массу. При разработке маршрута изготовления детали по отдельным операциям устанавливают также тип станков и другого технологического оборудования.

Выбор типа станка, прежде всего, определяется возможностью обеспечить определенное формообразование, выполнение технических требований, предъявляемых к изготавливаемой детали в отношении точности формы, расположения и шероховатости поверхностей. Если эти требования выполнимы на различных станках, то при выборе учитывают следующие факторы:

1) соответствие основных размеров станка габаритным размерам обрабатываемой заготовки или нескольких одновременно обрабатываемых заготовок;

2) соответствие производительности станка годовой программе выпуска деталей или нескольких одновременно обрабатываемых заготовок;

3) возможность полного использования станка по времени и по мощности;

4) наименьшее время, затраченное на обработку заготовки (минимальное станковремя);

5) наименьшая себестоимость обработки заготовки (ориентировочная или сравнительная);

6) наименьшая отпускная цена станка;

7) реальная возможность приобретения станка.

Для определенного типа производства необходимо руководствоваться следующими рекомендациями по выбору станков. Для единичного производства чаще всего применяют станки, отличающиеся гибкостью и универсальностью формообразования поверхностей, большим диапазоном габаритов обрабатываемых поверхностей и отсутствием автоматизации. К числу таких станков можно отнести универсальные станки с ручным управлением серийного производства, например, токарно-винторезные, токарно-карусельные, радиально- и вертикально-сверлильные, горизонтально-фрезерные, консольные, кругло-шлифовальные и т. п. В мелкосерийном и среднесерийном производстве для обработки партий заготовок используют станки с меньшей универсальностью, но с большей производительностью, а также с автоматизацией управления. К ним относятся токарно-револьверные полуавтоматы, сверлильные одно- и многошпиндельные полуавтоматы, токарно-винторезные (или с ЧПУ), вертикально-сверлильные (или с ЧПУ) и другие. Узкая специализация, высокая производительность и высокий уровень автоматизации характерен для станков крупносерийного и массового производства (агрегатные станки, гибкие автоматические линии из станков с ЧПУ, жесткие автоматические линии из агрегатных и специальных станков).

Одновременно с выбором станка надо установить вид станочного приспособления, необходимого для выполнения на данном станке намеченной операции. Если данное приспособление является принадлежностью станка (патрон, тиски, люнет и т. п.), то указывают только его наименование. При использовании универсально-сборочного приспособления универсального типа (тиски, делительные универсальные головки, поворотные столы и т. п.) оно указывается дополнительно.

В крупносерийном и массовом производстве широко применяют, главным образом, специальные приспособления, которые при более высокой точности обработки сокращают основное и вспомогательное время больше, чем универсальные.

При выборе станка и приспособления для каждой операции необходимо определить и режущий инструмент, обеспечивающий достижение наибольшей производительности, необходимой точности и требуемой шероховатости обработанной поверхности. В маршрутной карте указывают наименование инструмента, марку материала и номер стандарта.

Выбор типа инструмента зависит от следующих основных факторов: вида станка; метода обработки; материала обрабатываемой заготовки, ее размера и конфигурации, требуемых точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей; типа производства. При выборе инструмента и метода обработки устанавливают измерительный инструмент, необходимый для определения размеров поверхностей заготовки и других ее параметров. В маршрутную карту заносят наименование, тип, размер измерительного инструмента.

В единичном производстве, когда размеры изготавливаемых деталей разнообразны, применяют измерительный инструмент универсального назначения (линейки, штангенциркули, микрометры, нутромеры, глубиномеры, штихмассы и т. п.). В серийном и массовом производстве применяют специальный измерительный инструмент – калибры, пробки, шаблоны, а также измерительные приспособления, как правило, многоместные и автоматизированные.

При разработке маршрутного ТП составляется маршрутная карта, в которую заносят наименование операций, их краткое содержание, технологические базы, тип оборудования и оснастку.

При разработке операций обработки заготовок необходимо решить следующие задачи:

1) определить рациональную структуру операции, что позволит составить или уточнить ее содержание, последовательность выполнения и возможность совмещения во времени переходов операции;

2) выбрать СТО;

3) выбрать средства механизации и автоматизации выполнения операций (например, определить модель оборудования), включая транспортные устройства для перемещения заготовок;

- 4) назначить и рассчитать режимы резания;
- 5) определить нормы времени;
- 6) установить настроечные размеры инструмента и составить схемы наладки оборудования.

Построение операции – многовариантная задача. Возможные варианты оценивают по производительности и себестоимости.

Разрабатывая операцию, стремятся к уменьшению времени выполнения технологической операции (нормы времени). При точном методе работы время изготовления единицы продукции увязывают с тактом выпуска.

Выбранный маршрутный ТП оформляется в виде таблицы, которую целесообразно расположить на отдельной странице (нескольких страницах) вдоль длинной стороны листа.

Для обработки самой точной поверхности детали проектируется необходимое (достаточное) количество операций (переходов) по коэффициенту уточнения.

Для выполнения работы студентам выдаются рабочие чертежи деталей, с указанием программы их выпуска. При разработке маршрута ТП механической обработки заготовки необходимо провести анализ рабочего чертежа детали, определить метод получения заготовки, учитывая тип производства, найти и изучить аналогичный и типовой ТП. Для этого рекомендуется пользоваться справочными пособиями. Разработку варианта технологического маршрута обработки заготовки рекомендуется вести в следующей последовательности:

1) выбрать технологические базы и схемы установки заготовок. При этом необходимо руководствоваться основными принципами базирования;

2) определить методы и маршруты обработки отдельных поверхностей заготовки, исходя из требуемой точности и качества поверхности детали и выбранной заготовки;

3) по заданной точности обработки и шероховатости детали, типу производства выбрать начальный, промежуточные и завершающий методы обработки. Выбор конкретных методов обработки производят с помощью таблиц экономической точности;

4) выбрать оборудование, приспособления, металлорежущий и контрольно-измерительный инструменты;

5) составить маршрут обработки заготовки в целом, включая термические и контрольные операции. При разработке рациональной последовательности операций учитывают необходимость по-

лучения на начальных операциях технологических баз, разделение операций на черновые, чистовые и отделочные, завершения ТП обработкой наиболее ответственных поверхностей детали;

6) выполнить нормирование времени операций ТП и определить штучное время, используя приближенные формулы для определения норм времени обработки поверхности;

7) заполнить маршрутную карту ТП;

8) заполнить карты операционных эскизов, а также операционные.

Примеры разноуровневых заданий для контроля результатов изучения модуля

1-й уровень

Допишите недостающее слово (определение, термин):

1. Металл, срезаемый с заготовок режущим инструментом, называется...

2. Часть металла, которая образуется на передней поверхности резца из обрабатываемого материала, сильно деформированного, заторможенного и часто приваренного к резцу, имеющая клиновидную форму, называется...

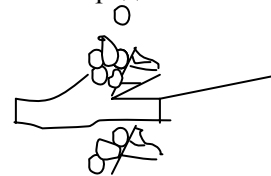
3. Явление, при котором под влиянием пластических деформаций поверхностный слой металла упрочняется, его твердость повышается, а вязкость уменьшается, называется...

4. Равнодействующая всех сил, действующих на резец со стороны обрабатываемого материала, называется...

5. Величина перемещения точки режущей кромки инструмента относительно поверхности резания в единицу времени в процессе осуществления главного движения называется...

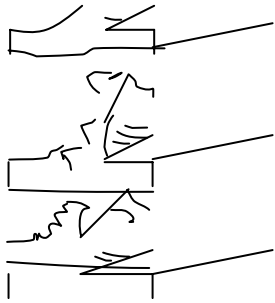
2-й уровень

1. Определите тип стружки по ее внешнему виду.



1 [] стружка надлома

2 [] сливная стружка

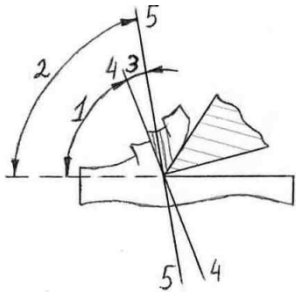


3 [] суставчатая стружка

4 [] элементная стружка

4

2. Обозначьте плоскости и углы, образующиеся при ходе стружки.



[] – угол скалывания
 [] – угол скольжения
 [] – угол между плоскостью скалывания и скольжения

[] – плоскость скалывания
 [] – плоскость скольжения

3. В процессе наростообразования:

- 1) увеличивается передний угол и уменьшается угол резания;
- 2) уменьшается задний угол и увеличивается угол резания;
- 3) уменьшается передний угол и увеличивается угол резания.
- 4) происходит следующее:...

4. При резании пластической деформации подвергается:

- 1) срезаемый слой;
- 2) поверхность резания;
- 3) срезаемый слой, поверхность резания и обрабатываемая поверхность;
- 4) основная масса заготовки;
- 5) правильного ответа нет.

5. Установите соответствие понятия и его содержания.

Понятие	Содержание
1. P_x	[] Радиальная сила, направленная перпендикулярно к оси обрабатываемой заготовки
2. P_y	[] Осевая сила или сила подачи, действующая параллельно оси заготовки в направлении, противоположном движению подачи
3. P_z	[] Сила резания или тангенциальная, сила касательная к поверхности резания и совпадающая с направлением главного движения

3-й уровень

1. На усадку стружки влияют:

- 1) геометрические элементы резца;
- 2) элементы режима резания;
- 3) СОЖ;
- 4) увеличение глубины лунки на передней поверхности резца;
- 5) обрабатываемый материал и его механические свойства.

2. Нарост полезен при обработке:

- 1) получистовой;
- 2) чистовой;
- 3) правильного ответа нет;
- 4) черновой;
- 5) обдирке.

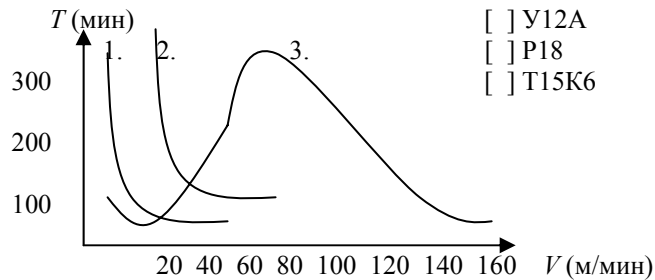
3. К какому критерию износа подходит данное определение: «Критерий износа, при котором общий срок службы инструмента получается наибольшим, называется...»?

Ответ:

- 1) критерием блестящей полоски;
- 2) силовым критерием;
- 3) критерием оптимального износа;
- 4) технологическим критерием.

4. Относительная величина сил P_y и P_x возрастает с увеличением:
- 1) отрицательного значения переднего угла;
 - 2) износа резца по задней поверхности;
 - 3) вспомогательного угла в плане;
 - 4) износа резца по передней поверхности.

5. Определите соответствие представленных графиков перечисленным инструментальным материалам:



ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ТЕКСТ

Методические рекомендации для студентов заочной формы обучения

Введение. Необходимо знать роль ученых в развитии учения о резании металлов (И. А. Тиме, К. А. Зворыкина, Я. Г. Усачева, В. Д. Кузнецова), а также совершенствование станков, инструментов и инструментальных материалов. Важно изучить и усвоить положения о развитии соответствующей технологии и промышленности.

Для инженеров, обслуживающих сельскохозяйственное производство (особенно для инженеров-ремонтников), необходимы знания обработки резанием, так как соответствующее качество поверхности детали достигается, как правило, этой обработкой.

Теоретической основой дисциплины материалов обработки резанием является теория дислокаций, поэтому будущему инженеру необходимо иметь представление об основах этой теории.

Процесс резания и его основные элементы. При изучении данного процесса следует иметь четкое представление об основных

видах обработки металлов резанием: точении, сверлении, фрезеровании, строгании и шлифовании. Знать: какие перемещения совершают заготовки и инструмент, на каком оборудовании это осуществляется; какая поверхность при этом будет обрабатываемой, обработанной и поверхностью резания; положения плоскости резания, главной секущей и основной плоскостей.

Особое внимание следует обратить на изучение конструктивных и геометрических элементов резца (части, поверхности, режущие кромки, углы). Необходимо иметь понятие о кинематических углах резца; знать элементы режима резания: глубину резания, подачу, скорость резания для каждого вида обработки.

При изучении инструментальных материалов особое внимание следует обратить на новые марки быстрорежущих сталей, металл-керамические твердые сплавы, минералокерамические материалы, а также на новые инструментальные материалы (алмазы природные и синтетические, эльбор, гексанит и др.).

Физические основы процесса резания металлов. При изучения физических основ процесса резания металлов необходимо обратить особое внимание на явления, возникающие при стружкообразовании. При этом следует ознакомиться с видами стружки и с процессом образования стружки при резании пластичных металлов.

Чрезвычайно важным является вопрос о качестве обработанной поверхности (критерии оценки шероховатости обработанной поверхности по ГОСТ 25142–82, влияние элементов режима резания на шероховатость поверхности).

Необходимо изучить тепловые явления в процессе резания: причины возникновения тепла, его распределение, зависимость температуры в зоне резания от его элементов. При этом следует уяснить, как и с какой целью определяется температура в зоне резания.

Следует отметить, что вибрации при резании металлов, возникающие в системе СПИД (станок – приспособление – инструмент – деталь), могут быть двух видов – вынужденные колебания и автоколебания. Необходимо изучить причины их возникновения, влияние на процесс резания и способы устранения.

Следует изучить процесс изнашивания режущего инструмента, знать виды, величины, критерии износа. Необходимо усвоить понятие стойкости режущего инструмента, знать способы ее повышения, в частности, применение смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС), и способы подвода их в зону резания.

Модуль 2

ВИДЫ РЕЗАНИЯ, РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ И СТАНКИ

В результате изучения модуля студент должен:

- **знать** различные виды механической обработки заготовок, назначение и устройство металлорежущих станков и инструментов;
- **уметь** назначать виды механической обработки и выбирать станки для обработки заготовок с целью получения конкретных деталей.

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

ОСНОВНОЙ ТЕКСТ

Лекция 1. Точение, строгание и долбление

План лекции:

1. Общие положения.
2. Точение, токарные резцы, токарные станки, режимы обработки.
3. Стругание и долбление, режущий инструмент, строгальные и долбежные станки, режимы обработки.

Общие положения

Согласно действующему в Республике Беларусь стандарту (ГОСТ 25761–83) все виды механической обработки металлов и материалов резанием подразделяются на лезвийную и абразивную обработку.

К лезвийной обработке относятся все виды обработки резанием, которые осуществляются лезвийным инструментом.

Абразивная обработка производится абразивными инструментами. Данный модуль содержит сведения об основных видах обработки резанием, движении режущего инструмента и обрабатываемой заготовки, геометрических параметрах режущего лезвия, а также порядок расчета оптимального режима резания и основного технологического времени.

Оптимальным режущим режимом резания называется такая совокупность всех его элементов (глубины, подачи и скорости резания), которая обеспечивает наибольшую производительность при наименьшей стоимости обработки.

Точение, токарные резцы, токарные станки, режимы обработки

Наиболее распространенной операцией механической обработки на машиностроительных и ремонтных предприятиях является токарная. На токарных станках выполняют наружное точение, сверление, растачивание, зенкование, зенкерование и развертывание отверстий, нарезание резьбы (наружной и внутренней), а в ряде случаев и другие технологические операции (рис. 2.1) [1].

Обработку конических поверхностей выполняют следующими способами: широким резца, поворотом верхней части суппорта, смещением задней бабки в поперечном направлении и при помощи копирной линейки.

Токарная обработка выполняется на токарных станках разных типов, различающихся по назначению, компоновке, степени автоматизации и другим характерным признакам (параметрам).

К станкам токарной группы относятся: токарно-винторезные, токарно-револьверные, лоботокарные, токарно-карусельные, токарные автоматы и полуавтоматы, токарные станки с программным управлением.

Основными размерами, характеризующими токарный станок, является высота центров над станиной и расстояние между центрами. По высоте центров (ВЦ) токарные станки делятся на три группы: мелкие (с ВЦ 50 мм); средние (ВЦ 150...300 мм); крупные (ВЦ свыше 300 мм). При ремонте сельскохозяйственных машин наиболее применяемыми являются средние станки [1]. Основными узлами токарно-винторезного станка являются станина, передняя и задняя бабки, коробки скоростей и подач, суппорт, фартук, ходовой винт и валик.

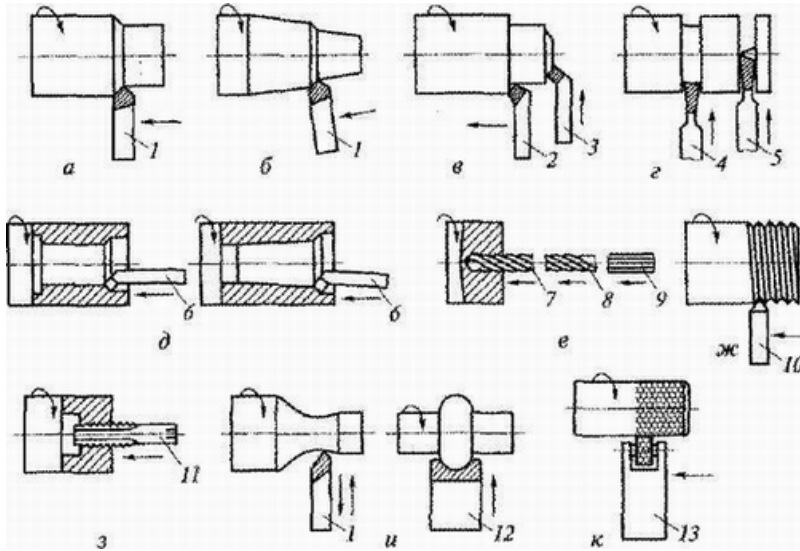


Рис. 2.1. Основные виды токарных работ:

a – обработка наружных цилиндрических поверхностей; *б* – обработка наружных конических поверхностей; *в* – обработка торцов и уступов; *г* – вытачивание канавок, отрезка заготовки; *д* – обработка внутренних цилиндрических и конических поверхностей; *е* – сверление, зенкерование и развертывание отверстий; *з* – нарезание наружной резьбы; *жс* – нарезание внутренней резьбы; *и* – обработка фасонных поверхностей; *к* – накатывание рифлений; *1* – проходной прямой резец, *2* – проходной упорный резец, *3* – проходной отогнутый резец, *4* – отрезной резец; *5* – канавочный резец, *6* – расточной резец; *7* – сверло; *8* – зенкер, *9* – развертка, *10* – резьбовой резец, *11* – метчик, *12* – фасонный резец, *13* – накатка (стрелками показаны направления перемещения инструмента и вращения заготовки)

Наиболее распространенной моделью токарно-винторезного станка является модель 16К20. Этот станок предназначен для точения различных деталей и нарезания резьбы. Он применяется в серийном и мелкосерийном производствах. Станок содержит механизм главного движения (вращение шпинделя или заготовки). Ведущим звеном является вал электродвигателя; ведомым – шпиндель. Станок имеет 22 различные частоты вращения. Механизмы подач содержат звено увеличения шага, реверсивный механизм, гитару сменных колес, коробку подач, множительный и распределительный механизмы, фартук. Ведущим звеном является шпиндель; ведомыми звеньями – реечное колесо (для цепи продольных подач); ходовой винт поперечной подачи (для поперечных подач) и ходовой винт (для нарезания резьбы). Процесс точения осуществляется по схеме, приведенной на рисунке 2.2.

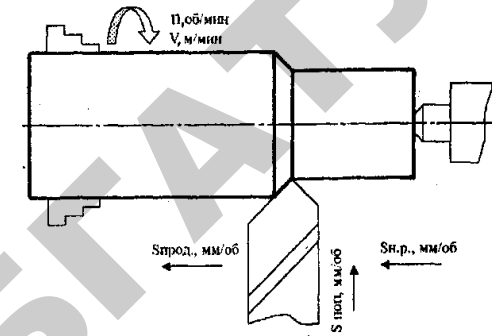


Рис. 2.2. Схема точения:

V – скорость резания, м/мин; n – частота вращения, мин⁻¹;
 $S_{пр}$ – продольная подача, мм/об; $S_{пр}$ – шаг нарезаемой резьбы, мм/об;
 $S_{поп}$ – поперечная подача, мм/об.

Токарные резцы подразделяются по форме головки, по направлению подачи, конструкции, сечению стержня, материалу рабочей части, назначению и т. д. (рис. 2.3) [1, 2].

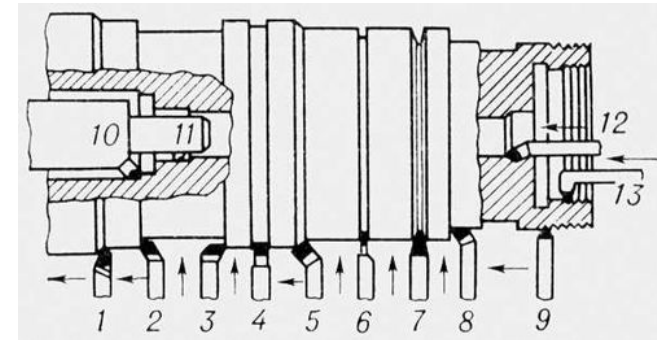


Рис. 2.3. Токарные резцы:

1 – проходной прямой; *2* – проходной упорный правый; *3* – подрезной левой; *4* – прорезной канавочный; *5* – проходной отогнутый правый; *6* – отрезной; *7* – фасонный; *8* – подрезной правый; *9* – резьбовой (для наружной резьбы); *10* – расточной упорный (в борштанге); *11* – расточной (в борштанге); *12* – расточной; *13* – резьбовой (для внутренней резьбы)

По форме головки и направлению подачи резцы подразделяются на левые и правые. Правые работают с подачей справа налево (от задней бабки к передней) левые – в обратном направлении.

Резцы могут быть отогнутые вправо или влево, изогнутые вверх или вниз, оттянутые вправо или влево.

По конструкции различают цельные резцы (головка и тело выполнено из одного металла), с приваренной встык головкой, с припаянной пластиной твердого сплава и резцы с механическим креплением режущих пластинок. По сечению стержня различают прямоугольные, квадратные и круглые резцы, а по материалу режущей части – резцы из быстрорежущей стали, твердого сплава и металлокерамики. По назначению различают проходные, подрезные, отрезные, расточные, галтельные, фасонные и резьбовые резцы. Проходные резцы применяют для наружной обточки. Они могут быть черновыми и чистовыми. У черновых резцов угол в плане превышает $10...35^\circ$. Подрезные резцы применяют для подрезки торцов. Упорный подрезной резец имеет главный угол в плане 90° . Этот резец работает с продольной подачей и одновременно подрезает торец. Отрезные резцы применяют для разрезания заготовок и нарезки канавок. Отрезной резец имеет одну главную и две вспомогательные режущие кромки. Расточные резцы применяют для растачивания отверстий предварительно просверленных или полученных в процессе штамповки. Расточные резцы используют для растачивания глухих отверстий. При этом главный угол в плане $\varphi \leq 90^\circ$, а для растачивания сквозных отверстий $\varphi > 90^\circ$.

Галтельные резцы применяют для обтачивания галтелей (закруглений). Фасонные резцы предназначены для обработки деталей сложной формы. По конструкции фасонные резцы делятся на призматические и дисковые. Их применяют в условиях крупносерийного производства. Резьбовые резцы и головки применяют для нарезания резьбы (наружной и внутренней). Эти резцы и головки разделяются на стержневые, призматические и дисковые.

К принадлежностям токарных станков (рис. 2.4) относятся центры для установки длинных деталей. Для уменьшения трения между обрабатываемой заготовкой и центром применяются вращающиеся центры. Патроны бывают: двух-, трех- и четырехкулачковые с различным приводом, а также пневматические. Наиболее распространенными являются трехкулачковые патроны.

Четырехкулачковые патроны могут иметь ручной и пневматический приводы.

Инструментом второго порядка являются центры вращающиеся, срезанные, плавающие, обратные и др. Для вращения валов, установленных в центрах, применяют различные поводковые устройст-

ва. Из них наиболее распространенными являются поводковые, планшайбы с хомутиками и самозажимные поводковые патроны. Люнеты являются приспособлениями для дополнительной поддержки нежестких валов. Люнеты бывают подвижные и неподвижные. К приспособлениям для поддержки относятся также оправки различных конструкций [2].

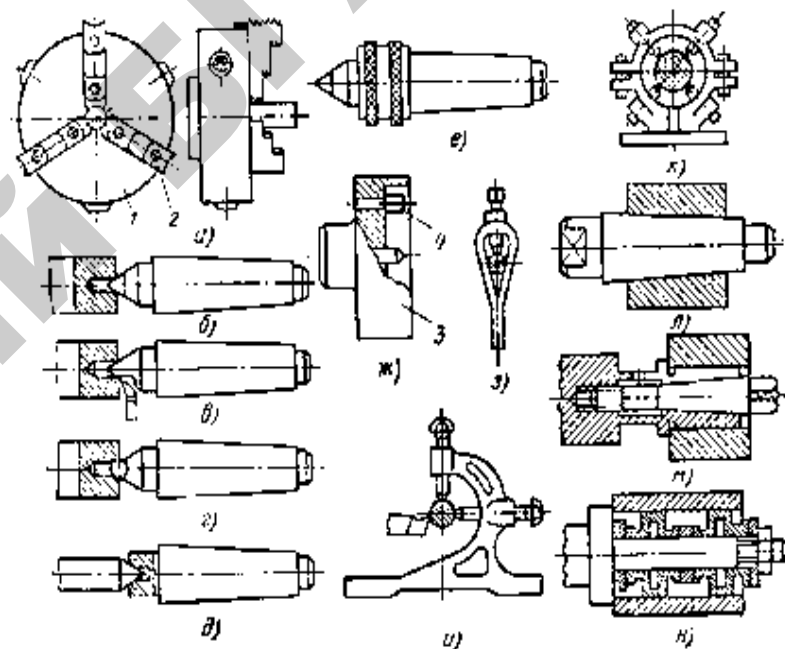


Рис. 2.4. Приспособления для закрепления заготовок на токарных станках: а – патрон (самоцентрирующий или несамосцентрирующий); б – упорный центр; в – срезанный центр; г – центр со сферической рабочей частью; д, е – вращающиеся центры; ж – поводковый патрон; з – хомутик; и, к – люнеты; л – коническая оправка; м – цанговая оправка; н – упругая оправка

Для установления режимов резания необходимо иметь: чертеж, характеристику материала, а также паспорт станка. Элементы режимов резания при точении приведены на рисунке 2.5. Общий припуск на механическую обработку должен складываться из суммы операционных пропусков и сниматься за минимальное число проходов. Припуск на черновую обработку должен быть снят за один проход.

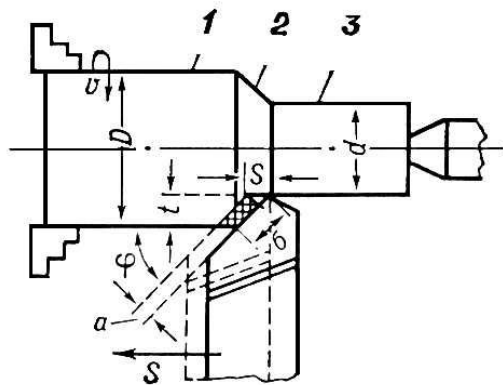


Рис. 2.5. Элементы режимов резания при точении

При назначении режимов и выборе геометрических параметров резцов можно пользоваться различными справочниками по режимам резания. При этом выбирается возможно большая допустимая подача, которая может осуществляться механизмами подачи станка. Далее определяется частота вращения шпинделя и основное технологическое время обработки.

Расчет режима резания производится по элементам в указанной выше последовательности. Глубина резания t назначается максимально возможной в соответствии с условиями выполняемой операции. При черновой обработке глубина резания принимается равной припуску; при полустойковой обработке ($R_a = 6,3$ мкм) $t = 0,5 \dots 2,0$ мм; при чистовой обработке ($R_a = 3,2$ мкм) $t = 0,1 \dots 0,5$ мм.

Подача s выбирается по таблицам справочной литературы в зависимости от требуемой чистоты обработанной поверхности, размера обрабатываемой детали и принятой величины глубины резания.

Скорость резания (м/мин) рассчитывается по эмпирической формуле:

$$v = \frac{C_v \cdot K_M \cdot K_H \cdot K_I \cdot K_T}{T^{0.2} \cdot t^{0.75} \cdot s^{0.75}}$$

где K_M – коэффициент, учитывающий свойства обрабатываемого материала; K_H – коэффициент, учитывающий свойства инструментального материала; K_I – коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности.

Значение стойкости режущего инструмента T для одноинструментальной обработки принимается в пределах 30...60 минут, при многоинструментальной обработке и многостаночном обслуживании величина стойкости инструмента корректируется в сторону ее увеличения путем применения коэффициентов изменения стойкости.

После расчета скоростей резания производится расчет составляющих силы резания по формуле:

$$P_r = 10 C_p \cdot t^{0.75} \cdot s^{0.75} \cdot v^{0.75} \cdot K_p, \text{ Н}$$

где K_p – общий поправочный коэффициент.

Мощность резания (кВт) рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{P_r \cdot v}{60 \cdot 1000}$$

При одновременной работе нескольких инструментов рассчитывают их суммарную мощность резания.

После расчета мощности производится выбор станка, на котором будет выполняться планируемая операция. Если выбранный станок имеет ступенчатое регулирование скорости главного движения, то производится корректировка скоростей резания для данного станка.

$$n_p \cdot v_p = \frac{1000 \cdot v_r}{\pi \cdot D} \quad n_{ст} \cdot v_{ст} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{ст}}{1000}, \text{ м/мин,}$$

где n_p – расчетная частота вращения шпинделя, $n_{ст}$ – частота вращения шпинделя, принятая для данного станка, $v_{ст}$ – действительная скорость резания.

При корректировке скорости резания частота вращения шпинделя (число его оборотов) принимается, как правило, ближайшей к меньшей по сравнению с расчетной. Ближайшее большее к расчетному число оборотов можно принимать лишь в том случае, если действительная скорость резания увеличивается по сравнению с расчетной скоростью не более чем на 3 %.

После расчета режима резания проводится расчет основного технологического времени (рис. 2.6). Основное технологическое время определяется путем деления длины пути прохода инструмен-

та на скорость подачи. Общий путь прохода инструмента при точении складывается из длины обрабатываемой поверхности, величины пути врезания резца и величины его перебега.

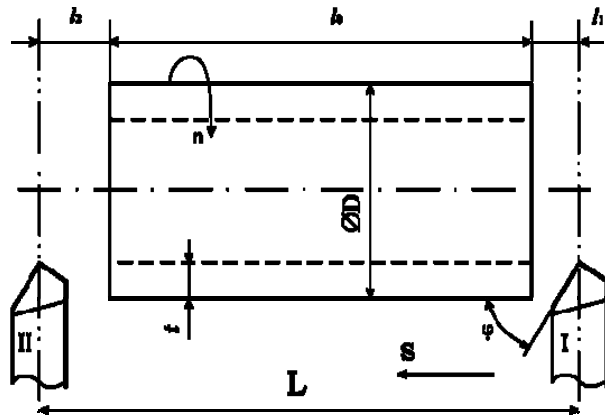


Рис. 2.6. Схема расчета основного технологического времени при точении

Основное технологическое время t_0 рассчитывается по формуле:

$$t_0 = \frac{L}{n \cdot s},$$

где L – длина прохода резца, мм; n – частота вращения шпинделя, об/мин; s – подача, мм/об; l_0 – длина обрабатываемой поверхности, мм; l_1 – величина врезания; l_2 – величина перебега инструмента, назначается в зависимости от размера обрабатываемой детали.

Строгание и долбление, режущий инструмент, строгальные и долбежные станки, режимы обработки

Строгальные и долбежные, а также протяжные станки отнесены к 7-й группе МРС. Они отличаются от предшествующих типов станков наличием прямолинейного возвратно-поступательного главного движения.

Строгальные станки предназначены для обработки резцами плоских и линейчатых поверхностей, пазов, торцов и выполнения других подобных работ (рис. 2.7).

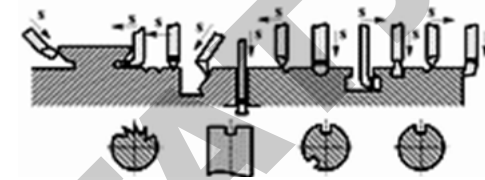


Рис. 2.7. Виды работ, выполняемых на строгальных станках

Эти станки делятся на поперечно-строгальные, продольно-строгальные и долбежные.

В поперечно-строгальных станках возвратно-поступательное движение совершает закреплённый в суппорте резец, а обрабатываемая заготовка осуществляет движение поперечной подачи (рис. 2.8).

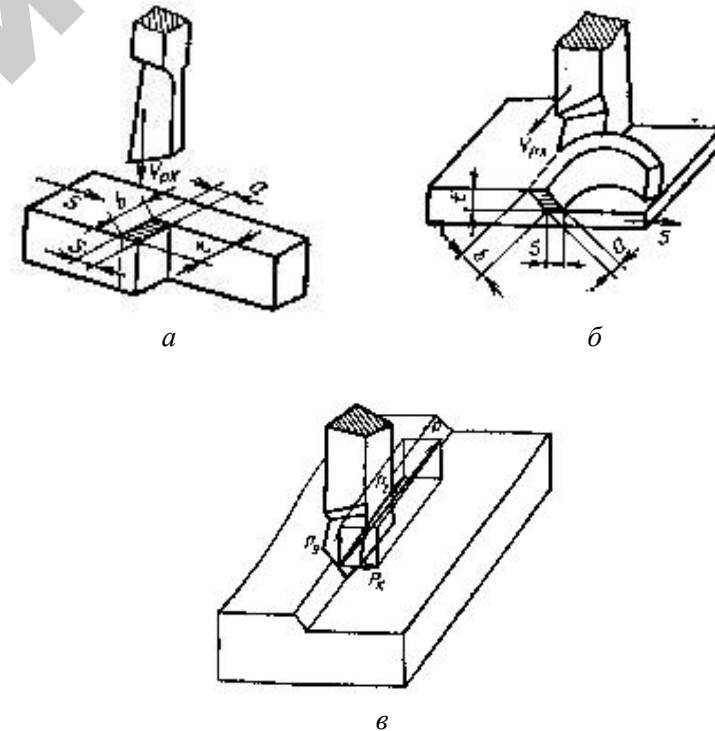


Рис. 2.8. Схемы обработки:

а – поперечное строгание; б – долбление; в – строгание продольное

В продольно-строгальных станках главным движением является возвратно-поступательное перемещение заготовки, а движением подачи служит поперечное перемещение резца (рис. 2.8, а, в). В долбежных станках резец совершает вертикальное возвратно-поступательное движение, а заготовка осуществляет периодические перемещения в поперечном, продольном или круговом направлениях (рис. 2.8, б).

Строгальные и долбежные станки применяются в единичном и мелкосерийном производстве, а протяжные – в массовом [4].

Строгание имеет много общего с точением. Особенности строгания являются переменные скорости рабочего и холостого ходов. Врезание резца в заготовку сопровождается ударами, а подача имеет переменный характер.

Строгальные резцы по конструкции подобны токарным, но при прочих равных условиях имеют большие поперечные размеры (сечение), так как работают с переменной нагрузкой (ударами).

Для обработки стальных отливок строгальные резцы делают обычно изогнутыми, чтобы при встрече с твердыми включениями резец, отгибаясь, не врезался в уже обработанную поверхность. Это предохраняет резец от выкрашивания и сохраняет качество обработанной поверхности. По назначению строгальные резцы разделяют на: продольные, подрезные, отрезные и фасонные. Долбежные резцы бывают продольные, подрезные и отрезные. У долбежного резца есть передняя поверхность и задняя поверхность.

Геометрические параметры режущей части строгальных резцов выбираются такими же, как и для токарных резцов. Скорость резания при строгании и долблении определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y}.$$

В эту формулу вводят дополнительно поправочные коэффициенты, которые учитывают тип станка. Сила резания при строгании и долблении зависит от тех же факторов, что и при точении и подсчитывается по аналогичным формулам.

Глубину резания определяют в зависимости от припуска на обработку, подачу – по техническим требованиям. Мощность резания должна быть меньше или равна мощности ползуна станка, которая определяется по формуле (применяют ее также допустимую величину):

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = N_z \eta,$$

где P_z – тангенциальная составляющая силы резания; V – средняя скорость рабочего хода, м/мин; N_z – мощность электродвигателя, кВт; η – КПД.

Поперечно-строгальные станки применяют для обработки плоских деталей. Наибольший ход ползуна составляет 400...700 мм. Наиболее распространенной моделью станка является 7Е35.

Продольно-строгальные станки применяют для обработки горизонтальных, вертикальных, и наклонных поверхностей. Примером такого станка является модель 7212.

Долбежные станки применяют для обработки внутренних и наружных поверхностей (шпоночные пазы, канавки и др.). Примером таких станков является модель 7Д430 [1, 4].

Следует отметить, что большинство работ на долбежных станках выполняется с предварительной разметкой.

На долбежных станках обрабатывают квадратные, шестеренные, шлицевые и шпоночные канавки, а также наружные плоскости и линейные поверхности.

Вопросы для самоконтроля

1. Приведите пример схемы точения при обработке вала.
2. Опишите устройство токарного станка 16К20.
3. По каким параметрам разделяются токарные резцы?
4. Перечислите основные группы и марки инструментальных материалов.
5. Какова теплостойкость основных групп инструментальных материалов?
6. Как разделяются токарные резцы по назначению?
7. Чем отличается резьбовая гребенка от резца?
8. Какие схемы нарезания резьбы используют на токарных станках?
9. Как настроить станок на нарезание питчевой резьбы?
10. Как нарезать многозаходную и торцовую резьбу?
11. Какие способы служат для точения конических поверхностей?
12. Какие принадлежности используются на токарных станках для увеличения их технологических возможностей?

13. Какие типы станков относятся к группам строгальных и долбежных станков?

14. Приведите схемы строгания и долбления, а также модели станков для их осуществления.

15. Какие резцы используются для строгания и долбления?

Лекция 2. Фрезерование и протягивание

План лекции:

1. Фрезерование, фрезы, фрезерные станки, делительные головки, режимы обработки.

2. Протягивание, инструмент, протяжные станки, режимы обработки.

Фрезерование, фрезы, фрезерные станки, делительные головки, режимы обработки

Фрезерование является распространенным видом механической обработки. Фрезерованием в большинстве случаев обрабатываются плоские или фасонные линейчатые поверхности. Фрезерование ведется многолезвийными инструментами – фрезами. Фреза представляет собой тело вращения, у которого режущие зубья расположены на цилиндрической или торцевой поверхности. В зависимости от этого фрезы называются цилиндрическими или торцевыми, а выполняемое ими фрезерование – цилиндрическим или торцевым. Главное движение сообщает фрезе движение подачи, которое обычно сообщается обрабатываемой детали, но может придаваться и инструменту (фрезе). Чаще всего движение является поступательным, но может быть вращательным или сложным.

Процесс фрезерования отличается от других процессов резания тем, что каждый зуб фрезы за один ее оборот находится в работе относительно малый промежуток времени. Большую часть оборота зуб фрезы не производит резания. Это благоприятно сказывается на стойкости фрезы. Другой отличительной особенностью процесса фрезерования является то, что каждый зуб фрезы срезает стружку переменной толщины.

Осуществление процесса фрезерования предполагает наличие станка, инструмента (фрезы) и режимов обработки.

Наиболее распространенные типы фрез показаны на рисунке 2.9.

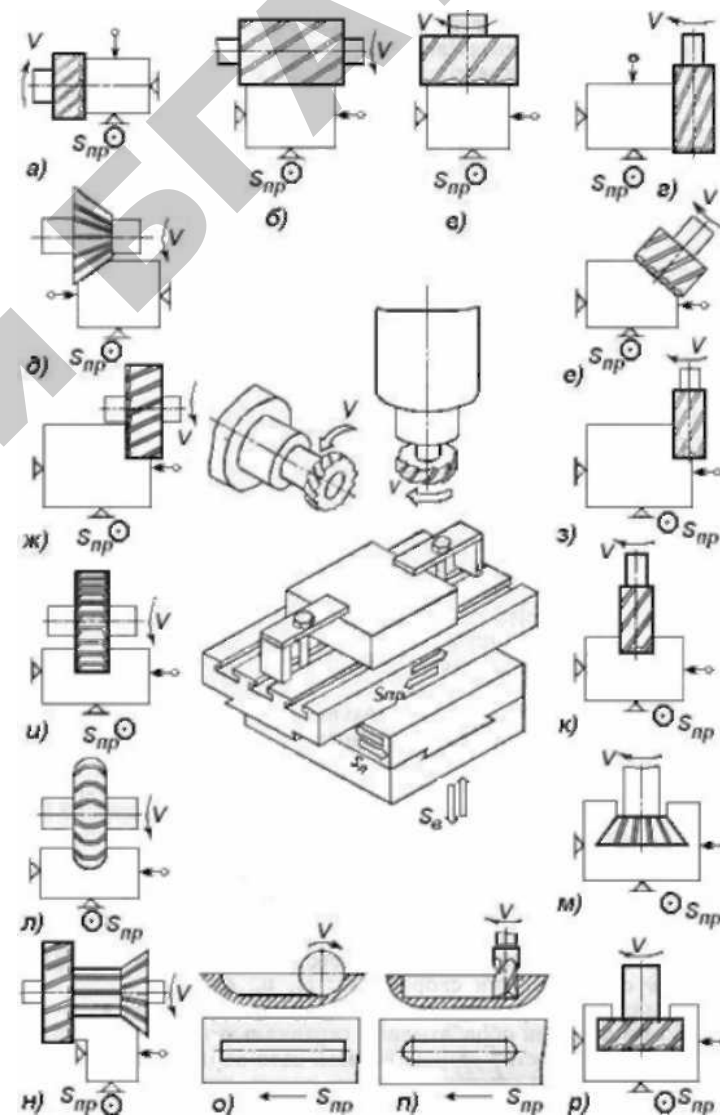


Рис. 2.9. Типы фрез и схемы обработки поверхностей на фрезерных станках

Горизонтальные плоскости фрезеруют на горизонтально-фрезерных станках цилиндрическими фрезами (рис. 2.9, б) и на вертикально-фрезерных станках торцовыми фрезами (рис. 2.9, в). Вертикальные плоскости фрезеруют на горизонтально-фрезерных станках торцовыми фрезами (рис. 2.9, а).

Концевые фрезы (рис. 2.9, г, з, к) применяют при обработке плоскостей, уступов, пазов и криволинейных контуров по разметке и копиру.

Дисковые фрезы двухсторонние (рис. 2.9, ж) и трехсторонние (рис. 2.9, и) применяют для фрезерования уступов, лысок, пазов.

Прорезные (шлицевые) и отрезные фрезы (рис. 2.9, о) с мелкими и средними зубьями применяют для резки тонких заготовок, тонкостенных труб, прорезания неглубоких шлицев в головках винтов; с крупными зубьями – для прорезания глубоких и узких пазов, обрезки заготовок и отрезных работ.

Угловые фрезы (рис. 2.9, д) применяют для фрезерования стружечных канавок инструментов, а также пазов типа «ласточкин хвост» (рис. 2.9, м).

Фасонные фрезы (рис. 2.9, л) предназначены для фрезерования стандартных фасонных поверхностей, стружечных канавок режущих инструментов.

Комбинированные поверхности фрезеруют набором фрез (рис. 2.9, н).

На рисунках 2.10 и 2.11 приведены геометрические параметры режущей части наиболее часто используемых типов фрез (цилиндрической и торцевой). Экспериментально установлены следующие диапазоны оптимальных геометрических параметров режущей части фрезы:

- 1) передний угол γ — $(-10)...30^\circ$;
- 2) главный задний угол α — $10...30^\circ$;
- 3) вспомогательный задний угол α_1 — $4...10^\circ$;
- 4) главный угол в плане φ — $30...90^\circ$;
- 5) вспомогательный угол в плане φ_1 — $1...10^\circ$;
- 6) длина переходной режущей кромки l — $1...2$ мм;
- 7) угол наклона главной режущей кромки λ — $(-5)...15^\circ$;
- 8) угол наклона винтовых канавок (зубьев) ω — $10...45^\circ$.

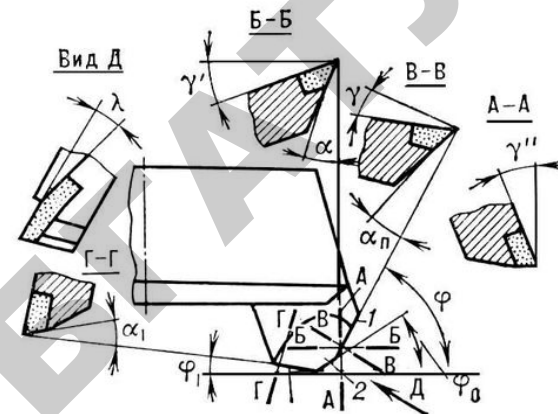


Рис. 2.10. Геометрические параметры режущей части торцевой фрезы:
1 – главная режущая кромка; 2 – переходная режущая кромка

На производительность фрезерования, стойкость фрезы, качество обработанных поверхностей, силу резания и т. п. влияют и другие геометрические параметры фрезы: задний угол в нормальном сечении α_n , поперечный передний угол γ , продольный передний угол γ' , угол в плане переходной режущей кромки φ_0 .

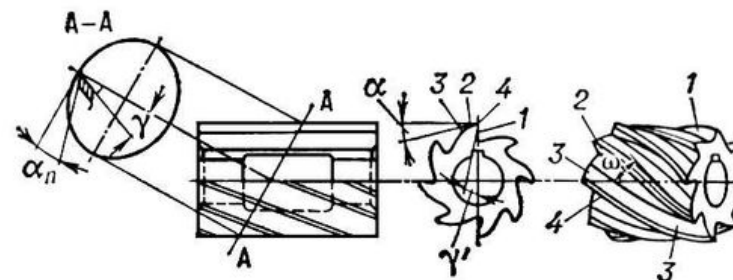


Рис. 2.11. Геометрические параметры режущей части цилиндрической фрезы:
1 – передняя поверхность зуба; 2 – задняя поверхность зуба; 3 – затылочная поверхность зуба; 4 – винтовая главная режущая кромка зуба

Схема фрезерования поверхности цилиндрической фрезой показана на рисунке 2.12. Главным движением при фрезеровании является вращение инструмента, движением подачи — поступательное перемещение заготовки; скорость резания равна окружной скорости наиболее удалённых от оси фрезы точек её зубьев.

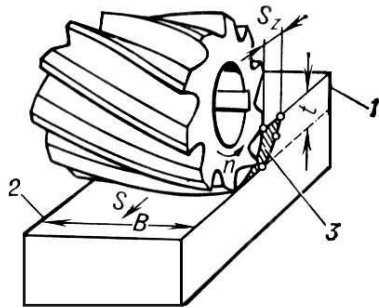


Рис. 2.12. Схема резания при фрезеровании цилиндрической фрезой

Фрезерование может производиться двумя способами: горизонтальным способом цилиндрическими фрезами (рис. 2.13, а, б) против подачи (встречное) (рис. 2.13, а), по подаче (попутное) (рис. 2.13, б) и вертикальным способом торцевыми и концевыми фрезами (рис. 2.13, в, г).

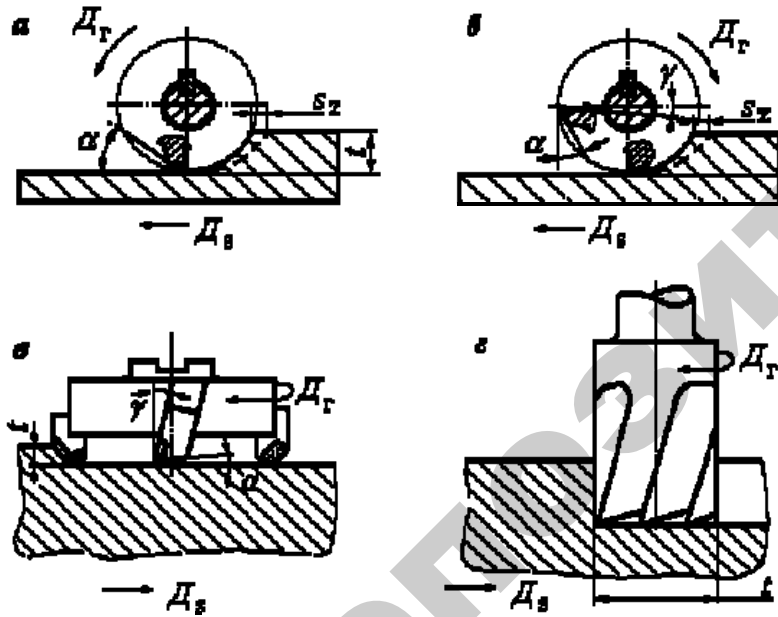


Рис. 2.13. Виды фрезерования:
а – против подачи; б – по подаче; в – торцевой фрезой; г – концевой фрезой

При фрезеровании различают три вида подачи: 1) минутная подача S (мм/мин); 2) подача на один оборот фрезы S_0 (мм/об); 3) подача на один зуб фрезы S_z (мм/зуб). Относительное перемещение фрезы и заготовки при повороте фрезы на один угловой шаг S_z характеризует интенсивность нагрузки зуба в процессе фрезерования (стойкость фрезы) и вычисляется по формуле:

$$S_z = \frac{S_0}{z} = \frac{S}{nz}$$

где z – число зубьев фрезы, n – частота вращения фрезы (об/мин).

Глубина резания t (мм) при фрезеровании – это толщина срезаемого слоя металла, измеренная перпендикулярно к обработанной поверхности. Ширина фрезерования B (мм) – ширина обрабатываемой поверхности в параллельном направлении оси фрезы.

Существуют две возможные схемы фрезерования:

1) против подачи (встречное фрезерование), когда в нижней точке контакта фрезы с обрабатываемой заготовкой векторы скорости резания и подачи противоположны (рис. 2.14, а);

2) по подаче (попутное фрезерование), когда эти векторы совпадают (рис. 2.14, б).

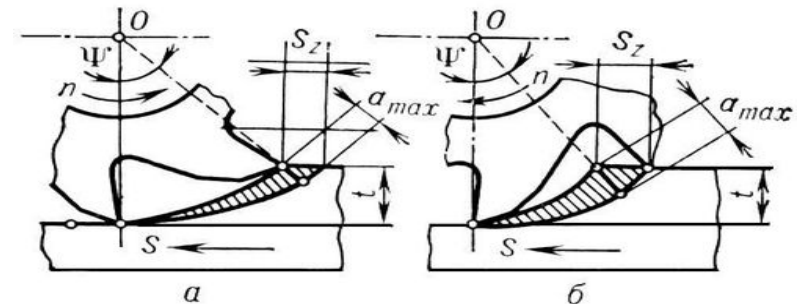


Рис. 2.14. Схемы фрезерования:

a_{max} – наибольшая толщина срезаемого слоя металла;
 Ψ – угол контакта фрезы

При черновом фрезеровании обычно применяется вторая схема, чистовом – первая. Площадь поперечного сечения слоя металла, срезаемого зубом фрезы, меняется в каждый момент времени резания и, следовательно, меняются и действующие на зуб силы. Рав-

номерное фрезерование достигается при использовании фрез с винтовыми зубьями, работа которых характеризуется примерным постоянством площади поперечного сечения срезаемого слоя металла.

Каждый из этих способов имеет свои преимущества и недостатки.

Встречное фрезерование является основным. Попутное фрезерование целесообразно вести лишь при обработке заготовок без корки и при обработке материалов, склонных к сильному обработочному упрочнению, так как при встречном фрезеровании зуб фрезы, врезаюсь в материал, сравнительно значительный путь проходит по сильно наклепанному слою. Износ фрез в этом случае протекает очень интенсивно. При встречном фрезеровании толщина снимаемого слоя материала и нагрузка на зуб фрезы возрастают постепенно. В первоначальный момент зуб фрезы выполняет не резание, а сжатие. Это приводит к повышенному износу зуба по передней поверхности и вызывает наклеп поверхности [1, 2, 3].

При попутном фрезеровании зуб фрезы начинает работать с максимальной толщиной среза и поэтому в первый момент воспринимает наибольшую нагрузку. При попутном фрезеровании затрачиваемая мощность на 10...15 % меньше, а класс шероховатости на 1...2 класса выше, чем при встречном. Однако, если заготовка имеет твердую корку (после литья, штамповки и т. д.), то этот метод использовать нельзя.

При работе торцовыми или концевыми фрезами резание бывает симметричное и несимметричное. При симметричном резании ось фрезы совпадает с плоскостью симметрии обрабатываемой поверхности, а при несимметричном – не совпадает.

На рисунке 2.15. приведены схемы затылованных и незатылованных зубьев фрез.

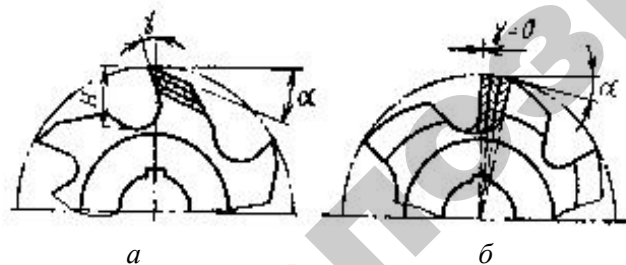


Рис. 2.15. Зубья фрезы:
а — острозаточенные (незатылованные); б — затылованные

При использовании фрез с винтовыми зубьями различают следующие шаги: осевой (t_o), торцовый (t_t) и нормальный (t_n). Осевой шаг – расстояние между осевыми зубьями фрезы, измеренный вдоль оси (рис. 2.16), определяется по формуле:

$$t_o = \text{ctg}\omega t_n = \frac{\pi D}{Z} \text{ctg}\omega.$$

Нормальный шаг t_n определяется по формуле:

$$t_n = t_o \sin \omega,$$

а торцовый —

$$t_m = t_n \cos \omega.$$

Шаг винтовой линии можно определить по зависимости:

$$T_{\text{вк}} = \frac{\pi D_{\text{фр}}}{\text{ctg}\omega}.$$

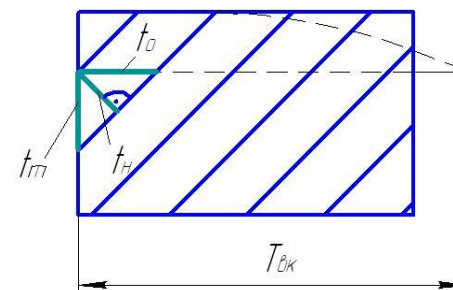


Рис. 2.16. Схема к определению шагов фрезы

При фрезеровании цилиндрической прямозубой фрезой на каждый зуб действует сила, которая может быть разложена на составляющие: касательную (F_k), направленную по касательной F_t к траектории движения режущей кромки зуба, радиальную (F_p), а также осевую (F_o), измеренную вдоль оси фрезы.

При этом действующие силы следующие (рис. 2.17): P_o – осевая сила (противодействует силе осевой подачи); P_y – радиальная сила (противодействует силе отжима фрезы от заготовки); P_z – сила тангенциальная (противодействует силе деформирования и срезания стружки).

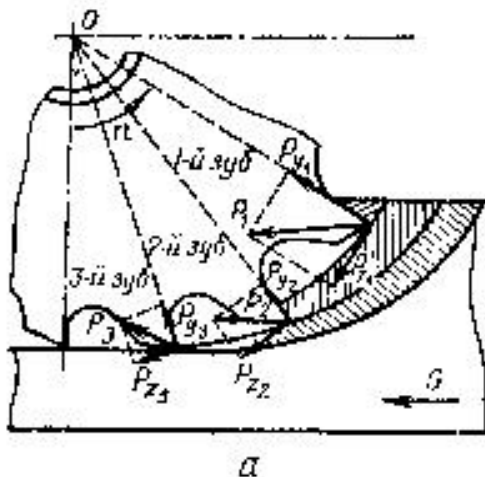


Рис. 2.17. Схема сил резания при фрезеровании

Вдоль каждого зуба возникают силы трения уменьшающие силу P_y на величину осевой силы P_o , которая представляется по формуле:

$$P_o = P \operatorname{tg} \omega,$$

где ω – угол наклона винтовой канавки.

Между отдельными силами резания существует взаимосвязь, которая определяется выражением,

$$P_y = (0.4 - 0.6) P_z.$$

Основными элементами режима резания при фрезеровании являются глубина резания, подача, скорость резания и ширина фрезерования. Глубиной резания t является толщина слоя металла, срезаемого за один проход. При цилиндрическом фрезеровании она соответствует длине дуги контакта фрезы с обрабатываемым изделием и измеряется в направлении, перпендикулярном оси вращения фрезы, при торцовом – в параллельном. Под шириной фрезерования B следует понимать ширину обрабатываемой поверхности, измеренную в направлении, параллельном оси вращения цилиндрической или концевой фрезы, а при фрезеровании торцевой фрезой – в перпендикулярном.

Скоростью резания v (об/мин) является окружная скорость режущих лезвий фрезы, которая определяется,

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{фр}}}{1000},$$

где D – диаметр фрезы, мм; n – частота вращения фрезы, об/мин.

Подачи при фрезеровании связаны между собой следующими зависимостями:

$$S_0 = S_z \cdot Z,$$

$$S_z = S_0 \cdot n,$$

$$S_z = S_z \cdot Z \cdot n,$$

где z – число зубьев фрезы, n – частота вращения фрезы, об/мин.

Плавность работы фрезы зависит от глубины резания, диаметра фрезы, числа зубьев и определяется величиной угла контакта фрезы с обрабатываемой заготовкой. Углом контакта δ называется центральный угол, соответствующий длине дуги соприкосновения фрезы с обрабатываемой заготовкой, детали (рис. 2.18).

$$\cos \delta = \frac{OK}{OC}; \quad OK = \frac{D}{2} - t; \quad OC = \frac{D}{2}; \quad \cos \delta = 1 - \frac{2t}{D}.$$

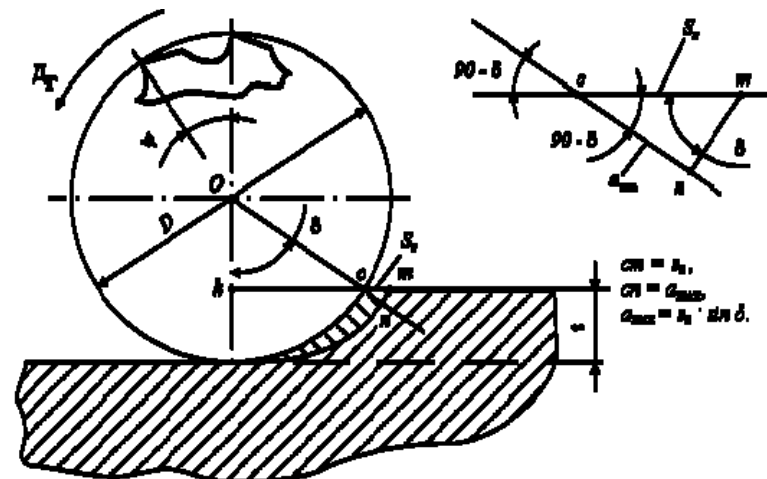


Рис. 2.18. Схема расчета угла контакта фрезы δ и максимальной толщины стружки a_{max}

Для обеспечения плавности работы фрезы число одновременно работающих зубьев должно быть не менее двух.

$$Z_{\text{н.р.}} = \frac{\delta}{\psi} \geq 2; \quad \psi = \frac{360^\circ}{Z}$$

$$Z_{\text{н.р.}} = \frac{\delta \cdot Z}{360^\circ}$$

Толщина среза при фрезеровании является переменной, величина которой зависит от подачи на зуб и угла контакта фрезы.

$$a_{\text{н.р.}} = s_z \cdot \sin \delta$$

При расчете режима резания глубина резания t назначается максимально возможной по условиям жесткости технологической системы, ширина фрезерования B определяется размерами обрабатываемой поверхности. Подача на зуб s_z выбирается по таблицам справочников в зависимости от вида и размеров применяемого инструмента, мощности станка и свойств обрабатываемого материала.

Скорость резания v (м/мин) рассчитывается с учетом величины выбранных элементов режима резания по формуле:

$$v = \frac{C_v \cdot D^d}{T^m \cdot t^{p_1} \cdot s_z^{p_2} \cdot B^{p_3} \cdot z^{p_4}} \cdot K_v$$

где C_v – константа, зависящая от свойств обрабатываемого материала; D – диаметр фрезы, мм; T – стойкость фрезы, которая находится в пределах от 60 до 400 минут в зависимости от вида и размера фрезы; z – число зубьев фрезы; s_z – подача на зуб, мм/зуб.

После расчета режима резания определяются главная составляющая силы резания P_z (Н), крутящий момент $M_{кр}$ (Н·м) и потребляемая на резание мощность N (кВт):

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^a \cdot Z}{D^d \cdot n^b} \cdot K_{1p}$$

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000}$$

$$N = \frac{M_{кр} \cdot v}{60 \cdot 1000}$$

Схема расчета основного технологического времени при фрезеровании приведена на рисунке 2.19.

Здесь

$$L = l_1 + l_0 + l_2;$$

а основное технологическое время t_0 (мин) рассчитывается по формуле:

$$t_0 = \frac{L}{s_z}$$

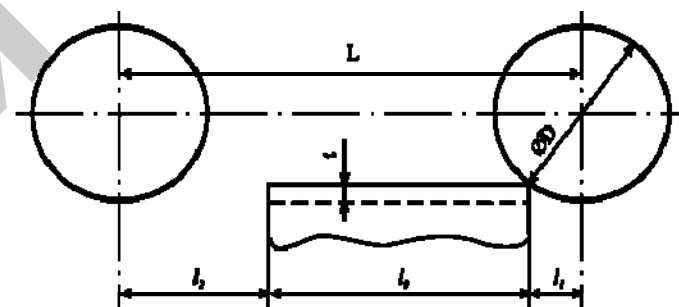


Рис. 2.19. Схема расчета основного технологического времени при фрезеровании

Величина врезания l_1 зависит от диаметра фрезы и глубины резания. Из рисунка 2.19 видно, что

$$\left(\frac{D}{2}\right)^2 = \left(\frac{D}{2} - t\right)^2 + l_1^2,$$

откуда

$$l_1 = \sqrt{t(D-t)}$$

Величина перебега l_2 назначается в зависимости от размеров обрабатываемого изделия и диаметра фрезы.

Следует отметить, что наиболее распространенными приспособлениями к фрезерным станкам являются делительные головки, которые могут быть лимбовыми, безлимовыми и оптическими. Они

позволяют обрабатывать заготовки, имеющие пазы на наружной поверхности, например, зубчатые колёса, зенкеры и т. д. в том числе со спиральными зубами [4].

Делительные головки настраивают на обработку заготовок путём простого и дифференциального деления, а также на нарезание винтовых канавок по формулам:

$$n_p = \frac{N}{Z_3}; U_z = \frac{N}{Z_\phi} \pm (Z_\phi - Z_3); U_{\text{ол}} = \frac{N}{2Z_3};$$

$$U_{\text{ол}} = \frac{N}{2Z_\phi} \pm (Z_\phi - Z_3); U_z = \frac{Nt_{\text{хв}}}{T_{\text{вк}}}$$

Протягивание, инструмент, протяжные станки, режимы обработки

Протягивание применяется как окончательный вид обработки деталей, обеспечивающий высокую точность размеров и качество обработанных поверхностей. Этот метод обработки обладает высокой производительностью, поскольку полная обработка изделия производится за один проход инструмента. Протягивание производится на станках, относящихся к 7-й группе (вертикально-протяжные и горизонтально-протяжные станки).

Инструментом служат протяжки (рис. 2.20), которые протягиваются через обрабатываемое изделие, а прошивки продавливаются (прошиваются) через него.



Рис. 2.20. Схема протяжки:

l_1 – хвостовик; l_2 – шейка; l_3 – передняя направляющая часть продольной предварительной обработки отверстий; l_4 – режущие зубья; l_5 – калибрующие зубья; l_6 – задняя направляющая часть

Главным движением является движение протяжки, а его скорость – скоростью резания. Движение подачи отсутствует. Среза-

ние припуска обеспечивается увеличением (подъемом) зубьев: каждый последующий зуб выше предыдущего на величину подачи sZ . Глубиной резания при протягивании является ширина обрабатываемой поверхности или периметр обрабатываемого отверстия.

Срезание припуска производится последовательно (послойно) режущими зубьями протяжки (рис.2.21).



Рис. 2.21. Схема работы протяжки

Из рисунка видно, что первый зуб не срезает припуск, так как его размер меньше размера отверстия протягивания. Второй зуб срезает слой припуска, обозначенный цифрой 2 и расположенный против этого зуба. Третий зуб срезает слой припуска 3 и т. д. Последние зубья протяжки имеют одинаковый размер и потому срезания припуска не производят, а лишь зачищают поверхность и калибруют ее. Эти зубья называются калибрующими.

В отличие от режущих зубьев, калибрующие зубья имеют на задней поверхности фаску f . Величина переднего угла назначается в зависимости от свойств обрабатываемого материала в пределах 10...15 градусов. Задний угол режущих зубьев делается равным 3...4 градуса, а калибрующих – 1 градус (рис. 2.22). Размеры зубьев протяжки зависят от длины протягиваемого отверстия.

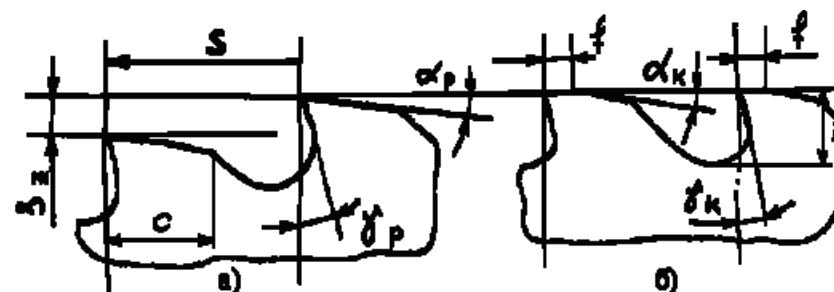


Рис. 2.22. Геометрические параметры протяжки

$$S = 1,25 - 1,75\sqrt{l_0};$$

$$h = (0,35 - 0,5)S; \quad C = 0,25S.$$

Число режущих зубьев определяется как частные от деления величины припуска на подъем зуба S_z , при протягивании круглого отверстия припуск на сторону «А» равен половине разности диаметров до и после протягивания:

$$A = \frac{D - d_0}{2}$$

Число режущих зубьев Z_p определяется по формуле:

$$Z_p = \frac{A}{S_z} + 1$$

где A – припуск на сторону, мм; S_z – подача на зуб (подъем зуба), мм/зуб.

В этой расчетной формуле добавлена единица, так как первый режущий зуб срезания припуска не производит. Размер этого зуба равен размеру отверстия под протягивание и должен быть сделан на случай отклонения размера этого отверстия.

В процессе резания вся образующая стружка размещается во впадинах между зубьями и никуда не отводится. Поэтому производится проверка протяжки на заполнение впадины. Активная площадь продольного сечения впадины $F_{акт}$ равна площади вписанного в нее круга и должна быть больше площади продольного сечения стружки $F_{стр.}$ в 2,5...4,5 раза. Отношение этих площадей называется коэффициентом заполнения впадины.

$$k = \frac{F_{акт}}{F_{стр.}}; \quad F_{акт} = \frac{\pi \cdot h^2}{4}; \quad F_{стр.} = S_z \cdot l_0;$$

$$k = 2,5 - 4,5; \quad k = \frac{\pi \cdot h^2}{4 \cdot S_z \cdot l_0},$$

где h – высота зуба; l_0 – длина обрабатываемого отверстия.

Последовательность срезания припуска определяется конструкцией протяжки и схемой резания.

Различают три схемы резания: профильную (рис. 2.23, а), генераторную (рис. 2.23, б) и прогрессивную (рис. 2.23, в).

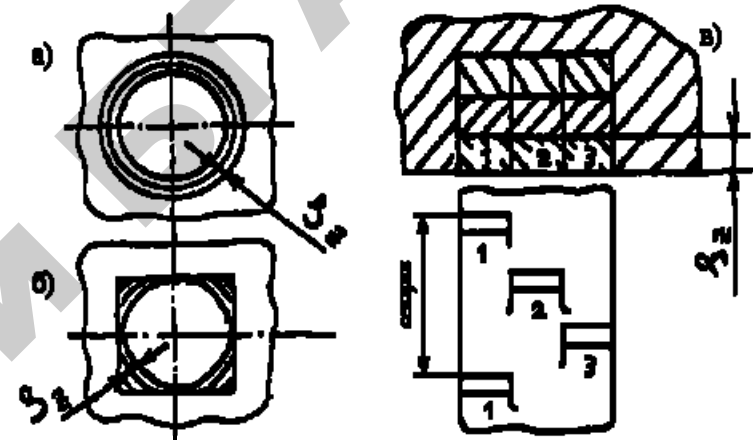


Рис. 2.23. Схемы резания:

а – профильная; б – генераторная; в – прогрессивная

Профильная схема резания предусматривает последовательное срезание припуска зубьями, профиль которых подобен профилю обрабатываемой поверхности.

Генераторная схема характеризуется тем, что каждый зуб не повторяет, а формирует (генерирует) профиль обрабатываемой поверхности.

Прогрессивная схема резания заключается в распределении ширины срезаемого слоя между несколькими зубьями одной секции. Высота зубьев одной секции одинакова. Подача на зуб здесь значительно увеличивается. Таким образом, создаются более выгодные условия резания (режущие кромки зубьев проходят в объеме основного, не упрочненного слоя обрабатываемого материала, и меньше изнашивается). Формы внутренних поверхностей, полученных протягиванием, показаны на рисунке 2.24.

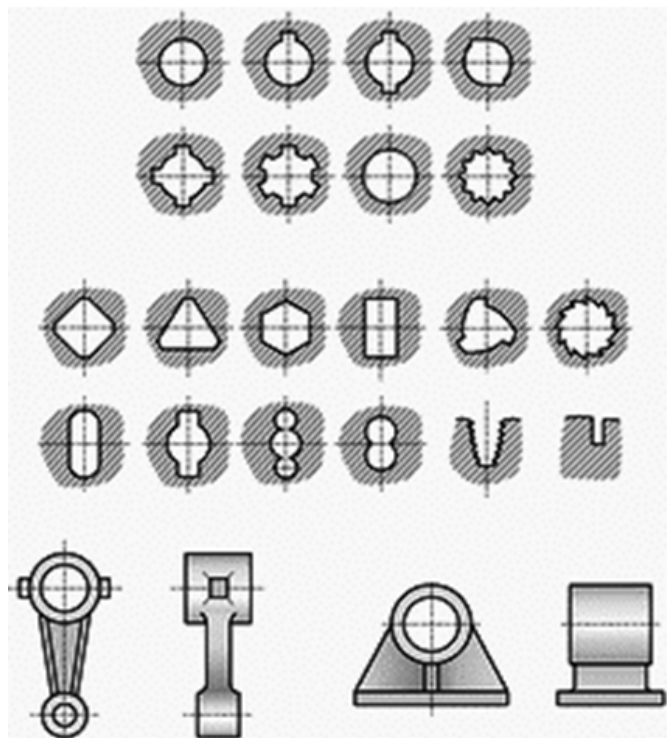


Рис. 2.24. Формы отверстий, полученных протягиванием

Расчет режима резания производится обычным порядком, но глубина резания не выбирается и не назначается, так как она определяется размерами и формой обрабатываемой поверхности. Подача выбирается из таблицы справочников в зависимости от свойств обрабатываемого материала в пределах от 0,01 до 0,3 мм. Скорость резания выбирается в справочной литературе или рассчитывается по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T_m^{0.2} \cdot S_z^y}$$

Стойкость протяжек находится в пределах 100...500 минут. Обычно скорость при протягивании быстрорежущими протяжками

находится в пределах от 2 до 10 м/мин (твердосплавные протяжки могут работать со скоростью резания до 20 м/мин).

Сила резания при протягивании складывается из сил, приложенных ко всем одновременно участвующим в резании зубьям. Для шпоночных и шлицевых протяжек сила резания определяется по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot S_z \cdot Z \cdot n \cdot K_\alpha \cdot K_n \cdot K_s \cdot K_\alpha \cdot K_\gamma,$$

для круглых протяжек –

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot S^y \cdot D \cdot Z \cdot n \cdot K_n \cdot K_m \cdot K_\alpha \cdot K_\gamma,$$

где C_p – коэффициент, характеризующий материал заготовки; S_z – подача на зуб; S – ширина шпонки или шлица; Z – максимальное число одновременно работающих зубьев протяжки; D – диаметр отверстия; n – число шлицев; y – показатель степени; K_n ; K_m ; K_α ; K_γ – коэффициенты, характеризующие влияние соответственного износа, СОЖ, величин заднего и переднего углов.

После определения силы резания производится выбор станка и проверка принятой скорости резания по мощности двигателя станка.

$$v_{\text{мат}} = \frac{60000 \cdot N \cdot \eta}{P_z} \leq v_{\text{пр}}$$

Основное технологическое время рассчитывается по формуле:

$$t_o = \frac{L}{1000 \cdot v} \cdot k$$

где L – длина рабочего хода протяжки;

k – коэффициент, учитывающий время обратного хода протяжки. ($k = 1,2 \dots 1,5$).

Скорость резания при протягивании является скоростью поступательного движения протяжки относительно заготовки. Скорость резания устанавливается в пределах 2...10 м/мин. Подачей на зуб S_z называют разность по высоте двух соседних зубьев протяжки. $S_z = 0,01 \dots 0,03$ мм.

Длина отверстия определяется по формуле:

$$L_{\text{пер}} = l + l_p + l_k + l_n,$$

где l – длина протягивания отверстия; l_p – длина режущей части протяжки; l_k – длина калибрующей части протяжки; l_n – длина направляющей части протяжки.

Назначение режимов резания и величину скорости резания определяют еще на стадии проектирования протяжки. Передние и задние углы на зубьях протяжек измеряют в плоскости перпендикулярной к главной режущей кромке. Передний угол γ выбирают в зависимости от обрабатываемого материала в пределах $5...20^\circ$. Чем более вязкий материал, из которого сделана заготовка, тем больше должен быть передний угол. На калибрующих зубьях $\gamma = 0...5^\circ$. Задний угол режущих зубьев находится в пределах $5...10^\circ$, калибрующих – $\gamma = 2...30^\circ$.

Вопросы для самоконтроля

1. Приведите схему фрезерования поверхности дисковой фрезой.
2. По каким признакам подразделяются фрезы?
3. Чем отличается затылованная фреза от острозаточенной?
4. Приведите схему геометрических параметров фрезы и определения углов фрезы.
5. Назовите два способа фрезерования и охарактеризуйте их.
6. Приведите последовательность выбора режимов резания при фрезеровании.
7. Укажите составляющие силы резания и дайте им определения.
8. Приведите формулы для расчета машинного времени, мощности и скорости при фрезеровании.
9. Приведите настроечные уравнения при использовании делительных головок.
10. Охарактеризуйте инструмент для протягивания.
11. Какие схемы протягивания используются для повышения производительности?
12. По каким зависимостям определяются скорость, мощность и машинное время при протягивании?

Лекция 3. Сверление и растачивание отверстий

План лекции:

1. Сверление, осевой инструмент, сверлильные станки, режимы обработки.
2. Растачивание, инструмент, расточные станки, режимы обработки.

Сверление, осевой инструмент, сверлильные станки, режимы обработки

Сверление как метод обработки существует сотни лет. Еще в XVII веке на тульских и каширских заводах в России при сверлении пушек применялись режущие инструменты, напоминавшие современные сверла, зенкеры и развертки.

Операции сверления выполняют на сверлильных станках. Кроме того, на сверлильных станках осуществляется рассверливание, зенкерование и развертывание отверстий, подрезка торцов и центрование, нарезание резьбы метчиками (при наличии специального патрона). Все перечисленные виды работ можно выполнять и на токарных станках, но только на деталях типа тел вращения.

Вертикально-сверлильный станок – наиболее распространенный тип станка в металлообработке; он используется для получения отверстий в деталях относительно небольшого размера в условиях индивидуального и мелкосерийного производства в ремонтных цехах и т. п. Инструмент (сверло, зенковка, развертка и др.) закрепляют в вертикальном шпинделе, деталь – на столе станка. Совмещение осей обрабатываемого отверстия и инструмента производят перемещением детали. Для ориентации заготовки и автоматизации обработки применяют также программное управление. Для обработки отверстий диаметром до 12 мм (например, в приборостроении) используют настольные станки (как правило, одношпиндельные). Тяжелые и крупногабаритные детали, а также детали с отверстиями, расположенными по дуге окружности, обрабатывают на радиально-сверлильном станке. На этом станке совмещение осей обрабатываемого отверстия и инструмента осуществляют перемещением шпинделя относительно неподвижной детали.

Горизонтально-сверлильный станок обычно используют при обработке глубоких отверстий (например, в осях, валах, стволах стрелковых и артиллерийских систем и т. п.).

Центровальные станки служат для получения в торцах заготовок центровых отверстий. Иногда центровальные станки оснащаются от-

резными суппортами с резцами для отрезки заготовки перед центрованием (центровально-отрезной станок). Для одновременной обработки (главным образом, сверления) нескольких отверстий применяют многшпиндельные сверлильные станки со сверлильными головками.

На сверлильных станках производят сверление, зенкерование, развертывание, зенкование, цекование, нарезание резьбы и обработку сложных комбинированных поверхностей (рис. 2.25).

Сверлением (рис. 2.25, а) получают сквозные и глухие цилиндрические отверстия. В зависимости от требуемой точности и величины партии обрабатываемых заготовок отверстия сверлят в кондукторе или по разметке.

Рассверливание (рис. 2.25, б) – процесс увеличения диаметра ранее просверленного отверстия. Необходимость предварительного сверления с последующим рассверливанием вызывается увеличением длины поперечного режущего лезвия (перемычки) у сверл большого диаметра. При работе таким сверлом в сплошном материале резко возрастает осевая сила. При малом переднем угле перемычка не режет металл, а выдавливает и скоблит его, что создает сопротивление перемещению сверла. Для устранения вредного влияния перемычки на процесс резания диаметр первого сверла должен быть больше ширины перемычки второго сверла. В этом случае перемычка второго сверла в работе не участвует, и осевая сила уменьшается.

Зенкерование (рис. 2.25, в) – процесс обработки цилиндрических и конических необработанных отверстий в деталях, полученных литьем, штамповкой, ковкой, а также предварительно просверленных, с целью увеличения диаметра отверстий, улучшения качества их поверхности, повышения точности (уменьшения конусности, овальности, разбивки). Выполняется *зенкерами*, которые по внешнему виду напоминают сверла, состоят из тех же элементов, но имеют больше режущих кромок (3...4) и спиральных канавок.

Развертывание (рис. 2.25, г) – обработка отверстий после сверления, зенкерования или расточки для получения точных размеров и малой шероховатости поверхности. Основным инструментом при этом является *развертка*, которая состоит из рабочей части, шейки и хвостовика. В зависимости от формы обрабатываемого отверстия применяют цилиндрические и конические развертки с 6...12 зубьями. Для развертывания конических отверстий цилиндрические отверстия в заготовке сначала обрабатывают ступенчатым коническим зенкером (рис. 2.25, м), а затем конической разверткой со стружкоразделительными канавками (рис. 2.25, н). После этого отверстие окончательно обрабатывают конической разверткой с гладкими режущими кромками (рис. 2.25, о).

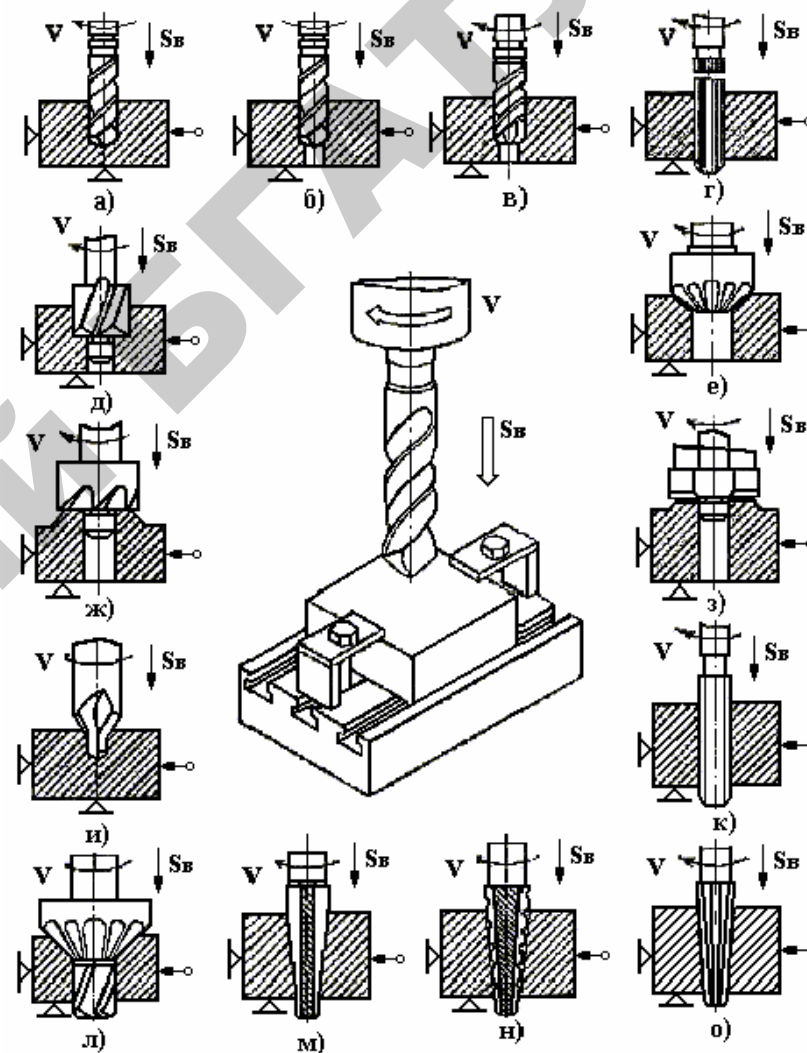


Рис. 2.25. Схемы обработки поверхностей

на сверлильных станках и применяемые при этом инструменты:

а – сверление; б – рассверливание; в – зенкерование; г – развертывание; д – цилиндрический зенкер (зенковка); е – конический зенкер (зенковка); ж – цековка; з – пластинчатый резец; и – центровочное сверло; к – метчик; л – комбинированный инструмент; м – конический зенкер; н, о – конические развертки

Зенкование – образование цилиндрических или конических углублений в предварительно просверленных отверстиях под головки болтов, винтов и заклепок. Применяют для этого цилиндрические (рис. 2.25, *д*) и конические (рис. 2.25, *е*) зенкеры (*зенковки*), имеющие 4...8 торцовых зубьев. Некоторые зенковки имеют направляющую часть (рис. 2.25, *д*), которая обеспечивает соосность углубления и основного отверстия.

Цекование – обработка торцовых поверхностей под гайки, шайбы и кольца. Применяют торцовые зенкеры или ножи (пластины). Перпендикулярность торца основному отверстию достигается наличием направляющей части у цековки (рис. 2.25, *ж*) и у пластинчатого резца (рис. 2.25, *з*). Нарезание резьбы в отверстиях производят метчиком (рис. 2.25, *к*). Сложные поверхности получают комбинированным инструментом (рис. 2.25, *л*).

Растачивание, инструмент, расточные станки, режимы обработки

Расточный станок – это металлорежущий станок для сверления, зенкерования, развёртывания, растачивания, нарезания резьбы, обтачивания цилиндрических поверхностей и торцов, фрезерования. Наиболее распространены универсальные горизонтально-расточные станки. Для выполнения ряда операций используют алмазно-расточные станки, а также координатно-расточные станки.

Универсальный расточной станок имеет горизонтальный шпиндель, смонтированный в бабке, которая перемещается по передней стойке (вверх и вниз). Существует 3 основных типа компоновки расточных станков:

1) станки для обработки мелких и средних изделий со шпинделем диаметром до 125 мм, столом, перемещающимся в двух взаимно перпендикулярных направлениях, и неподвижной передней стойкой;

2) станки для обработки средних и крупных изделий со шпинделем диаметром от 100 до 200 мм, столом и передней стойкой, перемещающимися во взаимно перпендикулярных направлениях;

3) станки для обработки особо крупных изделий со шпинделем диаметром от 125 до 320 мм, без стола, с передней стойкой (колонкой), перемещающейся в одном или двух направлениях. Шпиндельный узел, обеспечивающий станку широкую универсальность, состоит из полого шпинделя, несущего планшайбу с расточным резцом (главное движение), и внутреннего расточного шпинделя, перемещающегося в осевом направлении (движение подачи). Нали-

чие имеющих отдельные приводы планшайбы с радиальным суппортом и внутреннего шпинделя, использование различных приспособлений значительно увеличивают технологические возможности станка (например, совмещение переходов).

Тенденции развития расточных станков – повышение жёсткости и виброустойчивости, снижение трения в подвижных узлах, применение системы цифровой индикации, числового программного управления, методов дистанционного наблюдения за процессом обработки и его контроля (главным образом, в тяжёлых и уникальных станках).

Координатно-расточной станок – металлорежущий станок для чистовой обработки отверстий, плоскостей, пазов с особо точным расположением центров или поверхностей без применения специальных приспособлений для направления инструментов. На координатно-расточном станке производят растачивание, сверление, зенкерование, развёртывание, фрезерование и другие виды обработки в индивидуальном и мелкосерийном производстве при изготовлении режущих и измерительных инструментов, кондукторов, штампов, а также ответственных деталей машин и приборов.

Для точного измерения размеров на координатно-расточных станках применяются устройства с жёсткими и регулируемыми концевыми мерами и индикаторными датчиками; ходовые винты (с лимбами и нониусами), снабженные компенсаторами для устранения погрешностей; масштабные валики с оптическими измерительными приборами.

Различают станки двух видов: двухстоечные (портальные) со столом, имеющим одно направление, и одностоечные со столом, имеющим два направления. У одностоечных станков шпиндельная головка движется только вертикально, у двухстоечных – горизонтально по поперечине, которая может перемещаться в вертикальном направлении. На координатно-расточных станках изделия и режущий инструмент взаимно перемещаются в прямоугольных координатах (с точностью линейных перемещений до 2 мкм) и в полярных координатах (с точностью угловых перемещений до 5'). Конструкция координатно-расточных станков выполняется особо жёсткой, с плавными передачами движений и тщательной балансировкой быстровращающихся деталей (для уменьшения вибрации). Станки устанавливают в изолированных помещениях, в которых поддерживается постоянная температура (20 °С). Координатно-расточные станки обслуживаются рабочими высшей квалификации. Виды работ, выполняемых на расточных станках, приведены на рисунке 2.26.

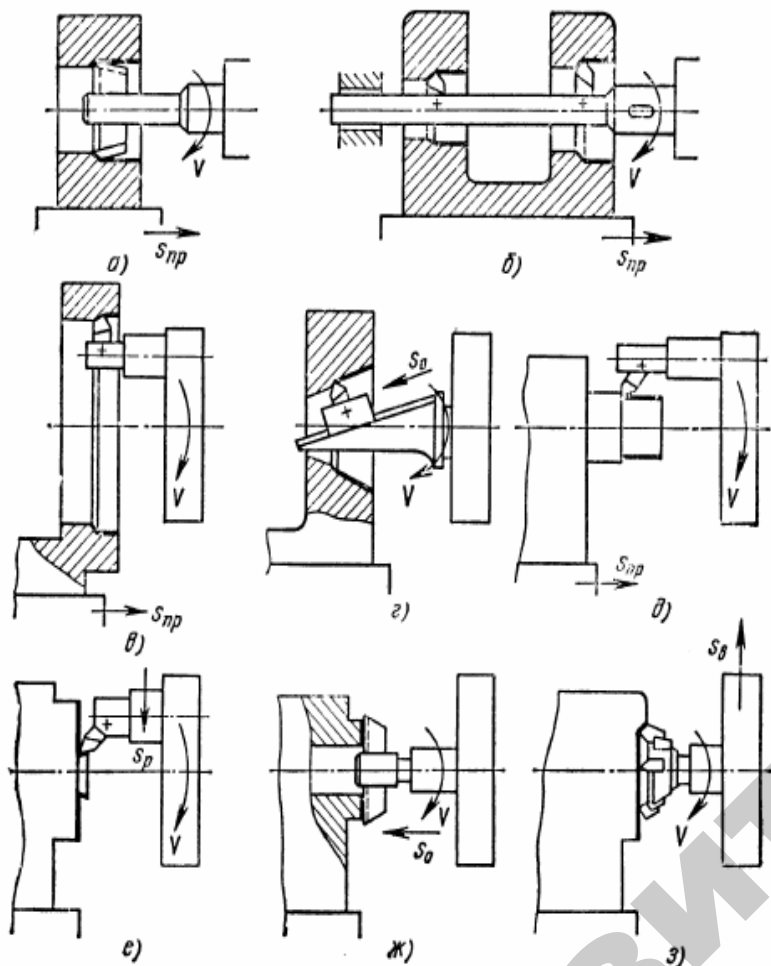


Рис. 2.26. Обработка заготовок на горизонтально-расточных станках:

а – растачивание отверстия небольшой длины двухлезвийным пластинчатым резцом; *б* – одновременное растачивание двух соосных отверстий; *в* – растачивание отверстия большого диаметра и малой длины (резец закреплён в радиальном суппорте планшайбы); *г* – обработка конической внутренней поверхности (с использованием универсального приспособления); *д* – обтачивание наружной цилиндрической поверхности (резец закреплён на радиальном суппорте планшайбы); *е* – подрезание торцов (проходной резец закреплён на радиальном суппорте планшайбы); *ж* – подрезка небольших поверхностей пластинчатым резцом; *з* – фрезерование вертикальной плоскости

Сверла – это осевые режущие инструменты, предназначенные для образования отверстий в сплошном материале, а также для обработки (рассверливания) отверстий, предварительно изготовленных ковкой, штамповкой, литьем или сверлением. Сверла широко применяются в машиностроении, занимая второе место после резцов. Кинематика процесса сверления состоит из двух движений: главного – вращательного движения вокруг оси инструмента (заготовки) и поступательного – движения подачи вдоль той же оси. По конструктивному исполнению сверла относят к следующим основным типам:

- 1) спиральные сверла (с винтовыми канавками) (рис. 2.27);
- 2) перовые сверла (лопаточные) (рис. 2.28);
- 3) специальные сверла (для сверления глубоких отверстий) (рис. 2.29);
- 4) кольцевые, комбинированные и др.

В качестве материала рабочей части, в основном, используются быстрорежущие стали и, прежде всего, сталь марки Р6М5. В настоящее время в Республике Беларусь и других странах в больших объемах выпускаются твердосплавные сверла различных конструкций (рис. 2.30). По конструкции и назначению сверла подразделяют на спиральные, центровочные и специальные. Наиболее распространенным инструментом для сверления и рассверливания отверстий является спиральное сверло с цилиндрическим или коническим хвостовиком, которое состоит из четырех частей: рабочей 6, шейки 2, хвостовика 4 и лапки 3 (рис. 2.27, *а*). В рабочей части 6 различают режущую часть 1 и направляющую часть 5 с винтовыми канавками. Шейка 2 соединяет рабочую часть сверла с хвостовиком. Хвостовик 4 служит для установки сверла в шпинделе станка. Лапка 3 является упором при выбивании сверла из отверстия шпинделя.

Рабочая часть спирального сверла имеет переменный наружный диаметр, уменьшающийся по направлению к хвостовику. Коническую форму сверлу придают для предотвращения защемления в обрабатываемом отверстии.

Элементы рабочей части спирального сверла показаны на рисунке 2.27, *б*. Сверло имеет два главных режущих лезвия 11, образованных пересечением передних 10 и задних 7 поверхностей и выполняющих основную работу резания; поперечное режущее лезвие 12 (перемычку) и два вспомогательных режущих лезвия 9.

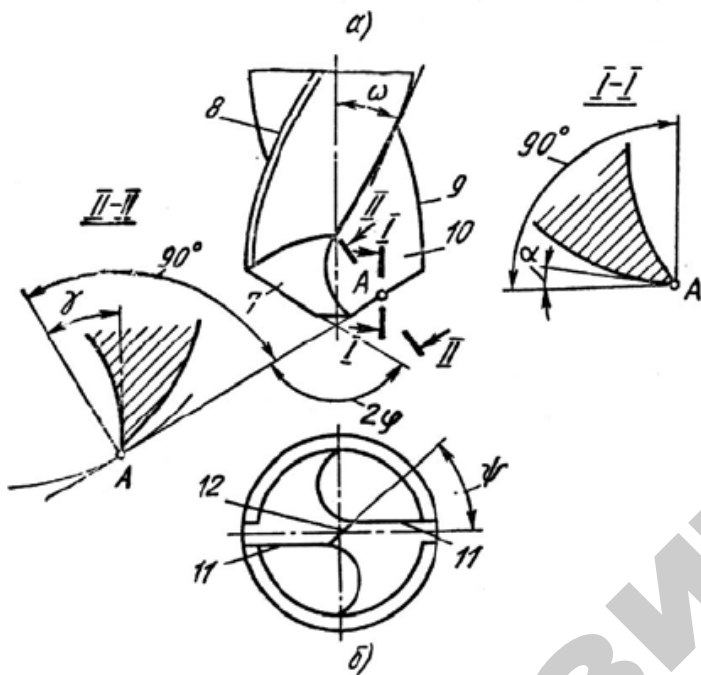
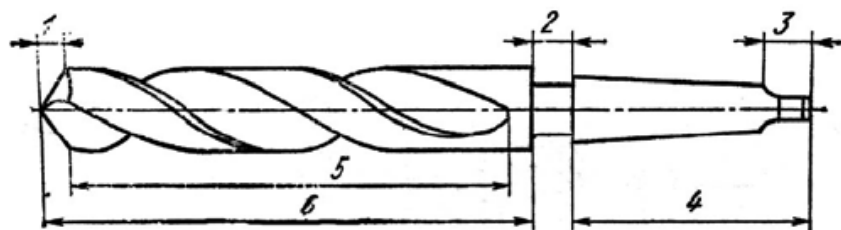


Рис. 2.27. Спиральное сверло, его части (а); элементы и углы (б):
 1 – режущая часть; 2 – шейка; 3 – лапка; 4 – хвостовик; 5 – направляющая часть;
 6 – рабочая часть; 7 – задняя поверхность; 8 – ленточка; 9 – вспомогательное режущее лезвие; 10 – передняя поверхность; 11 – главное режущее лезвие; 12 – поперечное режущее лезвие

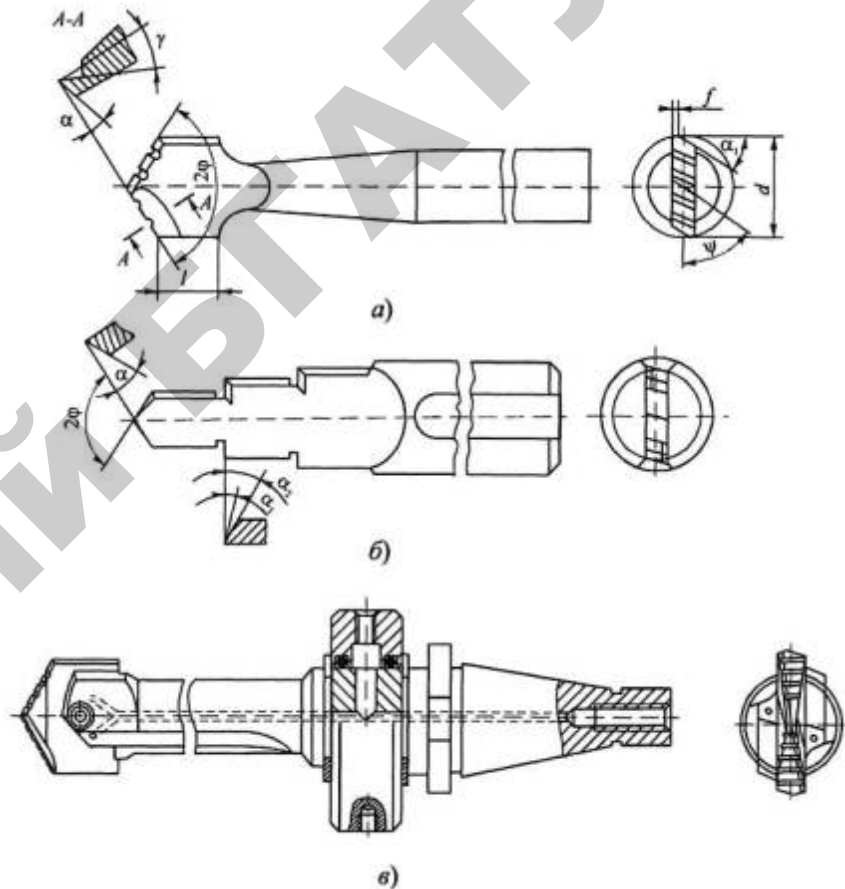


Рис. 2.28. Перовые сверла:
 а – цельное; б – для сверления ступенчатых отверстий;
 в – сборное, с внутренним напорным охлаждением

Для уменьшения трения сверла о стенки отверстия на рабочей цилиндрической части вдоль винтовой канавки расположены две отшлифованные узкие ленточки 8, которыми сверло соприкасается с поверхностью отверстия и которые обеспечивают направление сверла при резании.

На рисунке 2.29 изображены специальные сверла для сверления глубоких отверстий.

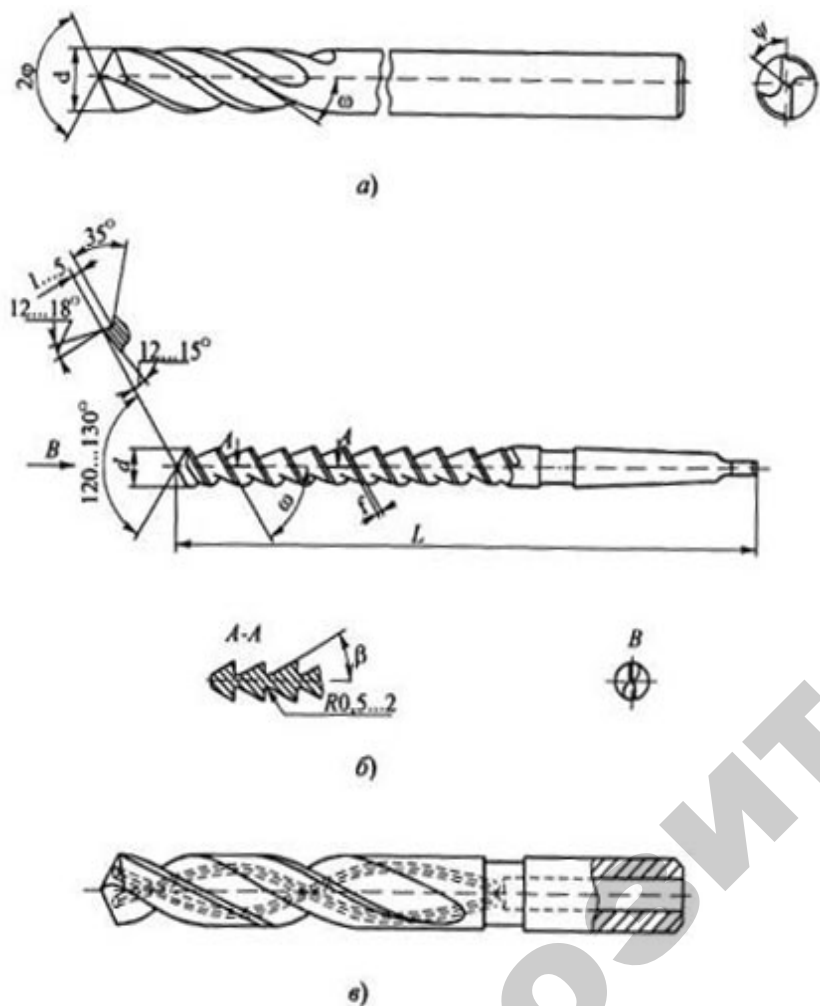


Рис. 2.29. Спиральные сверла для глубокого сверления:
 а – четырехленточное с длинным хвостовиком; б – шнековое;
 в – с внутренним напорным охлаждением

На рисунке 2.30 представлены различные твердосплавные сверла.

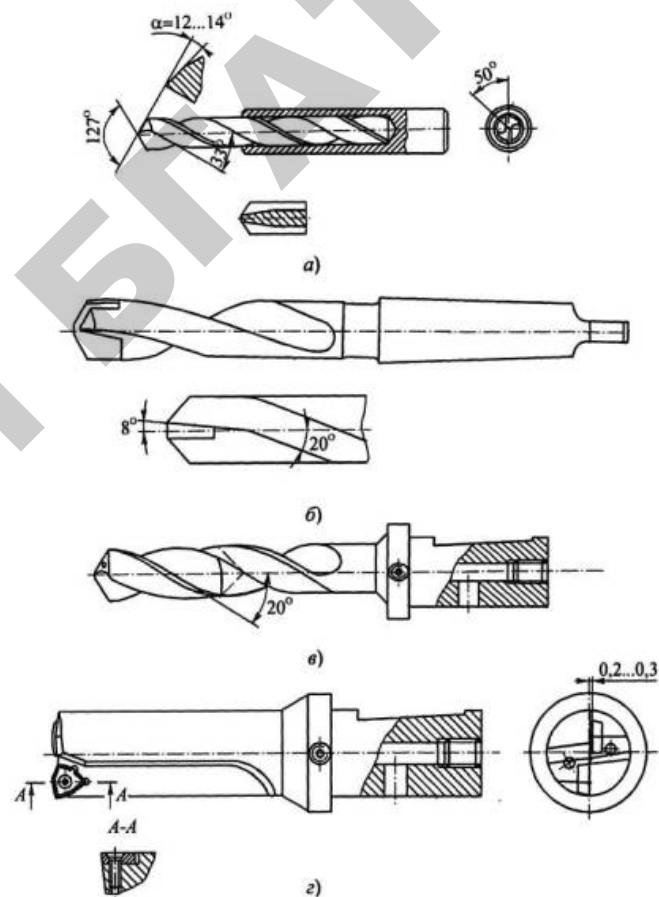


Рис. 2.30. Твердосплавные сверла:
 а – цельные; б – с напайными пластинами; в – с коронками;
 г – с механическим креплением СМП

Зенкеры – это осевые многолезвийные режущие инструменты, которые применяются для промежуточной или окончательной обработки отверстий, полученных предварительно сверлением, литьем, ковкой или штамповкой, с целью повышения точности отверстий до $IT11...IT10$ и уменьшения шероховатости обработанной поверхности до $R_a 40...10$.

Зенкеры получили широкое распространение в массовом и крупносерийном производстве. Они, являясь мерными инструментами, не требуют настройки на размер, что обеспечивает сокращение вспомогательного времени и повышает точность отверстий (по сравнению с обработкой расточными резцами).

Кинематика рабочих движений зенкеров подобна сверлам. Однако зенкеры обеспечивают большую производительность обработки и высокую точность отверстий, так как снимают меньшие припуски ($t = 1,5...4,0$ мм, $d = 18...80$ мм), имеют большее число режущих кромок ($z = 3...4$) и направляющих ленточек. Из-за малой глубины стружечных канавок зенкеры имеют большую, чем сверла, жесткость, а отсутствие поперечной кромки позволяет вести обработку с более высокими подачами.

Зенкеры классифицируют по следующим признакам:

а) по виду обработки – цилиндрические зенкеры, которые применяются для увеличения диаметра отверстий (рис. 2.31, а) и зенковки, которые применяются для обработки цилиндрических или конических углублений под головки болтов, винтов, а также для снятия фасок (рис. 2.31, б, в), подрезки торцов бобышек и приливов на корпусных деталях (рис. 2.31, г);

б) по способу крепления – хвостовые зенкеры с цилиндрическим и коническим хвостовиками ($d = 10...40$ мм, $z = 3$) и насадные ($d = 32...80$ мм, $z = 4$);

в) по конструкции – цельные, сборные (со вставными ножами, $d = 40...120$ мм) и регулируемые по диаметру;

г) по виду режущего материала – быстрорежущие и твердосплавные.

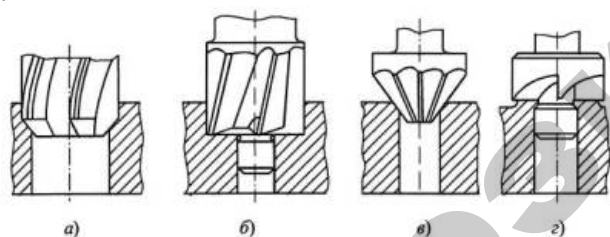


Рис. 2.31. Типы зенкеров: цилиндрический зенкер (а); зенковки (б, в, г)

Цилиндрические зенкеры получили наибольшее распространение при механической обработке деталей. Эти зенкеры могут быть хвостовыми (рис. 2.32, а) и насадными (рис. 2.32, б). К основным конструктивным элементам зенкеров относятся: режущая часть (за-

борный конус), калибрующая часть, число канавок (зубьев), форма канавок, крепежная часть. К геометрическим параметрам относятся: угол при вершине (2φ), передние (γ) и задние (α) углы, углы наклона канавок (ω) и главных режущих кромок (λ).

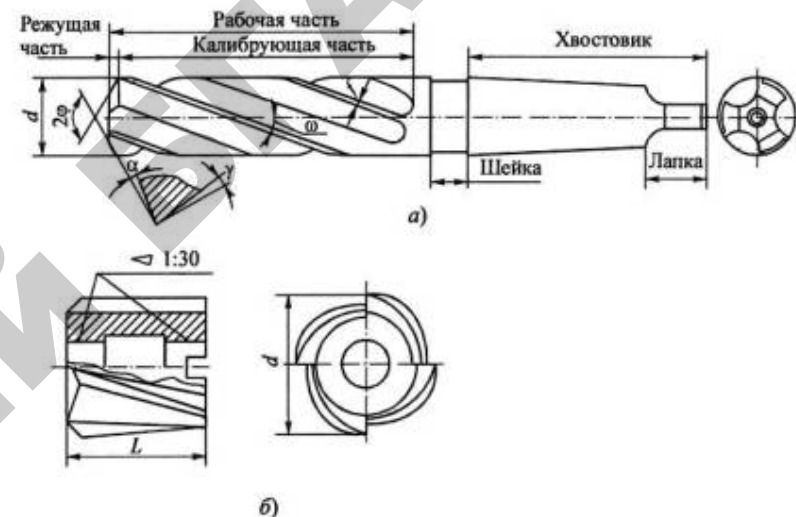


Рис. 2.32. Цилиндрические зенкеры: а – хвостовой; б – насадной

Режущая часть зенкера предназначена для удаления припуска (рис. 2.33).

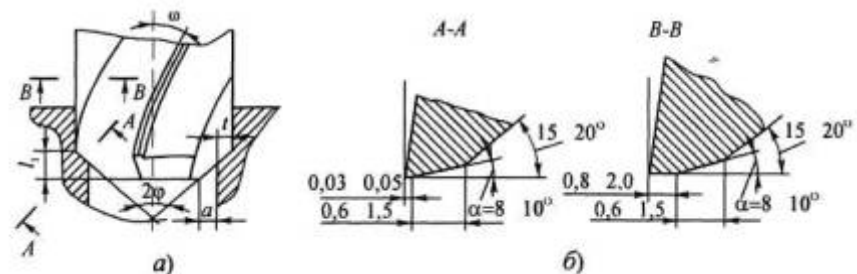


Рис. 2.33. Режущая часть зенкера: а – элементы режущей части; б – формы заточки зубьев зенкера

Ее длина (рис. 2.33) определяется по формуле:

$$l_1 = (t + a) \operatorname{ctg} \varphi = (1,5 \dots 2,0) \cdot t \cdot \operatorname{ctg} \varphi,$$

где t – глубина резания; a – дополнительный размер, облегчающий вход зенкера в отверстие, $a = (0,5 \dots 1,0) \cdot t$; φ – главный угол в плане (половина угла при вершине).

При обработке сталей угол $\varphi = 60^\circ$. С целью повышения стойкости зенкеров рекомендуется их дополнительная заточка по уголкам под углом $\varphi_1 = 30^\circ$. При обработке чугунов угол $\varphi = 60^\circ$ (или 45°).

Калибрующая часть зенкера обеспечивает необходимую точность размера отверстия, направляет зенкер в процессе обработки отверстия и служит запасом для переточки зенкера. На этой части расположены цилиндрические ленточки шириной $f = 0,8 \dots 2,0$ мм для $d = 10 \dots 80$ мм. Радиальное биение ленточек должно быть не более $0,04 \dots 0,06$ мм.

Для снижения трения и исключения возможности защемления в отверстии у зенкера предусматривается обратная конусность по ленточкам в пределах $0,04 \dots 0,10$ мм на 100 мм длины (в зависимости от диаметра инструмента). У твердосплавных зенкеров уменьшение диаметра задается в пределах $0,05 \dots 0,08$ мм на длине режущей пластины, а диаметр корпуса инструмента занижается на $0,01 \dots 0,02$ мм по отношению к размеру конца твердосплавной пластины.

Увеличение ширины ленточек твердосплавных зенкеров нецелесообразно, так как оно сопровождается налипанием на них мелкой стружки и приводит к снижению стойкости инструмента. При увеличении обратной конусности наблюдаются вибрации и происходит быстрое уменьшение размеров зенкера при его переточке.

Зенкеры изготавливают, как правило, с тремя (хвостовые) или четырьмя (насадные) канавками. Применяются также насадные зенкеры крупных размеров ($d > 58$ мм) с шестью и более канавками. В тяжелом машиностроении для снятия больших припусков применяют двузубые зенкеры (зенкеры «улитки»), насаживаемые на оправки. Эти зенкеры имеют короткие и большие по объему канавки и служат для обработки отверстий диаметром до 300 мм.

Канавки зенкеров обычно бывают винтовыми, но могут быть и прямыми, например, у твердосплавных зенкеров для обработки сталей и чугунов высокой твердости. У сборных зенкеров со вставными ножами, в том числе с напайными твердосплавными пластинами, канавки косые, наклонные к оси.

Развертки – это осевые многолезвийные режущие инструменты, применяемые для чистовой обработки отверстий. Точность отверстий после развертывания составляет $IT8 \dots IT6$, а шероховатость поверхности – $R_a 1,25 \dots 0,32$. При этом наилучшие результаты обработки отверстий достигаются в случае двукратного развертывания, когда первая развертка снимает $2/3$ припуска, а вторая – оставшуюся $1/3$. Такие же показатели можно получить и при шлифовании, однако после развертывания качество обработанной поверхности выше, так как на шлифованной поверхности остаются частицы абразива, которые приводят к ускоренному износу сопрягаемых деталей.

Кинематика рабочих движений при развертывании подобна сверлению и зенкерование. В отличие от зенкеров, развертки имеют большее число зубьев ($z = 6 \dots 14$) и, как следствие, более точное направление в отверстии. Они снимают значительно меньший припуск ($t = 0,15 \dots 0,50$ мм), чем при зенкерование. С целью достижения минимальной шероховатости поверхности развертки при обработке сталей работают на низких скоростях резания ($V = 4 \dots 12$ м/мин), т. е. до области появления нароста. Тем не менее, благодаря большому числу зубьев, производительность при развертывании достаточно высока, так как машинное время уменьшается. Его можно получить по формуле:

$$t_M = L_0 / (S_z \cdot z \cdot n),$$

где L_0 – длина обрабатываемого отверстия, мм; S_z – подача на зуб, мм; z – число зубьев; n – частота вращения развертки (заготовки), мин^{-1} .

Как видно из этой формулы увеличение числа зубьев развертки влияет на уменьшение машинного времени.

Для получения высокой точности отверстий развертки изготавливают с более жесткими допусками, чем зенкеры, а отверстия под развертывание получают сверлением, зенкерованием или растачиванием. Развертывание непосредственно после сверления используют только при обработке отверстий небольших диаметров (менее 3 мм).

Развертки классифицируют по следующим признакам: по виду привода (ручные и машинные); по способу крепления (хвостовые и насадные); по виду обрабатываемого отверстия

(цилиндрические и конические); по виду режущего материала (быстрорежущие, твердосплавные и алмазные); по типу конструкции (цельные и сборные, т. е. со вставными ножами).

Ручными развертками (рис. 2.34, а) обрабатывают отверстие путем вращения инструмента вручную воротком, в который вставляется

квадрат цилиндрического хвостовика. Эти развертки ($d = 3...40$ мм) изготавливают из инструментальной стали марки 9ХС. Для лучшего направления развертки в отверстии у нее затачивают заборный конус большой длины и калибрующую часть. В остальном конструкция ручных разверток не отличается от машинных разверток.

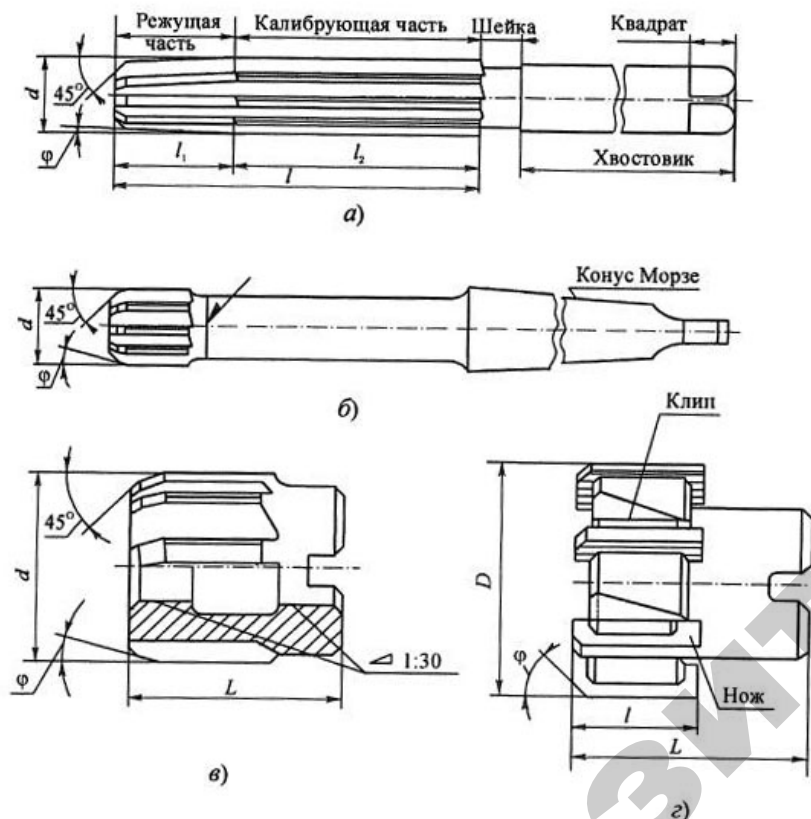


Рис. 2.34. Типы цилиндрических разверток:
а – ручная; б – машинная; в – насадная; г – сборная

Машинные концевые и насадные развертки цельные и сборные (рис. 2.34, б, в, г) применяют для обработки отверстий на сверлильных, токарных, револьверных, координатно-расточных и других станках. Хвостовики машинных разверток бывают цилиндрические ($d = 1...9$ мм) и конические ($d = 10...32$ мм) с относительно длинной

шейкой и конусом Морзе. Хвостовики разверток изготавливают из конструкционных сталей 45 или 40Х и соединяют с рабочей частью из быстрорежущей стали сваркой. Насадные развертки крепятся на оправках. При этом коническое посадочное отверстие (конусность 1:30) обеспечивает центрирование инструмента с высокой точностью. Для передачи крутящего момента на правом торце развертки делается паз под шпонку.

Рабочая часть цилиндрических разверток (рис. 2.34) состоит из режущей и калибрующей частей. На левом торце развертки снимается фаска под углом $\varphi = 45^\circ$, которая облегчает вхождение инструмента в отверстие и предохраняет режущие кромки от повреждения. Далее следует заборный конус с углом в плане φ и зубья, которые снимают припуск, заданный на обработку. Фаска и заборный конус составляют режущую часть развертки. Для улучшения условий ее работы при врезании наименьший диаметр заборного конуса применяется несколько меньше диаметра отверстия под развертывание.

Угол в плане φ заборного конуса оказывает большое влияние на условия работы развертки, так как этот угол определяет соотношение между шириной b и толщиной t слоя, срезаемого каждым зубом.

Конические развертки применяют для получения точных конических отверстий под штифты (конусность 1:50), конусы Морзе, метрические, посадочные отверстия насадных зенкеров и разверток (конусность 1:30) и др. Конические отверстия формируют из цилиндрических, полученных сверлением, либо из конических отверстий, полученных расточкой при обработке очень крутых конусов, например, с конусностью 7:24.

Условия работы таких разверток очень тяжелые, так как у них длина режущих кромок, снимающих припуск, большая и равна длине образующей конуса, а толщина срезаемого слоя определяется перепадом диаметров.

Следует отметить, что точность конических отверстий должна быть достаточно высокой, так как от нее часто зависят прочность и герметичность соединяемых деталей, величина передаваемого крутящего момента и др. При этом точность обработанных отверстий обеспечивается точностью изготовления разверток.

В отличие от цилиндрических разверток, у конических разверток отсутствует разделение на режущую и калибрующую части, так как зубья, расположенные на конической поверхности, являются одновременно и режущими, и калибрующими.

При обработке отверстий с конусностью большей 1:20 приходится снимать припуск такой большой величины, что его можно удалить только с помощью комплекта разверток.

На рисунке 2.35, приведен комплект конических разверток из трех номеров, применяемый для обработки отверстий под конус Морзе.

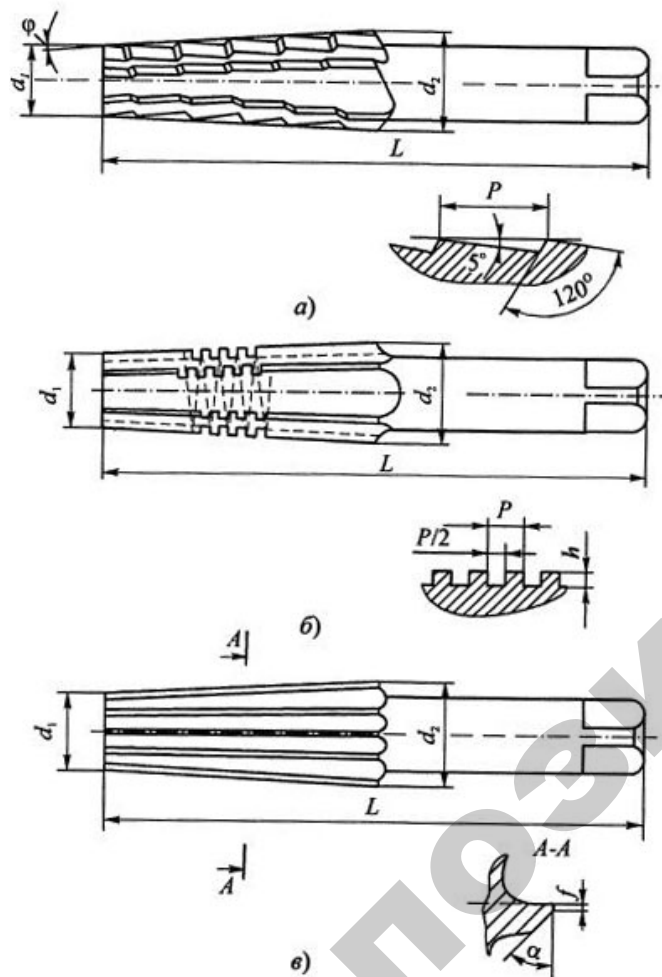


Рис. 2.35. Комплект конических разверток: а – черновая (№ 1); б – промежуточная (№ 2); в – чистовая (№ 3)

Из рисунка 2.36 следует, что $b = t / \sin \varphi$; $a = S_z \sin \varphi$.

Угол φ также определяет усилие подачи, что видно из формулы:

$$P_x = R_{xy} \cdot \sin \varphi,$$

где R_{xy} – равнодействующая радиальной P_y и осевой P_x составляющих силы резания.

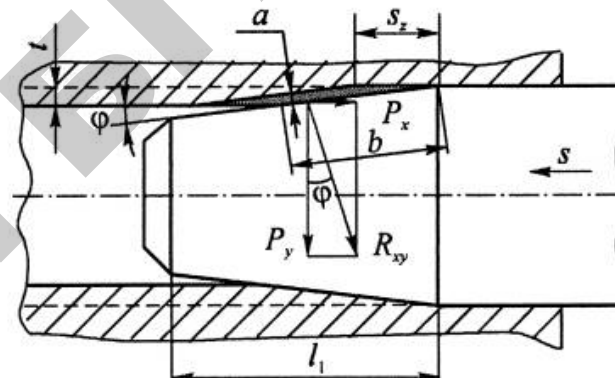


Рис. 2.36. Радиальная P_y и осевая P_x составляющие силы резания и параметры сечения срезаемого слоя при развертывании

С уменьшением угла φ сила подачи уменьшается и обеспечиваются плавный вход и выход развертки из отверстия. По этим причинам у ручных разверток угол φ принимается равным 1...2°. У машинных разверток $\varphi = 12...15^\circ$ при обработке сталей, $\varphi = 3...5^\circ$ – чугуна, а при обработке глухих отверстий $\varphi = 45^\circ$.

Длина заборного конуса развертки $l_1 = (1,3...1,4) t \operatorname{ctg} \varphi$. Калибрующая часть развертки примерно до половины ее длины l_2 имеет цилиндрическую форму. На остальной P_{yx} части калибрующей она затачивается с небольшой обратной конусностью, т. е. с уменьшением диаметра по направлению к хвостовику развертки. У ручных разверток величина обратной конусности на 100 мм длины равна 0,01...0,05 мм, у машинных разверток при жестком креплении инструмента – 0,04...0,06 мм; при плавающем креплении в патроне – 0,08...0,015 мм. Обратная конусность необходима для уменьшения разбивки отверстия при выходе из него развертки. Поскольку величина этой конусности мала, то при небольшой длине калибрующей части обратную конусность иногда делают сразу за заборным конусом, не оставляя цилиндрического участка. Общая длина рабочей

части разверток составляет: $l = (4...10) d$ – у ручных разверток; $l = (0,75...2,0) d$ – у машинных разверток.

Задний угол, равный $\alpha = 5...12^\circ$, получают заточкой задних поверхностей развертки по плоскости, причем в отличие от других видов инструментов меньшее значение этого угла рекомендуется применять при чистовой обработке, а большее – при черновой.

Зубья на заборном конусе затачивают остро. А при калибрующей части у них оставляют узкие цилиндрические направляющие ленточки шириной 0,08...0,40 мм (для $d = 3...50$ мм). Зубья тщательно доводят, благодаря чему обеспечивается выглаживание микронеровностей обработанной поверхности и предотвращается налипание мелкой стружки, увеличивающей шероховатость поверхности отверстий и снижающей стойкость разверток.

Обработку при сверлении выполняют по схеме, изображенной на рисунке 2.37.

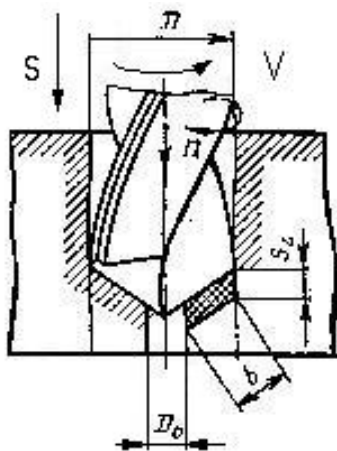


Рис. 2.37. Элементы режимов резания при рассверливании:
S – осевая подача за один оборот сверла (мм/об)

При сверлении глубина резания равна половине диаметра сверла ($t = D/2$), а при рассверливании $t = \frac{D - D_o}{2}$.

Поскольку сверло имеет две режущие кромки, то подача распределяется на каждую кромку. Скорость резания – окружная скорость

вращения точки режущей кромки, расположенной на наружном диаметре сверла. Площадь срезаемого слоя (на одну режущую кромку) определяется по формуле.

$$f = \frac{S \cdot D}{4}$$

Тогда машинное время при сверлении и рассверливании

$$T_{\text{маш}} = \frac{L}{n \cdot S}$$

На рисунке 2.38 приведена схема сил резания при сверлении, где P_x – осевая сила; P_y – радиальная сила резания; P_z – тангенциальная сила.

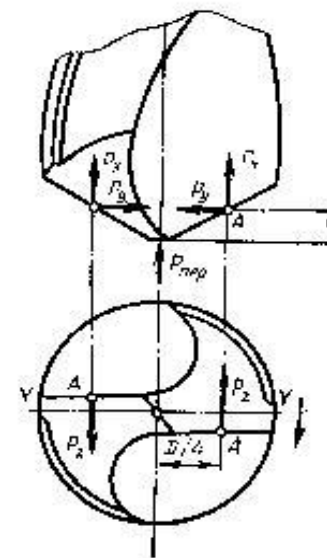


Рис. 2.38. Схема сил резания при сверлении

Для инженерных расчетов при сверлении необходимо знать осевую силу и крутящий момент (рис.2.38):

$$P_o = 2P_x + P_{\text{пер}}$$

где $P_{\text{пер}}$ – сила действия материала на каждую режущую кромку.

Мощность резания при сверлении складывается из мощностей, затрачиваемых на вращение и осевое перемещение сверла.

$$N_{рез} = N_{вр} + N_o; \quad N_{рез} = \frac{Mn}{9750}.$$

Мощность на шпинделе станка должна быть больше или равна мощности резания.

В зависимости от предела прочности стали применяют поправочные коэффициенты для определения мощности при сверлении.

Скорость резания при сверлении является важнейшим фактором, влияющим на стойкость сверла. Эта скорость определяется по формуле:

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

где m – коэффициент стойкости (для сверла из быстрорежущей стали $m = 0,2$ при работе по стали и $m = 0,125$ для чугунов); C – коэффициент, который зависит от материала заготовки и условий резания.

Допустимая скорость при сверлении определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m S^{y_v}},$$

где D – диаметр сверла в мм; q_v и y_v – показатели степени.

В процессе резания режущие элементы сверла изнашиваются по задней и передней поверхностям, по уголкам, лезвию перемычки и по ленточке, поскольку скорость в этом месте является минимальной.

Отверстия в литье (для придания им правильной формы и достижения более высокого класса шероховатости) обрабатывают зенкерованием. Обычно зенкерование проводят как чистовую обработку перед развертыванием, но оно может быть и окончательной операцией. Припуск под зенкерование (на сторону) применяют равным 0,5...2 мм. Точность обработки находится в пределах 11...12 квалитетов, а шероховатость обработанных поверхностей – 4...6-й кл. Развертывание – процесс окончательной обработки со снятием очень тонкой стружки. Развертывают отверстие, предварительно расточенное резцом или обработанное зенкером. Точность развертывания – 6...10-й кв., а шероховатость 7...9-й кл. При черновом развертывании удаляется припуск 0,1...0,4 мм и при чистовом – 0,05...0,2 мм. Число зубьев развертки составляет 6...16.

При черновой обработке глубину резания устанавливают равной величине припуска, которым снимают за один проход. При чистовой обработке весь припуск снимается за несколько проходов. Величину подачи выбирают по соответствующим справочникам в зависимости от обрабатываемого материала, инструмента, вида и условий обработки. Подача на один оборот шпинделя составляет 0,02...0,03 диаметра сверла. Подача при зенкерованием составляет в 2...2,2 раза больше, а при развертывании – в 2,5...3 раза больше подачи при сверлении. Скорость резания определяют с учетом принятой подачи, свойств обрабатываемого материала, материала режущей части сверла, выбранного качества точности, геометрических параметров сверла и других условий резания. Скорость резания (м/мин) рассчитывают по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y}$$

или определяют по справочникам с учетом всех поправочных коэффициентов. По полученной скорости резания находят частоту вращения и корректируют ее по паспорту станка.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы основные операции и их точность при обработке на сверлильных станках.
2. Назовите вклад составляющих силы резания при сверлении и величину $N_{рез}$.
3. Для каких схем обработки отверстий длина врезания l_v не зависит от времени t ?
4. По какой эмпирической формуле определяется скорость резания при сверлении?

Лекция 4. Зубо- и резбонарезание.

Станки, инструмент и режимы обработки

План лекции:

1. Зубонарезание, инструмент, станки, режимы обработки
2. Резбонарезание, инструмент, станки, режимы обработки

Зубонарезание, инструмент, станки, режимы обработки

Основным методом нарезания зубчатых колес является механическая обработка резанием. Зубчатые колеса можно получить отливкой, а профиль зуба малого модуля – накатыванием. При этом качество полученных изделий будет более низким, чем при обработке резанием.

Следует отметить, что зубья нарезают копированием или обкаткой. По методу обкатки зубчатые колеса изготавливают на металлорежущих станках, отнесенных к 5-й группе.

При зубонарезании копированием профиль инструмента (пальцевые и дисковые модульные фрезы) определяется профилем впадины нарезаемого колеса (рис. 2.39).

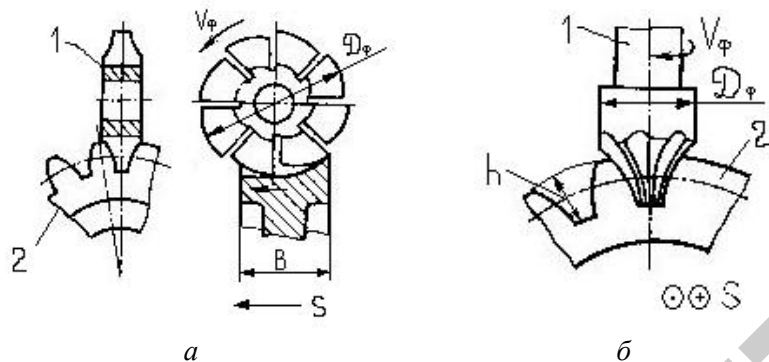


Рис. 2.39. Схемы зубообработки копированием:

а – дисковой модульной фрезой; б – пальцевой модульной фрезой;

1 – фреза, 2 – заготовка, h – глубина впадины зуба заготовки, B – ширина зуба,

S – подача, D_{ϕ} – диаметр фрезы, V_{ϕ} – скорость вращения фрезы

Дисковые зуборезные фрезы представляют собой дисковые фрезы с фасонными режущими кромками. Данные фрезы применяются для нарезания прямозубых (в основном) и косозубых колес ($m = 0,3 \dots 26$ мм) на универсально-фрезерных станках с делительным устройством.

В процессе зубонарезания фреза вращается вокруг своей оси, а движение подачи придается заготовке, установленной в делительном устройстве станка, параллельно ее оси. В начале захода фреза врезается на полную глубину впадины между зубьями и далее пе-

ремещается вдоль нее. Процесс последовательной обработки впадин между зубьями нарезаемого колеса производится путем их деления на один окружной шаг. Основным достоинством такого инструмента является простота переточки, (как и всех инструментов с затылованными зубьями).

Процесс зубонарезания фрезами прост в наладке и кинематике и не требует применения специальных зуборезных станков. Однако такой способ нарезания зубьев является малопроизводительным и не обеспечивает высокой точности из-за погрешностей деления и установки фрезы относительно заготовки. Зубья фрезы, как правило, являются затылованными, не имеют оптимальной геометрии режущих кромок, что приводит к снижению режимов резания и стойкости инструмента.

Число зубьев у фрез с затылованными зубьями (из-за необходимости иметь большой припуск на переточку) не мало, что также отрицательно сказывается на производительности и качестве обработанной поверхности. Поэтому данным инструментом нарезаются колеса самой низкой (9-й и 10-й) степени точности.

При нарезании прямозубых колес методом копирования профиль режущих кромок является копией профиля впадины между зубьями колеса. Этот профиль делится на рабочую часть, выполняемую по эвольвенте, и нерабочую часть у дна впадины, находящуюся ниже основной окружности радиусом r_{b1} .

Для снижения числа типоразмеров фрез их целесообразно изготавливать комплектами из ограниченного количества фрез, каждая из которых предназначена для изготовления колес с числом зубьев в определенном диапазоне.

Стандартные дисковые фрезы изготавливают комплектами из 8 штук (номеров) для изготовления зубчатых колес с $m < 8$ мм и из 15 (иногда из 26 штук) – для колес с $m > 8$ мм.

Зубья лучше выполнять остроконечными (с заточкой по передней и задней граням) не затылованными. Это позволяет увеличить значения задних углов до оптимальных величин, увеличить число зубьев, и, следовательно, повысить стойкость и производительность фрез. Передние углы применяют положительными ($\gamma = 10 \dots 15^\circ$), что облегчает процесс резания. С этой же целью используют наборы из 2...4 фрез, насаживаемых на одну оправку.

В этом случае каждая фреза удаляет определенную часть металла из впадины между зубьями колеса. После прохода набора фрез колесо поворачивается на расстояние, равное одному зубу, с помощью делительного устройства. Таким образом, предварительное

нарезание зубьев производится методом бесцентрового огибания с делением припуска между фрезами в наборе. Окончательно профиль впадины формируется чистой фрезой, припуск на которую, благодаря такой схеме резания, снижается. Это способствует повышению точности нарезаемых колес и стойкости фрез.

Пальцевые зуборезные фрезы – это концевые фрезы с фасонным профилем режущих кромок. Данные фрезы применяются в тяжелом машиностроении для нарезания крупномодульных колес ($m = 10 \dots 100$ мм) с прямыми, косыми и шевронными зубьями.

В отличие от дисковых фрез пальцевые (рис. 2.40) крепятся конусом с помощью резьбы, с базированием по точно выполненному цилиндрическому пояску на посадочной части шпинделя станка.

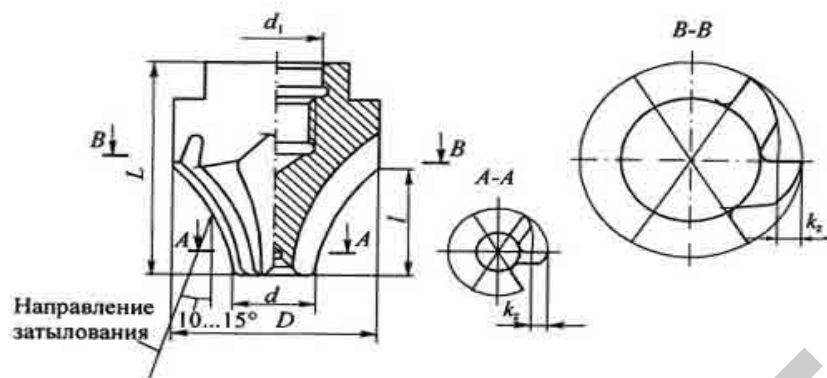


Рис. 2.40. Пальцевая зуборезная фреза

В процессе работы ось фрезы, совпадающая с осью шпинделя, совмещена с линией симметрии впадины между зубьями нарезаемого колеса. Фреза, вращаясь, перемещается вдоль зуба колеса. При этом движение подачи придают фрезе либо заготовке.

По сравнению с дисковыми фрезами, пальцевые фрезы имеют значительно меньшие габаритные размеры. Диаметральные размеры их рабочей части определяются размерами впадины между зубьями колеса. Обычно фрезы изготавливаются диаметром от 40 до 220 мм с четным числом зубьев (от 2 до 8).

Чаще всего зубья затыловывают, причем из трех возможных способов затылования (радиального, осевого и наклонного) наилучшие результаты дает использование наклонного затылования под углом $10 \dots 15^\circ$ к оси фрезы. При этом задний угол по длине ре-

жущих кромок имеет примерно постоянную величину и, что особенно важно, незначительные изменение диаметра при переточке по передней поверхности зубьев и, следовательно, малое искажение профиля нарезаемых впадин колеса после переточки фрезы.

Передние углы у чистовых пальцевых фрез принимаются равными нулю (для упрощения изготовления фрез, их переточки и контроля профиля).

Схема обката основана на применении обкатывания двух колес, из которых одно выступает в роли заготовки, а другое – режущего инструмента (рис. 2.41).

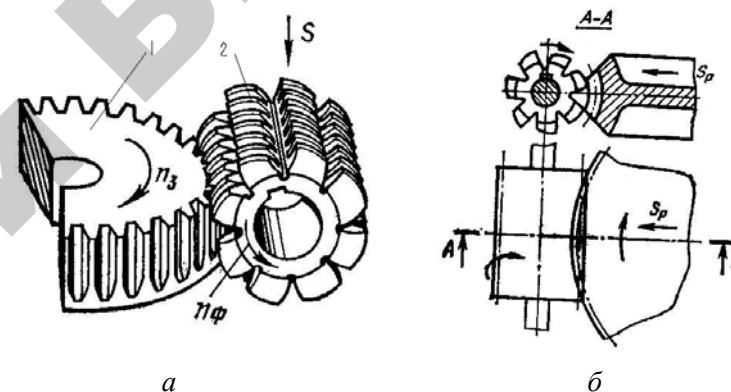


Рис. 2.41. Схема нарезания зубчатых колес червячной фрезой методом обката: а – цилиндрических колес; б – червячных колес; 1 – режущий инструмент (червячная фреза), 2 – заготовка, S_b – вертикальная подача; n_3 – частота вращения заготовки, V_ϕ – скорость вращения фрезы

Червячные зуборезные фрезы это многолезвийные инструменты реечного типа, работающие по методу обката. Они изготавливаются на базе червяка, в котором для образования зубьев прорезаны стружечные канавки. При пересечении с витками червяка канавки образуют переднюю поверхность в виде рейки. Задние углы на зубьях создаются, как правило, затылованием, что облегчает переточку фрезы в процессе эксплуатации. Поскольку рейки находятся на витках червяка, то при его вращении режущие кромки зубьев получают не только движение вокруг оси фрезы, но и непрерывное смещение вдоль этой оси. Таким образом, червячная фреза является инструментом с конструктивным движением обката или инструментом с бесконечной рейкой, находящейся в зацеплении с нарезаемым колесом.

Способ фрезерования зубчатых колес применяется в промышленности благодаря своей универсальности, высокой производительности и точности. Одной и той же фрезой данного модуля можно нарезать колеса с различным числом зубьев, что значительно сокращает число типоразмеров фрез. Благодаря непрерывности процесса обката достигаются его высокая производительность и точность колес по шагу. Обработка ведется на специальных зубофрезерных станках, обеспечивающих вращение фрезы и заготовки вокруг своих осей и движение подачи фрезы вдоль оси нарезаемого колеса.

По точности червячные фрезы изготавливаются классов ААА и АА (прецизионные) А, В, С и Д (общего назначения) и предназначены для нарезания колес степеней точности 5...9.

Кроме того, фрезы подразделяются:

- а) по числу заходов червяка – на одно- и многозаходные;
- б) по направлению витков – правые (для нарезания прямозубых и правозаходных колес) и левые (для нарезания одноименных косозубых колес);
- в) по способу крепления – насадочные и хвостовые (для червячных колес);
- г) по конструкции – цельные и сборные;
- д) по технологии изготовления – с нешлифованными и шлифованными поверхностями зубьев.

Принцип работы червячных фрез. Процесс зубонарезания червячной фрезой подобен процессу зацепления двух зубчатых колес. При этом червяк можно рассматривать как колесо с винтовыми зубьями, число которых равно числу заходов. Оси червяка и колеса скрещиваются в пространстве.

В процессе зубонарезания фреза и колесо вращаются вокруг своих осей, а движение подачи вдоль оси колеса осуществляется перемещением суппорта станка, причем с самого начала зубья фрезы врезаются на полную глубину впадины между зубьями колеса. Вращение колеса и фрезы строго скоординированы с движением подачи. За один оборот фрезы колесо поворачивается вокруг оси на a/z_1 оборота, где a – число заходов фрезы; z_1 – число зубьев нарезаемого колеса. Все зубья однозаходной фрезы участвуют в формировании профиля впадины зубьев колеса, которые получаются как огибающие различных положений зубьев фрезы. При работе многозаходных фрез за один оборот фрезы одновременно обрабатывается число впадин, равное количеству заходов.

Стружечные канавки фрезы. После нарезания витков червяка следующим этапом в изготовлении фрезы является фрезерование стру-

жечных канавок, которые образуют переднюю поверхность зубьев и пространство для размещения стружки. Ширина этих канавок также должна быть достаточной для помещения затылующего резца.

Канавки могут быть прямыми, параллельными оси червяка или винтовыми, перпендикулярными направлению витков червяка. Фрезы с прямыми канавками проще в изготовлении и при переточке затылованных зубьев. Эти фрезы предпочтительны при конструировании сборных фрез. Однако данным фрезам свойственен и недостаток – появление отрицательных передних углов на одной из боковых режущих кромок. С точки зрения равномерности процесса фрезерования вариант с прямыми канавками более предпочтителен, так как зубья фрезы вступают в контакт с заготовкой последовательно, а не одновременно, как у фрез с винтовыми канавками.

Стандартные фрезы изготавливают с винтовыми канавками (рис. 2.42). Передние углы при этом варианте одинаковы на обеих боковых режущих кромках и равны нулю, если на вершинной кромке $\gamma_v = 0^\circ$.

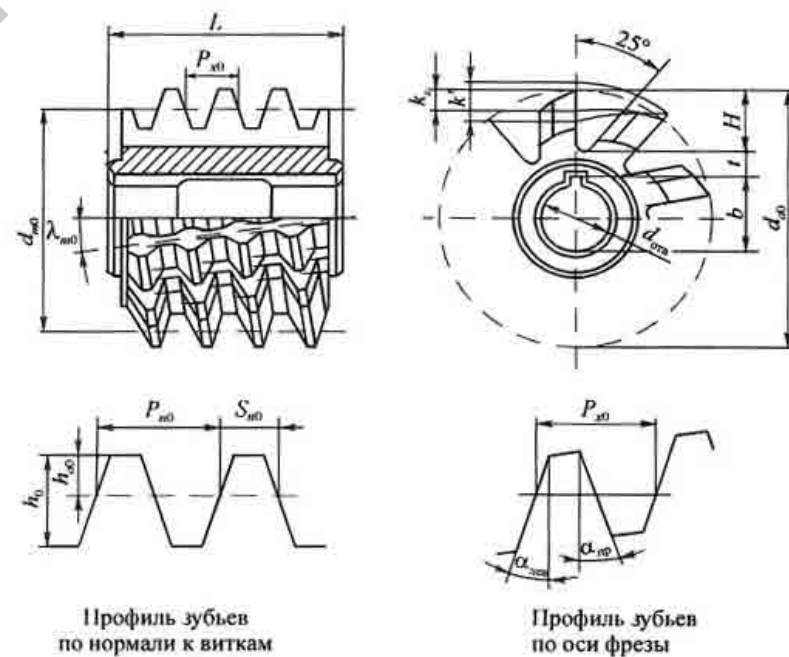


Рис. 2.42. Червячная фреза по типу архимедова винта

Число зубьев (стружечных канавок) z_0 рекомендуется брать в зависимости от модуля и типа фрезы (ГОСТ 9324–80). Например, для $m = 1...25$ $z_0 = 8...16$.

Затылование зубьев червячных фрез. После нарезания зубьев фрезы производится их затылование для создания задних углов на режущих кромках. Эти углы формируются резцами или гребенками ($m \leq 5$) и шлифовальными кругами после термообработки фрез.

Затылование по вершинам зубьев и дну впадины между зубьями производится резцами с режущей кромкой, параллельной оси, аналогично радиальному затылованию дисковых фасонных фрез от кулачка с величиной падения затылка k_z . Наибольшую сложность представляет затылование боковых задних поверхностей зубьев фрезы.

Долбяк представляет собой режущий инструмент, выполненный в виде зубчатого колеса, у которого вершины и боковые стороны зубьев снабжены передними и задними углами.

Долбяки предназначены для нарезания зубьев цилиндрических прямозубых, косозубых и шевронных колес, а также колес внутреннего зацепления. Долбяки используются при нарезании зубьев в упор, например, на блочных колесах или колесах с фланцами. Долбяки обеспечивают большую производительность при нарезании колес с узким буртом и большим числом зубьев, при нарезании зубчатых секторов и реек. Долбяки характеризуются высокой технологичностью, возможностью достижения высокой точности при изготовлении и универсальностью в применении.

Изготавливают долбяки из быстрорежущей стали и иногда (очень редко) снабжают твердосплавными пластинами.

На рисунке 2.43 показана схема работы долбяка. Он крепится на штосселе специального зубодолбежного станка и работает по методу обкаточного огибания. Движение резания v_p (главное движение) долбяк осуществляет при перемещении вниз вдоль оси, затем следует холостое движение вверх и поворот долбяка относительно заготовки, т. е. происходит обкат инструмента и заготовки по начальным окружностям без скольжения. Перед холостым ходом вверх (v_{xx}) долбяк отводится на небольшое расстояние S_{xx} от заготовки во избежание трения задней поверхности об обработанную поверхность. Таким образом, он осуществляет возвратно-поступательные движения и вращательное движение относительно своей оси.

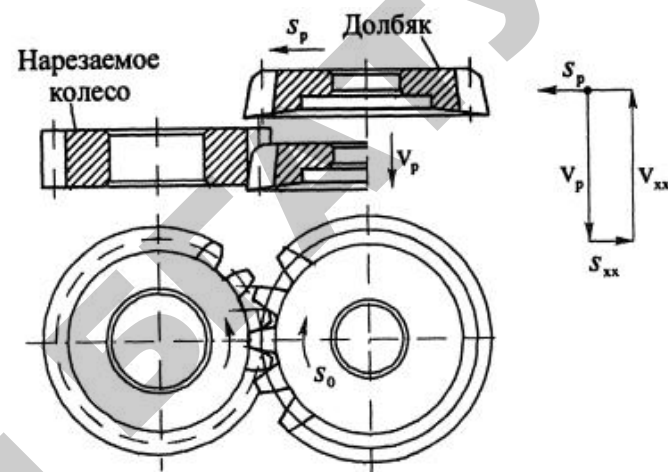


Рис. 2.43. Схема работы зуборезного долбяка

Подача (круговая), определяющая толщину слоя, срезаемого боковыми режущими кромками, осуществляется при относительном вращении долбяка и заготовки и измеряется по делительной окружности S_0 (мм/дв. ход). Кроме того, долбяк получает радиальную подачу при врезании в заготовку S_p (мм/дв. ход).

Профиль зубьев нарезаемого колеса образуется как огибающая различных положений режущих кромок долбяка относительно заготовки.

Из-за прерывистости процесса резания и невозможности развивать высокие скорости резания (вследствие больших сил инерции) долбяк по производительности уступает червячным фрезам.

В машиностроении применяются следующие типы конструкций долбяков: дисковые, чашечные (втулочные) и хвостовые (рис. 2.44). Их различие заключается в том, что у чашечных долбяков, работающих в упор, элементы крепления во избежание контакта с упором размещаются в специальной выемке или втулке. Хвостовые долбяки имеют малый диаметр и применяются при нарезании колес внутреннего зацепления и мелко модульных колес ($m < 1$ мм). Для нарезания косозубых и шевронных колес применяют косозубые долбяки. Стандартные долбяки изготавливаются трех классов точности: АА, А и В для нарезания колес классов точности соответственно 6, 7 и 8 (ГОСТ 9323–79).

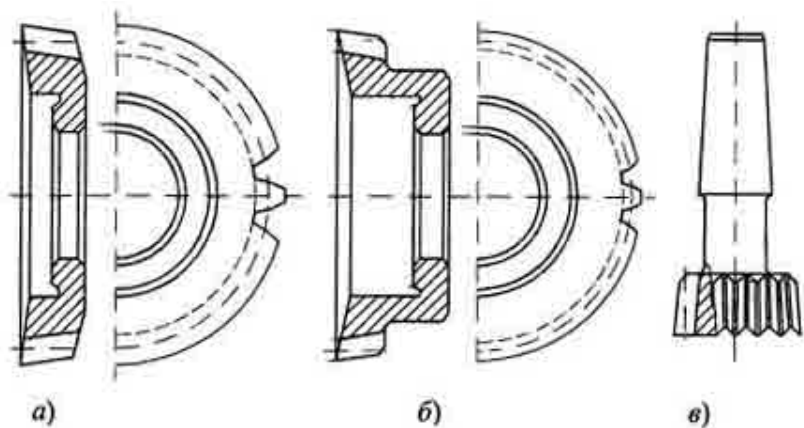


Рис. 2.44. Типы конструкций долбяков:
а – дисковый; б – чашечный; в – хвостовой

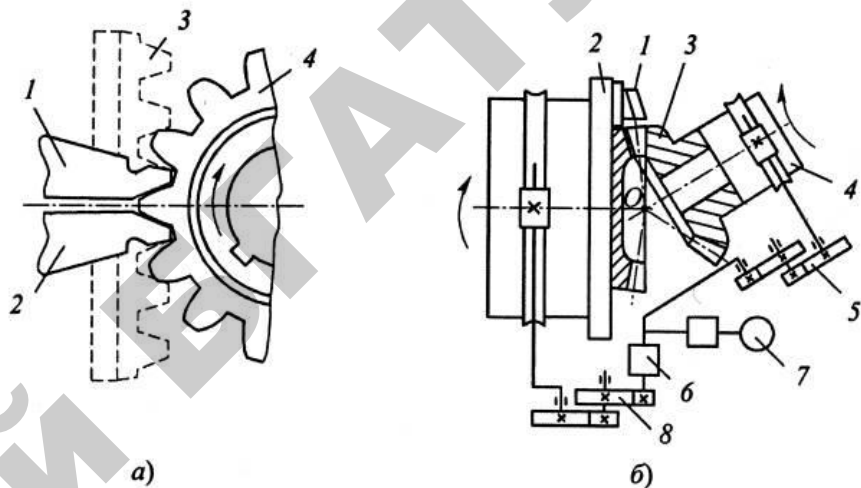


Рис. 2.45. Нарезание прямозубых конических колес:
а – схема резания; б – кинематическая схема зуборезного станка

К недостаткам долбяков следует отнести: сложность кинематики зубодолбежных станков, ограничения применимости по числу зубьев нарезаемых колес (из-за вносимых погрешностей в их профиль). Наружный диаметр долбяков ограничивается опасностью их перекосов при консольном креплении на станке.

Зубострогальные резцы получили наибольшее применение для нарезания прямозубых конических колес. Они применяются на чистовых операциях и работают по методу обката, а также на черновых операциях (работают по методу копирования). В последнем случае используются те же станки, что и при методе обкаточного огибания, но работающие при выключенном движении обката.

Строгание каждого зуба колеса производится двумя резцами на станках-полуавтоматах моделей 5С276П, 5А26 и др.) по схеме, представленной на рисунке 2.45, а. Здесь резцы 1 и 2, установленные в суппорте на люльке станка, представляют собой впадину зуба воображаемого производящего колеса 3, с которым в процессе зубонарезания находится в зацеплении обрабатываемое колесо 4.

Как видно из кинематической схемы зубострогального станка (рис. 2.45, б), в процессе обката заготовка колеса 3, установленная в бабке 4, при вращении вокруг своей оси кинематически связана с вращением люльки 2. На схеме также показаны: гитара деления 5; механизм деления 6; электропривод 7; гитара обкатки 8.

В процессе обработки резцы 1 получают возвратно-поступательное движение от кулачков (на схеме они не показаны) и работают попеременно. При движении к точке пересечения образующих начальных конусов производящего и нарезаемого колес одну боковую поверхность зуба колеса обрабатывает (при прямом ходе) первый резец, а другую боковую поверхность (при обратном ходе) – второй резец. Движение обката осуществляется за счет поворота заготовки и люльки вокруг своих осей.

При черновом нарезании движение обката выключается, оба резца совершают только возвратно-поступательное движение и нарезают зубья с прямолинейным профилем по методу копирования. Таким способом нарезают колеса $m = 2,5 \dots 16$ мм и диаметром до 800 мм. При этом из целой заготовки за одну операцию нарезают зубья $m < 4$ мм, а $m > 4$ мм – за две операции: черновую и чистовую (за несколько ходов в зависимости от модуля и требуемой точности). Колеса диаметром 800...3000 мм обрабатывают строганием по шаблону на специальных станках (модель 5Е283 и др.).

Зубострогание из-за прерывистости процесса и низких скоростей резания (12...15 м/мин) является малопродуктивным способом. Однако этот способ универсален, инструменты дешевы, просты по конструкции и обеспечивают высокую точность

обработки (степень 6...8). Поэтому зубострогание широко применяется как в мелкосерийном, так и в крупносерийном производстве.

Зубострогальный резец для чистовой обработки (рис. 2.46) представляет собой фасонный призматический инструмент с двумя взаимозаменяемыми рабочими частями на концах, имеющими прямолнейные боковую (1) и вершинную (2) режущие кромки.

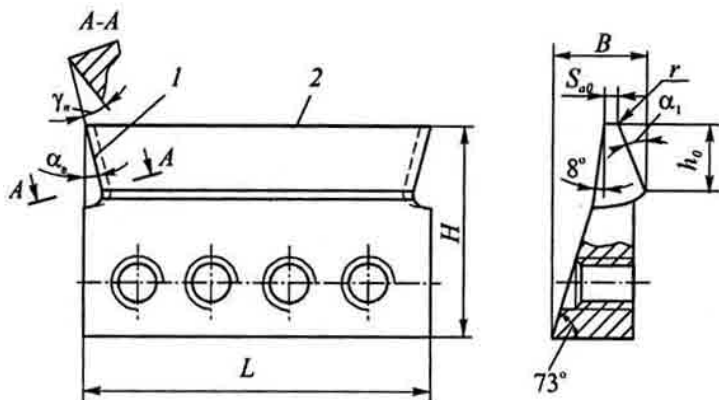


Рис. 2.46. Зубострогальный резец

Зубострогальные резцы стандартизированы и выпускаются серийно. Имеется четыре типа таких резцов, отличающихся размерами (H , L и др.) в зависимости от диапазона модулей нарезаемых колес (ГОСТ 5392–80).

Зубофрезерование бывает как чистовое, так и черновое. Зубчатые колеса с $m < 3$ нарезают за один проход, а с $m > 6$ – за два-три прохода.

Отделку зубчатых колес производят только для колес повышенной точности. При черновом зубофрезеровании применяют подачу в пределах 0,7...8,0 мм на оборот заготовки и при чистовом – $S_b = 0,3...2,0$ мм на оборот.

Для фрез из быстрорежущих сталей скорость резания составляет 15...50 м/мин.

На зубофрезерных станках могут нарезаться цилиндрические зубчатые колеса с прямыми и косыми зубьями, а также червячные колеса (степень точности 7...9) с шероховатостью 5-й кл. чистоты ($R_z = 20$ мкм).

Машинное время при обработке цилиндрических колес червячной фрезой определяется по формуле:

$$T_{\text{маш}} = \frac{Lzi}{nSK},$$

где Z – число зубьев нарезаемого колеса; n – частота вращения фрезы, S – подача на оборот заготовки; K – число заходов фрезы; i – число проходов.

При этом

$$L = qB + l_1 + l_2,$$

где B – ширина венца, l_1 и l_2 – врезание и перебег фрезы, q – количество одновременно нарезаемых колес.

Наиболее распространенной моделью зубофрезерного станка является станок 5К32А. Его настройка ведется по трем цепям для нарезания прямозубых колес и по четырем цепям для нарезания косозубых. При этом ведущим звеном для настройки последующей цепи является ведомое звено предыдущей настроенной цепи.

Для зубодолбления необходимы следующие движения: число двойных ходов долбяка n (дв. ход/мин), движение обкатки (вращение долбяка) $S_{кр}$ (об/дв. ход), движение деления (вращение заготовки и движение подачи) $S_{рад}$, отвод заготовки в конце холостого хода долбяка [1].

Скорость резания при зубодолблении подсчитывается по формуле:

$$V = \frac{2Ln}{1000},$$

где L – длина хода долбяка; n – число двойных ходов долбяка в минуту.

При зубодолблении достигается точность степени 6...8, а шероховатость обработанных поверхностей по классу 6 ($R_z = 2,5$ мкм).

Машинное время при зубодолблении определяется по следующей формуле:

$$T_{\text{маш}} = \frac{h}{nS_p} + \frac{\pi mz}{nS},$$

где h – высота зуба; n – число двойных ходов в минуту; S_p – радиальная подача; Z – число зубьев нарезаемого колеса; S – круговая подача; i – число проходов.

Для закаленных колес в качестве отделочной операции применяют притирку и шлифование; для сырых колес – шевингование и прикатывание.

Притирка – обрабатываемое колесо вводят в зацепление с тремя образцовыми колесами (притирами) из серого чугуна с НВ160 и производят обкатку сначала в одну сторону, а затем в другую.

Обрабатываемое колесо при этом совершает возвратно-поступательное движение вдоль своей оси.

Шлифование зубьев выполняют методом копирования или обкатки. При методе копирования профиль круга заправляют по форме впадины колеса. После шлифования каждой впадины обрабатываемое колесо поворачивают на один зуб.

Существует несколько способов шлифования обкаткой. Шлифовальный круг заправляют по форме зуба воображаемой рейки. В процессе обкатки происходит обработка одной впадины, затем заготовку возвращают в исходное положение и поворачивают на один зуб, после чего процесс обкатки повторяют [1, 2].

Схема шлифования зубьев колес тарельчатыми кругами. Шлифовальные круги имитируют две разные стороны двух зубьев воображаемой рейки. Круги устанавливают под углом, равным углу зацепления, и сообщают им вращательное движение. Обрабатываемому колесу придают обкатное движение (сочетание вращательного и поступательного движений) по воображаемой рейке, а также возвратно-поступательное движение вдоль колеса для шлифования зубьев по всей длине и делительный поворот. За один цикл обработки осуществляется шлифование двух разных сторон у соседних впадин.

При шевинговании инструментом служит *шевер* – стальное закаленное колесо с мелкими канавками на поверхности зубьев. Для обработки прямозубых колес используют косозубые шеверы, косозубых колес – прямозубые.

Для холодного прикатывания зубьев трением для колес с $m = 4$ мм, обрабатываемое колесо вводят в зацепление с тремя закаленными образцовыми зубчатыми колесами, изготовленными с высокой степенью точности. Процесс прикатки происходит в одну сторону, а затем в другую сторону. Шероховатость обработанных поверхностей после холодного прикатывания составляет $R_a = 0,32$ мкм.

Резьбонарезание, инструмент, станки, режимы обработки

Основными методами изготовления и обработки резьбы являются нарезание резьбы на токарных станках резьбовыми резцами или гребенками, метчиками, круглыми плашками и резьбонарезными головками, фрезерование резьбы, шлифование резьбы, холодное накатывание резьбы плоскими плашками и круглыми роликами, горячее накатывание резьбы круглыми роликами и др.

Метчики очень разнообразны по конструкциям и геометрическим параметрам и используются в машиностроении для нарезания резьбы в отверстиях заготовок.

Метчик – это винт, превращенный в инструмент путем прорезания стружечных канавок и создания на режущих зубьях передних, задних и других углов. Для крепления на станке или в воротке он снабжен хвостовиком. Режущая часть метчика иногда изготавливается из быстрорежущей стали и из твердого сплава.

Условия резания при снятии стружки метчиком являются тяжелыми из-за несвободного резания, больших сил резания и трения, а также затрудненных условий удаления стружки. Кроме того, метчики имеют пониженную прочность из-за ослабленного поперечного сечения. Особенно отрицательно это сказывается при нарезании резьбы в вязких материалах метчиками малых диаметров. Такие метчики часто выходят из строя из-за поломок, вызванных пакетирующим действием стружки.

Достоинствами метчиков являются: простота и технологичность конструкции, возможность нарезания резьбы за счет самоподачи, высокая точность резьбы, определяемая точностью изготовления метчиков.

Конструктивные элементы метчиков и геометрические параметры режущей части. Несмотря на большое разнообразие типов метчиков, они имеют общие основные части, конструктивные элементы и геометрию режущей части. Следует отметить, что наибольшее распространение получили метчики для нарезания остроугольной крепежной резьбы.

Основными частями метчика (рис. 2.47) являются: режущая (заборная) и калибрующая части, стружечные канавки, число перьев и зубьев, хвостовик с элементами крепления. К геометрическим параметрам относятся: угол заборного конуса φ , играющий роль угла в плане; передний и задний углы на режущих кромках γ и α ; угол наклона винтовых стружечных канавок ω ; осевой угол подточки передней поверхности λ .

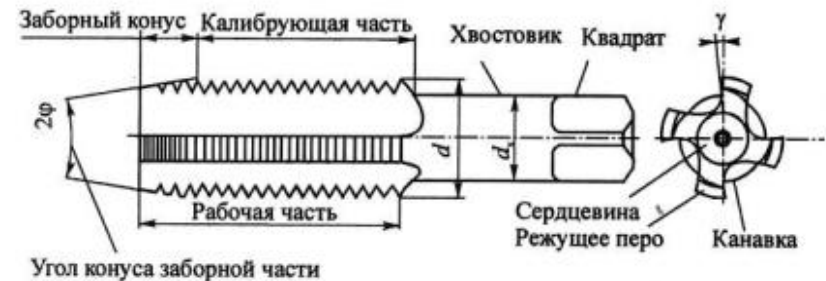


Рис. 2.47. Основные элементы метчика

Режущая часть метчика выполняет основную работу по срезанию припуска, формированию профиля нарезаемой резьбы и удалению стружки из зоны резания. Эта часть определяет точность резьбы и стойкость метчиков.

Для распределения припуска между зубьями режущая часть выполняется на поверхности усеченного конуса, называемого заборным, с углом φ наклона образующей к оси. Если режущая часть получается путем срезания на конус резьбы исходного винта, то высота зубьев на нем переменная.

Геометрические параметры зубьев режущей части метчика показаны на рисунке 2.48.

Передний угол γ у зубьев метчика – это угол между касательной к передней поверхности и радиусом, проведенным в точку режущей кромки, через который проходит основная плоскость. Этот угол изменяется по высоте зуба, так как точки режущих кромок лежат на разных диаметрах.

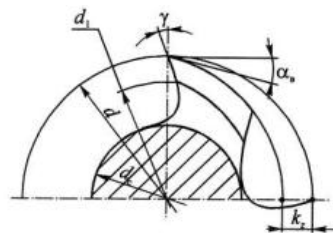


Рис. 2.48. Геометрические параметры режущих зубьев метчика

Следует отметить, что для крепежной резьбы с небольшой высотой резьбы перепад этих диаметров небольшой и изменение угла невелико.

Учитывая тяжелые условия работы метчика, передний угол, как правило, принимают положительным. Для обработки сталей средней твердости рекомендуется брать $\gamma = 12...15^\circ$, для хрупких материалов (чугун, бронза, латунь), а также для твердой стали $\gamma = 0...5^\circ$, для цветных металлов и сплавов $\gamma = 16...25^\circ$.

Задний угол α_b на главных вершинных кромках – это угол между вектором скорости резания, через который проходит плоскость резания, и касательной к задней поверхности. Этот угол создается путем затылования вершинных режущих кромок зубьев по архимедовой спирали. Рекомендуется принимать $\alpha_b = 6...12^\circ$ (меньшее значение принимается для ручных метчиков). На боковых режущих кромках при генераторной схеме резания задние углы отсутствуют, так как срезаемые слои имеют незначительную величину. Форма

стружечных канавок и перьев метчика оказывает большое влияние на его работоспособность. Объем канавок должен быть достаточным для размещения стружки, особенно при нарезании резьбы в глухих отверстиях. Форма канавки должна способствовать лучшему формированию и отводу стружки из зоны резания.

По конструкции и применению метчики делят на следующие типы:

- 1) ручные (слесарные) – с ручным приводом, изготавливаются комплектами из двух или трех метчиков разных размеров (номеров);
- 2) машинно-ручные одинарные или в комплекте из двух метчиков – с ручным или станочным приводом;
- 3) машинные одинарные – со станочным приводом;
- 4) гаечные – для нарезания резьбы в гайках на специальных станках;
- 5) плашечные и маточные – для нарезания и калибрования резьбы в резьбонарезных плашках соответственно;
- 6) специальные – для нарезания резьбы различного профиля (трапецеидальной, круглой, упорной и т. д.), а также сборные регулируемые, метчики-протяжки, конические метчики и др.

Резьбонарезная плашка – это гайка, превращенная в режущий инструмент путем сверления стружечных отверстий и формирования на зубьях режущих перьев передних и задних углов.

Плашки применяют для нарезания наружной резьбы на болтах, винтах, шпильках и других крепежных деталях. По форме наружной поверхности плашки бывают: круглые, квадратные, шестигранные, трубные. Для слесарных работ плашки делают разрезными и зажимаются в воротках.

Наибольшее применение нашли плашки круглые, как наиболее технологичные и простые в эксплуатации. Они изготавливаются из калиброванных прутков быстрорежущей стали на токарных прутковых станках-автоматах.

На рисунке 2.49 показана конструкция круглой плашки и ее основные конструктивные и геометрические параметры. Конструктивные параметры: включают наружный диаметр плашки D , толщину B , диаметры стружечных отверстий d_c и окружности их центров $d_{ц}$, ширину просвета c , ширину пера b , минимальную толщину стенки e . Геометрические параметры плашки включают: передний угол γ , задний угол α и угол заборного конуса φ . На наружной поверхности плашки имеются 3 или 4 конических углубления с углом при вершине 90° для крепления в воротке или в кольце. На этой же поверхности плашек выполнен трапецеидальный паз с углом 60° , образующий перемычку толщиной $m = 0,4...1,5$ мм, которую после двух-трех переточек плашки разрезают.

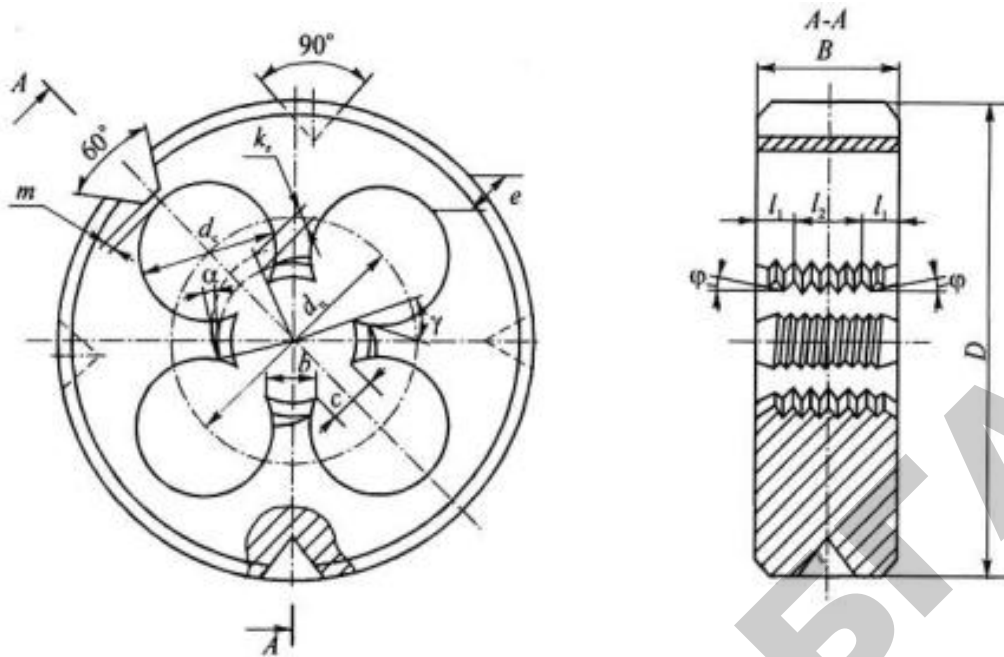


Рис. 2.49. Конструктивные элементы круглой пласти

Геометрические параметры плашки. Передний угол γ измеряется между радиусом, проведенным в точку режущей кромки зуба (через него проходит основная плоскость), и касательной к передней поверхности (рис. 2.50). Поскольку передняя поверхность является частью поверхности стружечного отверстия, то передний угол получается очень большим. Его можно уменьшить срезанием по передней поверхности зенкером (до термообработки) или подточкой шлифовальными кругами малых диаметров (после термообработки) на специальных станках при удалении части перемычки, остающейся после сверления стружечных отверстий. При этом прямолинейный участок передней поверхности делается несколько больше, чем высота профиля резьбы, т. е. $x > h$. Угол заточки γ_3 выбирается в зависимости от обрабатываемого материала: $\gamma_3 = 10...15^\circ$ для твердых материалов, $\gamma_3 = 20...25^\circ$ для легкообрабатываемых, $\gamma_3 = 15...20^\circ$ у стандартных плашек.

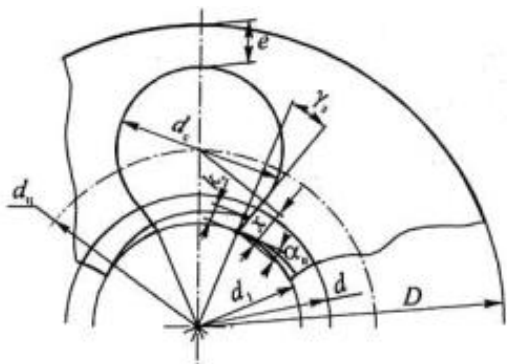


Рис. 2.50. Геометрические параметры плашки с прямолинейным участком передней поверхности пера

При обработке вязких материалов для увеличения стружечного отверстия и направления стружки в сторону подачи аналогично метчикам иногда после термообработки абразивными головками делают подточку по передней поверхности режущих зубьев под углом к оси плашки $\lambda = 15^\circ$ (рис. 2.50). Задний угол α_b на вершинных кромках зубьев заборного конуса получают методом затылования по архимедовой спирали. У стандартных плашек $\alpha_b = 6...9^\circ$.

Резьбовые резцы применяются для нарезания всех видов резьбы. Эти резцы обладают следующими достоинствами: простотой конструкции, технологичностью и универсальностью. Последнее достоинство заключается в том, что одним и тем же резцом можно нарезать

на цилиндрической и конической поверхностях резьбу (наружную и внутреннюю) различного диаметра и шага.

Резьбовые резцы работают по методу копирования, поэтому профили их режущих кромок должны соответствовать профилям впадин нарезаемой резьбы. С целью повышения производительности иногда используется также генераторная схема резания.

Удаление припуска в процессе резьбонарезания производится в условиях несвободного резания при большой степени деформации снимаемого материала. При этом формирование резьбы осуществляется, как правило, за несколько проходов при малых сечениях срезаемой стружки. В связи с этим производительность процесса резьбонарезания низка и резьбовые резцы применяются, в основном, в единичном и мелкосерийном производстве.

Являясь фасонным инструментом, резьбовые резцы могут быть трех типов: стержневые, призматические и круглые.

При многопроходном нарезании остроугольной резьбы резцами образование профиля резьбы может осуществляться по трем схемам (рис. 2.51): а) профильной – с радиальной подачей резца; б) генераторной – с подачей резца под углом к оси заготовки; в) комбинированной – с подачей под углом при черновой обработке и радиальной подачей при чистовой (окончательной) обработке.

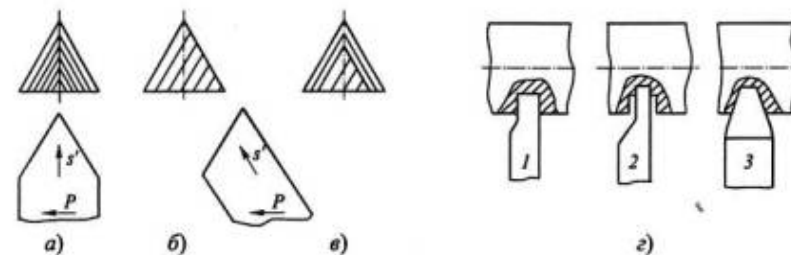


Рис. 2.51. Схемы резания, применяемые при нарезании резьбы: а - профильная; б - генераторная; в - комбинированная; г - для нарезания трапецидальной резьбы

Достоинством генераторной схемы является увеличение толщины срезаемого слоя за один проход в 2 раза, что обеспечивает соответствующее сокращение проходов. Правая кромка в этом случае работает как вспомогательная кромка, оставляя ступеньки на обработанной поверхности. Этот недостаток позволяет исправить применение комбинированной схемы.

При нарезании резьбы с глубоким профилем (например, трапецидальной) формирование резьбы на предварительных операциях осуществляют резцами с разным профилем режущих кромок (рис. 2.51, з).

Вопросы для самоконтроля

1. Какие факторы определяют профиль режущей кромки зубонарезных инструментов?
2. Почему при зубофрезеровании с тангенциальным движением подачи заготовке червячного колеса сообщается дополнительное вращение?
3. Какие методы зубоотделки Вы знаете?
4. Какие инструменты применяют при зубошвинговании?
5. Что отличает притирку зубчатых колёс от обкатки?
6. Как устанавливается червячная фреза на фрезерном суппорте при зубофрезеровании?

Лекция 5. Шлифование и отделка поверхностей

План лекции:

1. Шлифование, его виды, инструмент, станки, режимы обработки.
2. Полирование, притирка, хонингование и суперфиниширование, инструмент, станки, режимы обработки.

Шлифование, его виды, инструмент, станки, режимы обработки

Шлифование – метод обработки при помощи абразивных инструментов. Различают следующие виды абразивной обработки: шлифование, полирование, доводка, суперфиниширование, хонингование, отрезки. Шлифование обеспечивает 4...10-й класс чистоты обработки (R_a 4,0...0,1), точность – 11...6-й квалитет. Шлифование выполняется на шлифовальных и доводочных станках 3-й группы. В ремонтных сельскохозяйственных предприятиях обычно применяют круглошлифовальные, плоскошлифовальные, а также специальные станки. Например, для шлифования шеек коленчатых валов, кулачков, распределительных валов и др. [2, 3, 4, 5].

Детали современных машин представляют собой сочетание плоских и круговых цилиндрических, а также конических наружных и внутренних поверхностей. Другие поверхности встречаются редко. Наиболее распространенные схемы шлифования изображены на рисунке 2.52.

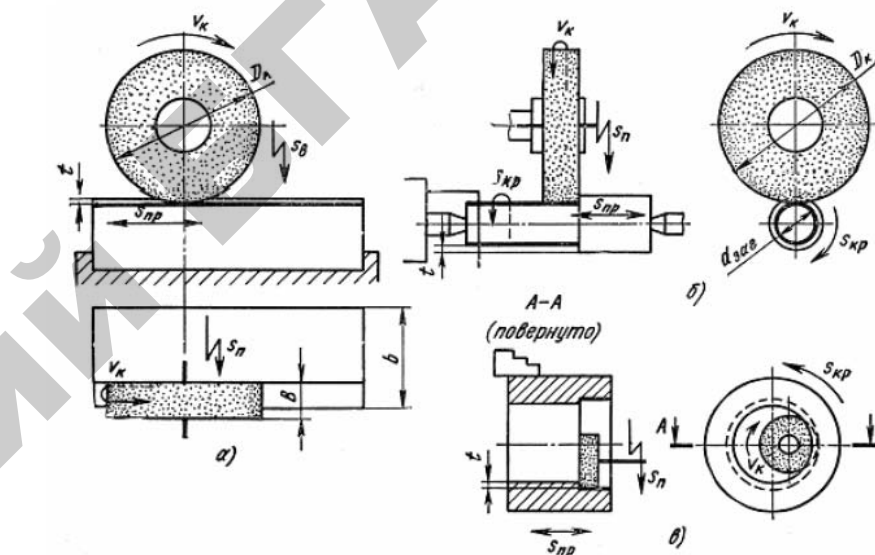


Рис. 2.52. Основные схемы шлифования:
а – плоское; б – круглое; в – внутреннее

Для всех технологических способов шлифовальной обработки главным движением резания V_k (м/с) является вращение круга.

При плоском шлифовании (рис. 2.52, а) возвратно-поступательное перемещение заготовки является продольной подачей S_{np} (мм/мин). Для обработки поверхности на всю ширину b заготовка или круг должны перемещаться с поперечной подачей S_n (мм/дв. ход). Это движение происходит прерывисто (периодически) при крайних положениях заготовки в конце продольного хода.

Подача S_B (мм) производится периодически на глубину резания, при этом подача осуществляется также в крайних положениях заготовки, но в конце поперечного хода. При круглом шлифовании продольная подача происходит за счет возвратно-поступательного движения заготовки (рис. 2.52, б). Подача S_{np} (мм/об) соответствует осевому пе-

ремещению заготовки за один ее оборот. Вращение заготовки является круговой подачей $S_{кр}$ (м/мин), которая определяется по формуле:

$$S_{кр} = \pi D_{заг} n_{заг} / 1000,$$

где $n_{заг}$ – частота вращения заготовки, об/мин; $D_{заг}$ – диаметр заготовки, мм.

Подачу S_g (мм/дв. ход, мм/ход) на глубину резания для приведенной схемы обработки производят при крайних положениях заготовки. Движения, осуществляемые при внутреннем шлифовании, показаны на рисунке 2.52, в.

Конструкции круглошлифовальных станков и их компоновка соответствуют основным схемам шлифования (рис. 2.52). Станки обеспечивают необходимые для обработки движения и кинематические соотношения.

Круглошлифовальный станок состоит из следующих основных узлов: станины 1, стола 2, передней бабки 3 с коробкой скоростей, шлифовальной бабки 4, задней бабки 5 и привода стола 6 (рис. 2.53).

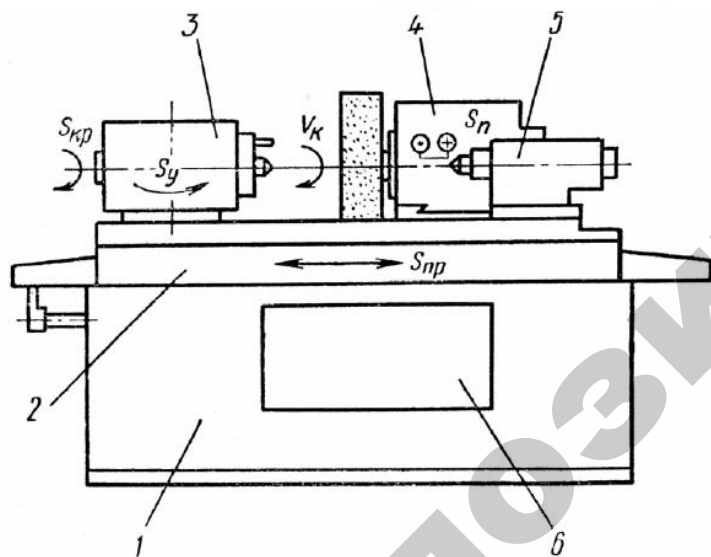


Рис. 2.53. Круглошлифовальный станок:
1 – станина; 2 – стол; 3 – передняя бабка; 4 – шлифовальная бабка;
5 – задняя бабка; 6 – привод стола

Эти станки делят на простые, универсальные и врезные. Универсальные станки имеют поворотную переднюю и шлифовальную бабки. Каждую бабку можно повернуть на определенный угол вокруг вертикальной оси и закрепить для последующей работы. Простые станки снабжены неповоротными бабками. У врезных станков отсутствует продольная подача стола, а шлифование ведется по всей длине заготовки широким абразивным кругом с поперечной подачей.

Круглое шлифование цилиндрических поверхностей выполняется по одной из схем, приведенных на рисунке 2.54.

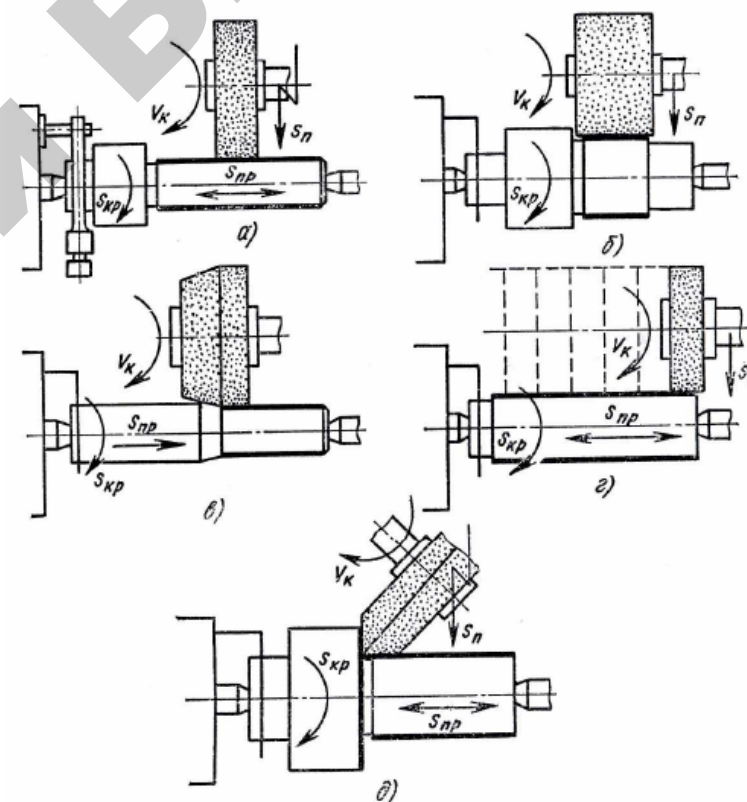


Рис. 2.54. Схемы обработки заготовок на круглошлифовальных станках:
а – шлифование с продольной подачей; б – врезное шлифование;
в – глубинное шлифование; г – шлифование уступами;
д – шлифование коническим кругом

При шлифовании с продольной подачей (рис. 2.54, *а*) заготовка вращается равномерно ($S_{кр}$) и совершает возвратно-поступательное движение ($S_{пр}$). В конце хода заготовки шлифовальный круг перемещается на S_n и при следующем ходе срезается слой металла определенной глубины. Шлифуют заготовку до тех пор, пока не получат поверхность заданного размера. Скорость V_k вращательного движения круга обеспечивает скорость резания.

Если необходимо шлифовать другой участок заготовки, то станок останавливают, настраивают и регулируют упоры на столе для переключения $S_{пр}$ уже в новых положениях. Также устанавливают величины S_n , $S_{пр}$ и $S_{кр}$ в зависимости от требуемой шероховатости поверхности.

Производительным способом обработки является врезное шлифование (рис. 2.54, *б*). Его применяют при обработке жестких заготовок в тех случаях, когда ширина шлифуемого участка меньше ширины шлифовального круга. Круг перемещается с постоянной подачей S_n (мм/об) до достижения необходимого размера поверхности. Этот же метод используют при шлифовании фасонных поверхностей и кольцевых канавок. Шлифовальный круг заправляют в соответствии с формой поверхности или канавки.

Глубинным шлифованием (рис. 2.54, *в*) за один проход снимают слой материала на всю необходимую глубину.

На шлифовальном круге формируют конический участок длиной 8...12 мм. В ходе шлифования конический участок удаляет основную часть срезаемого слоя, а цилиндрический участок зачищает обработанную поверхность. Поперечная подача отсутствует. Конструктивное оформление заготовки должно обеспечивать возможности шлифования данным способом.

Шлифование уступами (рис. 2.54, *г*) – это сочетание способов обработки, представленных на рисунке 2.54, *а* и *б*. Процесс шлифования состоит из двух этапов.

На первом этапе заготовку шлифуют врезанием с подачей S_n (мм/об), периодически передвигая стол на 0,8...0,9 ширины круга (показано штриховой линией). На втором этапе делают несколько ходов с продольной подачей $S_{пр}$ для зачистки поверхности заготовки при выключенной подаче S_n .

Если необходимо обеспечить на деталях правильное взаимное расположение цилиндрических и плоских (торцовых) поверхностей, то для выполнения этого условия шлифовальный круг заправляют так, как это показано на рисунке 2.54, *д*, и поворачивают круг на определенный угол. Шлифуют заготовку коническими участками круга. Цилиндрическую поверхность обрабатывают с периодической подачей S_n

на глубину резания по схеме аналогичной той, что показана на рисунке 2.54, *а*. Обработка торцевой поверхности детали обычно заканчивается с подачей вручную при плавном подводе заготовки к кругу.

Наружные конические поверхности шлифуют по двум основным схемам. При обработке заготовок в центрах (рис. 2.55, *а*) верхнюю часть стола поворачивают вместе с ними на угол α так, что положение образующей конической поверхности совпадает с направлением продольной подачи $S_{пр}$. Далее заготовку шлифуют по аналогии с обработкой цилиндрических поверхностей.

При консольном закреплении заготовки (рис. 2.55, *б*) передняя бабка поворачивается на угол α (половина угла конуса).

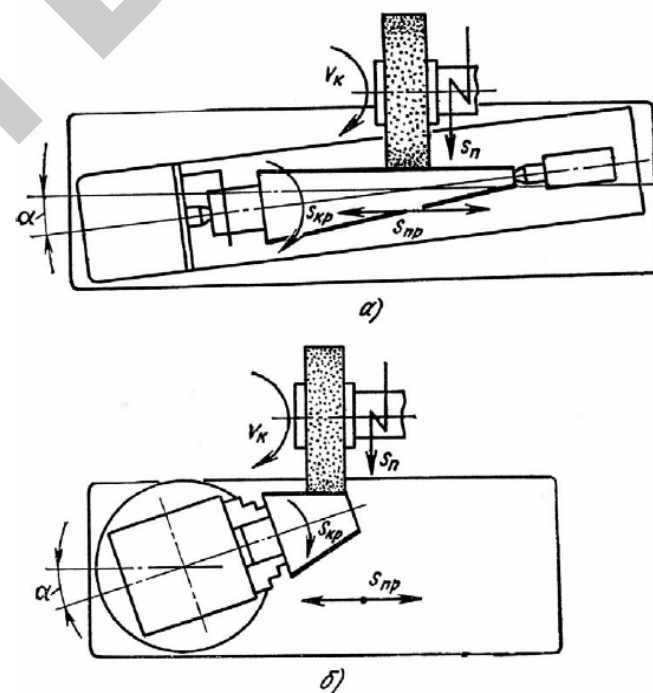


Рис. 2.55. Схемы шлифования конических поверхностей:
а – закрепление заготовки в центрах; б – консольное закрепление заготовки

Существуют и другие, менее распространенные методы шлифования конических поверхностей.

Внутришлифовальные станки имеют компоновку, аналогичную круглошлифовальным станкам, при этом на внутришлифовальных стан-

как отсутствуют задние бабки. Инструмент расположен на консольном шпинделе шлифовальной бабки, которая установлена на столе, совершающем продольное возвратно-поступательное движение.

Внутреннее шлифование применяют для получения высокой точности отверстий па заготовках, как правило, прошедших термическую обработку. Допускается шлифование сквозных, несквозных (глухих), конических и фасонных отверстий. Диаметр шлифовального круга составляет 0,7...0,9 диаметра шлифуемого отверстия. Кругу сообщают высокую частоту вращения, которая тем выше, чем меньше диаметр круга. Производительность шлифования снижается из-за необходимости работы с малыми подачами и глубинами резания по причине консольного расположения круга и частой его правки.

На рисунке 2.56, а приведена схема шлифования с закреплением заготовки в трехкулачковом патроне. Если наружная поверхность детали несимметрична относительно оси отверстия, то применяют четырехкулачковые патроны или зажимные приспособления.

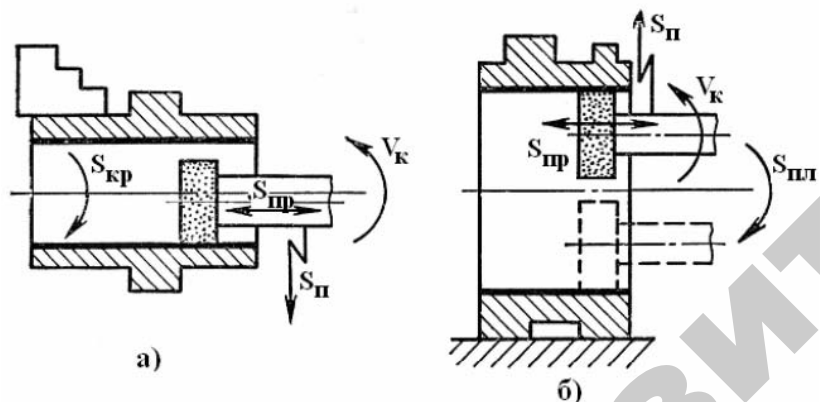


Рис. 2.56. Схемы обработки заготовок на внутришлифовальных станках: а – закрепление заготовки в патроне; б – планетарное шлифование

Технологическое назначение движений такое же, как и на круглошлифовальных станках, что позволяет шлифовать отверстие на всю ее длину либо ее части. На внутришлифовальных станках также обрабатывают и внутренние торцовые поверхности. Внутренние фасонные поверхности шлифуют специально заправленным кругом

методом врезания (например, фасонные кольцевые канавки различной формы).

Внутренние конические поверхности шлифуют с поворотом передней бабки таким образом, чтобы образующая конуса располагалась вдоль направления продольной подачи. Сочетания различных поверхностей образуют отверстия сложных конфигураций. Современные внутришлифовальные станки позволяют обрабатывать такие поверхности с высокой степенью точности.

Процесс шлифования на бесцентрово-шлифовальных станках характеризуется высокой производительностью. Заготовку обрабатывают в незакрепленном состоянии. Для шлифования заготовок типа валов также не требуется центровых отверстий.

На станине 1 бесцентрово-шлифовального станка (рис. 2.57) установлены два круга: шлифующий (на бабке 2) и ведущий (на бабке 4). Каждый из кругов периодически правят с помощью механизмов 3 и 5. Заготовка вращается на ноже 6 и одновременно контактирует с обоими кругами. Для перемещения заготовки по ножу с продольной подачей бабку ведущего круга поворачивают на небольшой угол. При шлифовании заготовок с уступами бабку ведущего круга не поворачивают. Она перемещается по направляющим станины с подачей $S_{пр}$ до определенного положения.

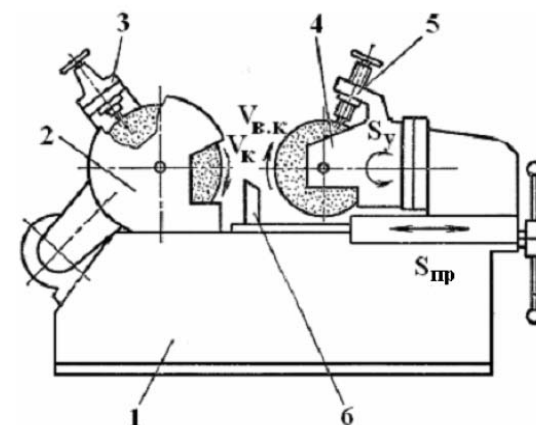


Рис. 2.57. Бесцентрово-шлифовальный станок: 1 – станина; 2, 4 – бабки; 3, 5 – механизмы для правки кругов; 6 – нож

Схема обработки заготовки на бесцентрово-шлифовальных станках представлена на рисунке 2.58.

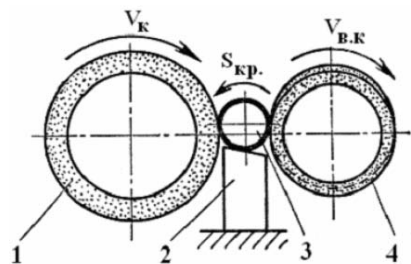


Рис. 2.58. Схема обработки заготовки на бесцентрово-шлифовальном станке:
1 – рабочий круг; 2 – нож; 3 – заготовка; 4 – ведущий круг

Заготовку 3 устанавливают на нож 2 между кругами (рабочим 2 и ведущим 4), которые вращаются в одном направлении, но с разными скоростями. Трение между ведущим кругом и заготовкой больше, чем между ней и рабочим кругом. Вследствие этого заготовка вращается со скоростью, близкой к окружной скорости ведущего круга.

Перед шлифованием ведущий круг устанавливают под углом α ($1 \dots 7^\circ$) к оси вращения заготовки. Вектор скорости этого круга разлагается на составляющие и возникает продольная подача S_{np} . Поэтому заготовка перемещается по ножу вдоль своей оси и может быть отшлифована на всю длину. Чем больше угол α , тем больше подача. Вслед за первой заготовкой на нож для шлифования сразу же может быть помещена вторая заготовка, затем третья и т. д.

Схемы плоского шлифования приведены на рисунке 2.59. Заготовки шлифуют периферией и торцевой поверхностью круга. Заготовки 2 закрепляют на прямоугольных или круглых столах 1 с помощью магнитных плит, а также в зажимных приспособлениях.

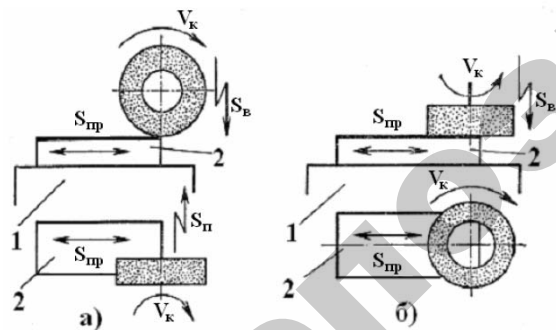


Рис. 2.59. Обработка заготовок на плоскошлифовальных станках:
а – шлифование периферией круга; б – шлифование торцом круга

Допускается закрепление одной или одновременно нескольких заготовок. Заготовки размещают на столах, затем включают ток и они притягиваются к магнитной плите.

Прямоугольные столы совершают возвратно-поступательные движения, обеспечивая продольную подачу. Подача на глубину резания осуществляется в крайних положениях столов. Поперечная подача необходима в тех случаях, когда ширина круга меньше ширины заготовки (рис. 2.59, а).

Более производительно шлифование торцом круга, так как в работе одновременно участвует большее число абразивных зерен (рис. 2.59, б). Периферией круга шлифуют, например, дно паза, производят профильное шлифование, предварительно заправив по соответствующей форме шлифовальный круг, и выполняют другие работы. При этом приходит меньшее тепловыделение, что приводит к меньшему короблению шлифуемых заготовок.

Для абразивной обработки заготовок применяется инструмент различных типов и конструкций (рис. 2.60):

- 1) шлифовальные круги, в том числе шлифовальные головки;
- 2) отрезные круги;
- 3) шлифовальные сегменты;
- 4) абразивные бруски;
- 5) абразивные шеверы;
- 6) абразивный инструмент на гибкой основе с нанесенным на нее слоем шлифовального материала, закрепленного связкой (шлифовальная шкурка и изделия из нее);
- 7) абразивные круги;
- 8) полировальные круги.

Широкое использование при различной обработке деталей получили шлифовальные круги общего применения из электрокорунда и карбида кремния ГОСТ 2424–83.

Абразивные материалы разделяются на два класса: природные и синтетические. К природным материалам относят природный алмаз, корунд, наждак, кремнь, гранат, техническое стекло. Природные материалы применяют в ограниченном количестве, как правило, в виде зерна для свободного шлифования и для изготовления шлифовальной шкурки.

К синтетическим материалам относят синтетический алмаз, электрокорунд, карбид кремния, карбид бора и материалы на основе кубического нитрида бора, которые обладают большей стабильностью физико-механических свойств. В этой связи синтетические материалы являются более предпочтительными, чем природные.

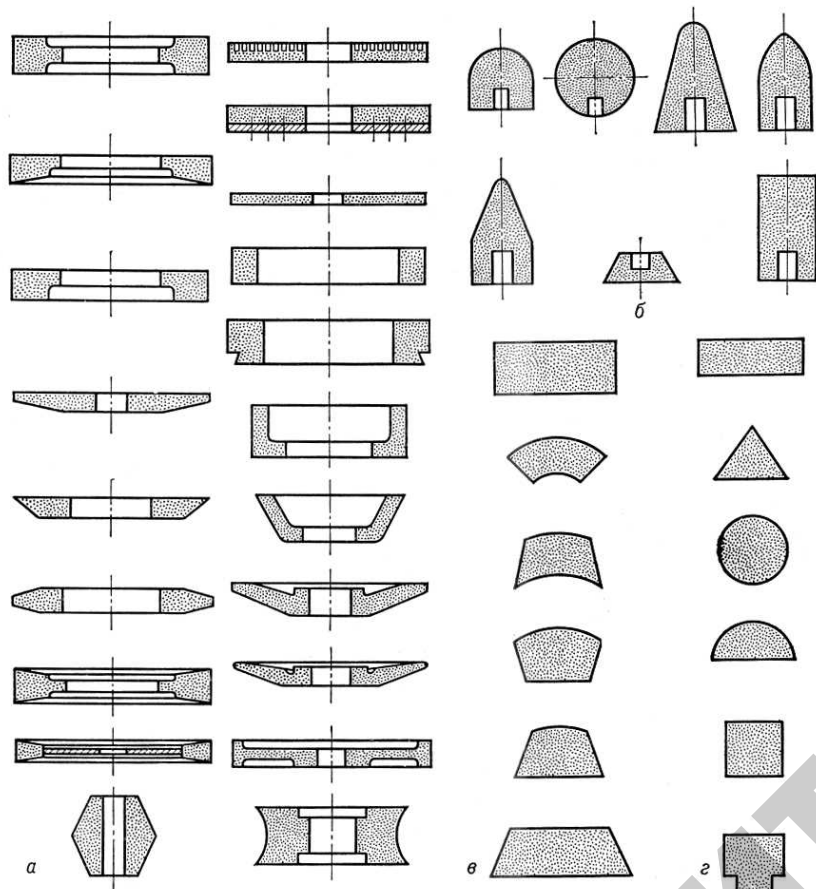


Рис. 2.60. Жёсткие абразивные инструменты:
а – шлифовальные круги; *б* – шлифовальные головки;
в – сегменты; *г* – бруски

Электрокорунд (Al_2O_3) – синтетический абразивный материал, состоящий, в основном, из окиси алюминия в виде ее кристаллической α -модификации (минерал корунд). Содержание корунда в данном материале в зависимости от марки материала достигает 99 %. Чем выше содержание корунда в материале, тем прочнее, тверже зерна и тем они острее. Электрокорунд применяют для шлифования сталей, чугунов и цветных сплавов.

Карбид кремния (SiC) – синтетический абразивный материал, состоящий, в основном, из кристаллов гексагонального карбида кремния, содержание которого колеблется в различных марках материала в пределах 97,5...99 %. Карбид кремния более твердый и хрупкий, чем электрокорунд.

Карбид бора (B_4C) получают термическим путем из борсодержащего и углеродистого сырья. Содержание в материале B_4C составляет 85...90 %. Материал обладает чрезвычайно высокой твердостью и хрупкостью, а при нагревании свыше 500 °С окисляется. В этой связи он используется не для изготовления инструмента, а для доводки твердосплавного инструмента и притирки драгоценных камней (в виде порошков).

Кубический нитрид бора (КНБ) – синтетический сверхтвердый материал, получаемый из гексагональной модификации нитрида бора BN в результате воздействия на него высоких давлений и температур. Промышленно материал выпускается под названием «Эльбор», который в зависимости от физико-механических свойств разделяется на марки:

- 1) обычной прочности ЛО;
- 2) повышенной прочности ЛП;
- 3) высокопрочный ЛКВ.

Содержание кубического нитрида бора в различных марках эльбора колеблется от 90 до 96 %. Как абразивный материал эльбор широко применяют для изготовления шлифовальных кругов различных типов. По твердости КНБ близок к алмазу, при этом более теплоустоек (до 1500 °С) и обладает высокой твердостью, теплоустойкостью и малым химическим сродством к железу, что позволяет использовать этот материал для обработки высокопрочных и закаленных сталей, а также прочих сплавов на основе железа.

Алмаз синтетический (АС) получают из графита в специальных камерах при температуре 1200...2400 °С и давлении 1,3 ГПа в присутствии катализатора. Алмазы обладают высокой твердостью, теплопроводностью, износостойкостью, режущими свойствами, но недостаточной теплоустойкостью (до 800 °С). Алмазы применяют для обработки, цветных металлов, хрупких неметаллических материалов (пластмасс, керамики). Алмазы имеют высокую адгезию к железу, что является причиной их низкой износостойкости при обработке сталей и чугунов. Синтетические алмазы имеют большую остроту режущих кромок по сравнению с природными алмазами и поэтому более производительны.

Для производства инструмента абразивные материалы дробят, измельчают и классифицируют, получая шлифовальные материалы определенного размера и формы.

Зернистость шлифовальных материалов из электрокорунда, карбида кремния и бора, природных абразивных материалов (ГОСТ 3647–80) определяется размером абразивных зерен, т. е. группой материала.

В качестве связок, применяемых для закрепления зерен в абразивном инструменте, могут применяться:

1) неорганические вещества (керамические, магнезиальные, силикатные, металлические);

2) органические вещества – природные (шеллаковые связки) и синтетические (бакелитовые, вулканитовые, эпоксидные, глифталевые связки);

3) комбинации органических и неорганических веществ (металлоорганические, металлокерамические и другие).

Твердость абразивного инструмента характеризует способность связки сопротивляться вырыванию абразивных зерен с поверхности инструмента под влиянием сил резания. Чем тверже инструмент (круг), тем большая сила необходима, чтобы вырвать зерно из связки. При этом в большей степени проявляется склонность инструмента к засаливанию (забивание пор круга стружкой).

Различают следующие степени твердости инструмента (цифры 1, 2 и 3 характеризуют возрастание твердости внутри данной степени):

- а) ВМ1, ВМ2 – весьма мягкий;
- б) СТ1, СТ2, СТ3 – среднетвердый;
- в) М1, М2, М3 – мягкий;
- г) Т1, Т2 – твердый;
- д) СМ1, СМ2 – среднемягкий;
- е) ВТ – весьма твердый;
- ж) С1, С2 – средний;
- з) ЧТ – чрезвычайно твердый.

При выборе абразивных кругов по твердости учитывают материал обрабатываемой детали, вид шлифования, зернистость абразивного материала, размеры и профиль рабочей поверхности круга, наличие смазывающе-охлаждающей жидкости (СОЖ), режимы резания. Обычно для мягких материалов выбирают твердый круг, а для твердых материалов – мягкий.

Структура абразивного инструмента – это соотношение объемов шлифовального материала, связки и пор в абразивном инструменте.

Чем больше номер структуры, тем меньше зерен и больше пор. Чем больше суммарный объем пор и крупнее сами поры, тем эффективнее удаляется стружка при резании, лучше охлаждается место контакта инструмента и детали, быстрее самозатачивается инструмент. При этом инструмент с высоким содержанием пор менее прочен и подвергается большему износу. Таким образом, для каждой конкретной операции шлифования необходимо подбирать инструмент со строго заданной структурой.

Структуры абразивного инструмента имеют четыре группы: закрытые (плотные) структуры (№ 1...4); средние (№ 5...8); открытые (№ 9...12); высокопористые (№ 13 и более) .

Для каждой конкретной операции шлифования рекомендуется выбирать определенную структуру шлифовального круга:

- 1) для чернового шлифования – № 4...6;
- 2) для получистового и чистового шлифования – № 6...8; ;
- 3) для профильного шлифования – № 10...12.

Шлифовальные круги (как и любое тело вращения) обладают неуравновешенностью. В зависимости от допустимых неуравновешенных масс устанавливаются четыре класса неуравновешенности шлифовальных кругов (ГОСТ 3060–86). Классу 1 соответствует минимальная неуравновешенность круга, а классу 4 – максимальная.

В соответствии с ГОСТ 2424–83 круги изготавливают трех классов точности: АА, А и Б. Класс точности круга должен соответствовать классу его неуравновешенности.

Характеристика абразивного инструмента в виде условного обозначения обязательно указывается в нормативно-технической документации. Например, в соответствии с ГОСТ 2424–83 шлифовальный круг обозначается следующим образом:

1 500 × 50 × 305 24А 10 С2 7 К 35 м/с А 1 кл (ГОСТ 2424–83).

Это означает, что круг плоский, прямого профиля, тип 1 с наружным диаметром $D = 500$ мм, высотой $B = 50$ мм, диаметром посадочного отверстия $d = 305$ мм, выполнен из белого электрокорунда марки 24А, зернистостью 10, степенью твердости С2, номером структуры 7 (средней), на керамической связке К, для работы со скоростью 35 м/с, класса точности А. 1-го класса неуравновешенности.

Примером условного обозначения шлифовального круга из эльбора является следующая запись:

1 А1 250 × 16 × 76 × 5 ЛПЛ12 С2К7 100,

где 1A1 – круг плоский, прямого профиля, диаметр $D = 250$ мм, высота $B = 16$ мм, посадочное отверстие $d = 76$ мм, ширина эльборсодержащего слоя $b = 5$ мм, эльбор повышенной прочности ЛП1, зернистость 12, твердость С2, керамическая связка К, структура 7, концентрация эльбора 100 %.

Отрезной круг диаметром $D = 400$ мм, высотой $B = 4$ мм, диаметром посадочного отверстия $d = 51$ мм, из нормального электрокорунда марки 14А, зернистостью 40, звуковым индексом 41, с бакелитовой связкой с упрочняющим элементом БУ, рабочей скоростью 80 м/с, 2 кл. точности обозначается следующим образом:

400 × 4 × 51 14А 40 41 БУ 80 м/с 2 кл ГОСТ21963–82.

Аналогичный принцип обозначения характеристик применяется и для других видов абразивного инструмента.

При скоростном шлифовании скорость круга достигает 50...80 м/с, что в 2...3 раза превышает нормальную.

Элементами режима шлифования являются: глубина резания, продольная подача, окружная скорость круга заготовки. Толщина снимаемого слоя за один ход шлифовального круга обозначается t . При черновом шлифовании $t = 0,001...0,08$ мм (при чистовом – 0,005...0,015 мм), S – продольная подача заготовки (мм/об). При черновом шлифовании $S = (0,03...0,07)B$; при чистовом – $(0,02...0,04)B$ мм/об. Соответственно скорость резания

$$V = \frac{\pi D_k n_k}{1000 \cdot 60},$$

где D – диаметр круга; n – частота вращения круга. Обычно $V_k = 20...60$ м/с. Объем металла срезаемого за один оборот детали определяется из формулы:

$$Q = \pi D_3 t S,$$

где D_3 – диаметр заготовки, мм; t и S – глубина резания и продольная подача.

Сила резания P , действующая на обрабатываемую заготовку может быть разделена на три составляющих: касательную P_z ; радиальную P_y ; и осевую P_x . При этом $P_x = (1,5...3)P_z$ (рис. 2.61).

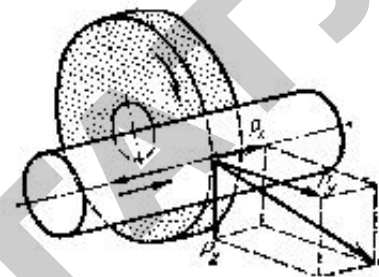


Рис. 2.61. Схема составляющих сил резания при шлифовании

Для наружного и внутреннего шлифования мощность резания рассчитывают по эмпирической формуле:

$$N_k = C_n S_{np} V^{0,7} S^{0,7}_{non},$$

где

$$C_n = C_o D_3^n K_1 K_2 K_3,$$

где $C_o = 0,029$ – коэффициент для круглого шлифования с продольной подачей (с радиальной подачей – 0,084), $n = 0,2$ – показатель степени для круглого шлифования (внутреннего – 0,3); K_1 – поправочный коэффициент на твердость круга, (для степени твердости М $K_1 = 0,9$; для СМ $K_1 = 1$; для С $K_1 = 1,16$; для СТ1 и СТ2 $K_1 = 1,36$); K_2 – поправочный коэффициент на ширину круга (при $B = 26...40$ мм $K_2 = 0,8$; при $B = 40...60$ мм $K_2 = 0,9$; при $B = 63...100$ мм $K_2 = 1$); K_3 – поправочный коэффициент материала.

Зная мощность резания N , можно определить касательную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = \frac{1000 N_k}{V_k}.$$

Полирование, притирка, хонингование и суперфиниширование, инструмент, станки, режимы обработки

Для получения особо высоких классов шероховатости обрабатываемой поверхности (7...11) и точности обработки (5...7-й квалитет)

применяют отделочные методы обработки, к которым относятся: притирка, хонингование, суперфиниширование и полирование [1].

Притирка заключается в удалении с поверхности обрабатываемой заготовки очень незначительного слоя металла посредством применения мелкозернистого порошка в среде смазки, которая наносится на поверхность инструмента, называемого притиром.

Хонингование применяют для получения отверстий высокой точности и малой шероховатости, а также для создания специфического микропрофиля обработанной поверхности в виде сетки. Такой профиль необходим для удержания на стенках отверстия смазки при работе машины (например, для втулки двигателя внутреннего сгорания).

Чаще обрабатывают сквозные и реже ступенчатые отверстия, как правило, неподвижно закрепленных заготовок.

Поверхность заготовки обрабатывают мелкозернистыми абразивными брусками, которые закрепляют в хонинговальной головке (хоне), являющейся режущим инструментом. Инструмент вращается и одновременно движется возвратно-поступательно вдоль оси обрабатываемого отверстия цилиндра высотой h (рис. 2.62). Соотношение скоростей V_1 и V_2 этих движений составляет 1.5...10.0 и определяет условия резания. Скорость V_1 для стали составляет 45...60 м/мин, а для чугуна и бронзы – 60...75 м/мин.

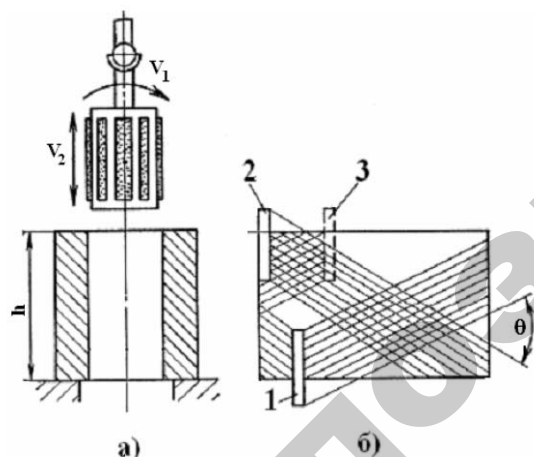


Рис. 2.62. Хонингование отверстий:

а – схема хонингования; б – развертка внутренней цилиндрической поверхности;
1, 2, 3 – положения абразивных брусков

Хонингование обеспечивает 9...13 класс шероховатости и 5...7-й квалитет точности обрабатываемого отверстия.

Суперфиниширование применяют для уменьшения шероховатости поверхности, оставшейся от предыдущей обработки (9...14-й класс шероховатости поверхности). При этом изменяются высота и вид микровыступов, обработанная поверхность имеет сетчатый рельеф, а каждый микровыступ округляется и поверхность становится очень гладкой. При работе деталей с такими поверхностями возникают более благоприятные условия взаимодействия трущихся поверхностей.

Суперфинишированием обрабатывают плоские, цилиндрические (наружные и внутренние), конические и сферические поверхности из закаленной стали (как правило), а также из чугуна и бронзы. Поверхности обрабатывают абразивными брусками, устанавливаемыми в специальной головке. Характерным для суперфиниширования, наряду с движением заготовки, является колебательное движение брусков. Процесс резания происходит при давлении брусков (0.5...3.0)...10 Н/м² и в присутствии смазки малой вязкости.

Схема обработки наружной цилиндрической поверхности приведена на рисунке 2.63.

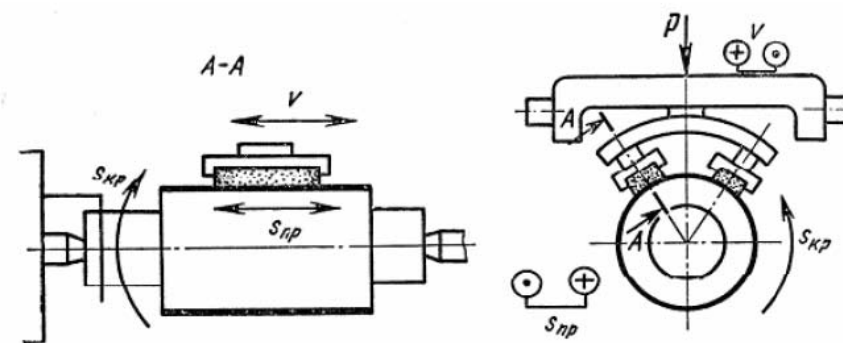


Рис. 2.63. Схема отделки цилиндрической поверхности суперфинишированием

Полирование – обработка при помощи особо мелкозернистой абразивной пасты, нанесенной на эластичной полированный круг, изготовленный из войлока, кожи, парусины. Этот метод обеспечивает 7...12-й класс чистоты шероховатостей обрабатываемой поверхности.

Вопросы для самоконтроля

1. В чём заключается особенность шлифования?
2. Приведите соответствующие схемы основных методов шлифования различных поверхностей и расскажите о них.
3. Какие абразивные материалы применяют для изготовления шлифовальных кругов?
4. Какие связующие материалы применяют для изготовления шлифовальных кругов?
5. Расшифруйте характеристику абразивного круга марки 24A40СМ1К56БАА.
6. Как разделяются круги по форме и размеру?
7. Где используют абразивные бруски и пасты?
8. Как маркируются алмазные круги?
9. В чём состоит особенность бесцентрового шлифования?
10. Нарисуйте схему составляющих сил при шлифовании.
11. Приведите запись эмпирической зависимости силы резания от мощности резания при шлифовании.
12. Назовите основные типы шлифовальных станков и дайте им краткую характеристику.
13. Назовите виды отделочной обработки и дайте им характеристику.
14. В каких случаях используется метод суперфиниширования?

Лекция 6. Специальные методы обработки.

Заключение

План лекции:

1. Электроискровая, электроимпульсная, лучевая, электрохимическая и другие физико-химические методы обработки.
2. Поверхностное пластическое деформирования, ротационное резание и комбинированная обработка.

Электроискровая, электроимпульсная, лучевая, электрохимическая и другие физико-химические методы обработки

Специальные методы обработки применяют в случаях, когда обработка механическими методами является затруднительной или

экономически неоправданной. Так, в промышленности все большее распространение получают электрофизические и электрохимические методы обработки материалов.

Эти методы разделяются на четыре группы:

- 1) электрофизические методы обработки токопроводящих материалов, основанные на использовании энергии электрических разрядов, разрушающих обрабатываемый материал (электроискровой и электроимпульсный методы);
- 2) способы обработки токопроводящих материалов концентрированными лучами с высокой плотностью энергии (светолучевая и электронно-лучевая);
- 3) методы импульсного ударного воздействия на заготовку частиц абразива с частотой ударов, соответствующей ультразвуковому диапазону (ультразвуковая обработка);
- 4) методы, основанные на явлении анодного растворения, состоящего в том, что обрабатываемая заготовка, подключенная к положительному полюсу (аноду), растворяется.

Электроискровой и электроимпульсный методы обработки.

Основой электроискрового и электроимпульсного методов обработки металлов является процесс электроэрозии металлов, заключающийся в разрушении металла под воздействием электрических разрядов, посылаемых источником электрического тока. На рисунок 2.64 приведена схема электроискрового метода обработки.

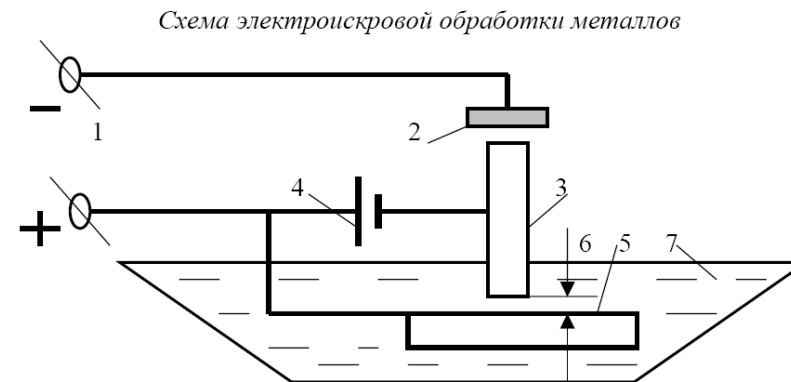


Рис. 2.64. Схема электроискрового метода обработки металлов

При соприкосновении электрода-инструмента 3 с контактом 2 конденсатор 4 заряжается от источника тока 1. При перемещении электрода вниз в момент сближения его с электродом-деталью 5 до зазора, измеряемого в микронах (от 0,1 до 1 мкм) происходит разрядка конденсатора в виде кратковременной искровой вспышки между электродами. Под воздействием высокой температуры, создаваемой электрическими разрядами, возникающими при движении электрода вниз, происходит разрушение металла с образованием углубления в обрабатываемой детали. При этом электрод-инструмент, сохраняя межэлектродный промежуток, постепенно углубляется в обрабатываемую деталь и придает ей форму, соответствующую форме электрода-инструмента.

Электроискровую обработку в большинстве случаев производят в условиях, когда электрод-деталь включен на анод, а электрод-инструмент – на катод. В этом случае имеет место наибольшее разрушение металла детали. Во избежание переноса расплавленного металла с детали на инструмент процесс обработки производится в диэлектрической жидкости (керосине, машинном масле). В этих условиях расплавленные частицы металла, смываясь жидкостью, остывают в ней и в застывшем состоянии в форме мельчайших шариков падают на дно ванны. Электроды-инструменты изготовляют из латуни, медно-графитовой массы, меди и других материалов. Производительность обработки металлов (электроискровой и электроимпульсной), шероховатость и точность обработанных поверхностей определяются мощностью и длительностью электрических разрядов, т. е. электрическим режимом работы.

Электроискровую обработку металлов производят на жестких (обдирочных), средних (получистовых) и мягких (чистовых) режимах. При жестком режиме напряжение источника питания обычно составляет 100...200 В, сила тока в цепи заряда – более 6 А, емкость конденсаторов – свыше 100 мкФ. При мягком режиме работы напряжение составляет 100...220 В, сила тока – менее 1 А, емкость конденсаторов – менее 10 мкФ.

Малая мощность и кратковременность разрядов являются условиями для получения чистоты обработанной поверхности до 6...8-го классов (ГОСТ 2784–59) и высокой точности обработки. При этом мягкий режим работы ведет к малой скорости съема металла. Электроискровым методом можно обрабатывать ограниченную поверхность площадью 300...500 мм², а производительность процесса составляет до 900 мм³/мин. Электроискровая обработка деталей осуществляется на специальных электроискровых станках, в которых глав-

ными элементами являются генератор импульсов и следящее устройство для регулирования устойчивости и мощности разрядов, станина станка, механизмы для перемещения и установки электродов (инструмент и детали), а также ванны с жидкостью, в которой процесс осуществляется. Электроискровую обработку применяют для обработки рабочих полостей кузнечных штампов, профильных отверстий твердосплавных волок, прошивки малых и криволинейных отверстий, резки металлов, затачивания и шлифования инструмента и т. д.

Электроимпульсный метод обработки металлов отличается от электроискрового большей длительностью разрядов и применением тока повышенной частоты, получаемого от специального генератора или машинных преобразователей. Электроимпульсный метод позволяет производить обработку поверхности на больших площадях (до 180 см²) с высокой производительностью (4000 мм³/мин); получить шероховатость обработанной поверхности на 1...3 класса меньше, чем при обработке электроискровым методом.

На рисунке 2.65 приведена одна из схем электроимпульсного метода обработки металлов. Электрод-инструмент 1 и электрод-деталь 2, погруженные в ванну 3, которая содержит жидкую среду, присоединяют через выпрямитель 4 к машинному преобразователю 5. Преобразующему переменный ток промышленной частоты в ток повышенной частоты низкого напряжения. Жидкой средой служат масла низкой вязкости (индустриальное № 12, трансформаторное), керосин и др. В межэлектродном пространстве возникают электрические разряды определенной длительности, сопровождающиеся выделением тепла, под воздействием которого происходит разрушение металла с поверхностей электродов.

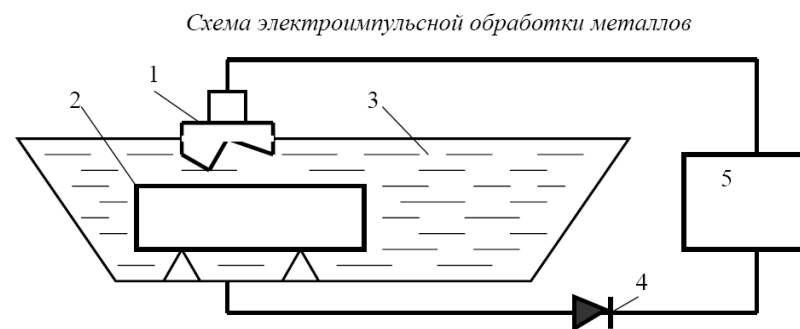


Рис. 2.65. Схема электроимпульсного метода обработки металлов

Электрические режимы назначают в зависимости от характера обработки и площади обрабатываемой поверхности. При площади обрабатываемой поверхности, равной 20...80 см², черновую обработку осуществляют в режиме среднего тока, равного 50...300 А, а чистовую – 5...50 А. Электроимпульсную обработку производят на специальных электроимпульсных станках, на которых обрабатывают пресс-формы, вырубные, просечные и чеканочные штампы, прошивают отверстия любой конфигурации в закаленных деталях.

Ультразвуковой метод обработки материалов.

При ультразвуковом методе обработки материалов инструмент колеблется с высокой частотой (свыше 20 тысяч колебаний в секунду) с амплитудой около 0,05 мм. Жидкость (вода, масло и др.), омывающая инструмент и обрабатываемую деталь, содержит большое количество мелких абразивных зерен, которые под воздействием ультразвуковых колебаний попадают в пространство между электродами и осуществляют сьем металла. В качестве абразивных зерен используют кристаллы карбида бора, карбида кремния и другие материалы. Инструменты, имеющие форму в соответствии с формой обрабатываемой поверхности, обычно изготавливают из инструментальной стали.

Для получения ультразвуковых колебаний применяют различные способы. Наиболее распространенным способом является получение колебаний с помощью пьезоэлектрических и магнитострикционных преобразователей. Применение пьезоэлектрических преобразователей основано на способности некоторых материалов (кварца, турмалина) изменять свои геометрические размеры (сжиматься, расширяться) под воздействием электрических зарядов. В основе действия магнитострикционного преобразователя лежит использование свойств некоторых материалов (никеля, кобальта, пермаллоя и др.) деформироваться (сжиматься и расширяться) под воздействием магнитного поля. Трубку из этих материалов помещают в катушку, через которую проходит переменный ток высокой частоты. Под воздействием магнитного поля геометрические размеры трубки меняются и она начинает совершать упругие колебания с ультразвуковой частотой. Ультразвуковая обработка обеспечивает получение чистоты поверхности стальных деталей до 9-го класса, точность до 5 мкм. Этим методом можно также обрабатывать стекло, карбид бора и другие материалы.

На рисунке 2.66 приведена схема установки с магнитострикционным преобразователем.

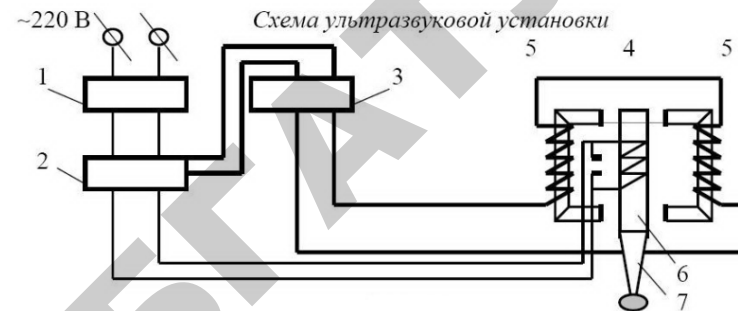


Рис. 2.66. Схема ультразвукового метода обработки

Электрические колебания от звукового генератора 1 усиливаются усилителем 2, который подает на выход мощность, равную 300...500 Вт. Усиленный ток поступает в катушку вибратора 4, который, создавая переменное магнитное поле, заставляет сердечник и инструмент 7 колебаться с высокой частотой. Постоянные магниты 5 получают питание от селенового выпрямителя 3.

Производительность ультразвуковой обработки зависит от обрабатываемого материала и мощности установки. Так, при мощности аппарата, равной 500 Вт производительность обработки очень твердого материала (карбида бора) составляет около 5 мм³/мин. Кроме обработки материалов с помощью ультразвука производят и другие операции (промывку, чистку травление, контроль качества деталей).

Анодно-механическая обработка металлов.

Анодно-механическую обработку производят с использованием постоянного тока (напряжение 20...30 В). Силу тока выбирают в зависимости от размеров обрабатываемой детали. Деталь соединяют с положительным полюсом, а обрабатывающий инструмент – с отрицательным полюсом. Между обрабатываемой деталью и обрабатывающим токопроводящим инструментом находится специальная рабочая жидкость (раствор жидкого стекла). Под действием электрического тока на поверхности образуется защитная пленка, обладающая высоким электрическим сопротивлением. Обрабатывающий инструмент непрерывно удаляет значительную часть пленки с поверхности и тем самым способствует прохождению тока через обрабатываемую поверхность детали. В результате электрохимического действия происходит сьем металла с обрабатываемой поверхности. Одновременно

с этим осуществляется и электроискровой процесс. При большой плотности тока (десятки ампер на квадратный сантиметр) высвобождается большое количество тепла, при котором сьем металла происходит, в основном, за счет электроискрового действия. На рисунке 2.67 приведена схема анодно-механической заточки резца.

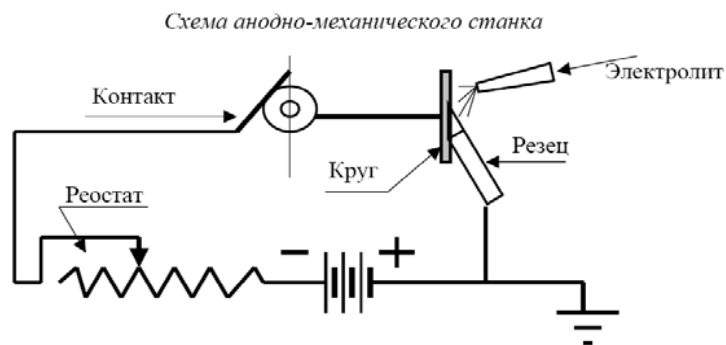


Рис. 2.67. Схема анодно-механической обработки поверхности

Отрицательный полюс через скользящий контакт подводят к токопроводящему кругу резца. Подача рабочей жидкости электролита подается через сопло в зону обработки и составляет 8...10 л/мин. Скорость вращения диска при анодно-механической заточке составляет 10...15 м/с. Одновременно резцу придается возвратно-поступательное движение (колебание) с небольшой амплитудой. Следует отметить, что анодно-механическая обработка позволяет получить высокое качество инструмента и устранить все дефекты (микротрещины, прижоги), которые получают после абразивной заточки. Кроме того, отпадает необходимость в применении шлифовальных кругов. Однако производительность анодно-механической заточки ниже абразивной.

Лазерная обработка.

Лазеры – квантовые генераторы оптического излучения, которые могут применяться для механической обработки и сварки металлов.

Одна из схем лазера приведена на рисунке 2.68. В корпусе 1 (в виде эллиптического цилиндра) расположены в фокальных осях рубиновый стержень 2 и ксеноновая импульсная лампа 3 с электродом 4 (для поджига импульсной лампы). Стержень 2 является основным рабочим элементом, изготавливаемым из розового рубина (с кон-

центрацией Cr_2O_3 в Al_2O_3 0,06 %). Диаметр стержня равняется 2...10 мм, длина – 2...100 мм; торцовые плоскости параллельны с высокой степенью точности. Поверхность одного торца полностью отражающая (полностью посеребрена), а другого – частично отражающая (частично посеребрена). Рабочий период импульсной лампы длится (составляет) около нескольких миллисекунд при потребляемой энергии до 1000...2000 Вт.

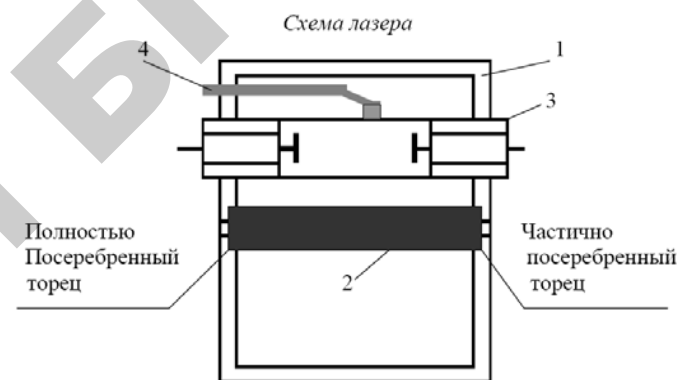


Рис. 2.68. Схема оптического квантового генератора

При вспышке импульсной лампы 5 происходит непосредственное световое облучение рубинового стержня 2, а также его облучение отражением от зеркала эллиптического цилиндра. Часть энергии, излучаемой импульсной лампой 5 в виде голубого и зеленого излучений, поглощается рубином и обеспечивает его возбуждение. Свет в рубине многократно отражается от посеребренных торцов и усиливается, примерно через 0,6 миллисекунды от начала облучения (когда возбуждение рубина превысит определенную величину). При этом выходит световой импульс высокой энергетической плотности через частично посеребренный торец.

Лазеры вырабатывают поток излучения плотностью от нескольких киловатт до нескольких мегаватт на 1см^2 . В ряде случаев применяются лазеры, работающие на основе газовых смесей (например, смесь гелия и неона). Перспективно применение лазеров для прожигания очень мелких отверстий (диаметром несколько микрон) в твердых и сверхтвердых материалах (в том числе в алмазах и рубинах), для резки тонких пленок.

Электронно-лучевая обработка.

При электронно-лучевой обработке используется электронный луч в виде потока энергии значительной концентрации. Фокусирование электронного луча в какой-либо точке обрабатываемой заготовки создает очень высокую температуру, при которой материалы плавятся и даже испаряются. Обработка ведется в глубоком вакууме.

На рисунке 2.69 приведена схема установки для электронно-лучевой обработки. В камере 1 располагается катод 2 (электронная пушка), который создает облако свободных электронов. Образование электронов у катода происходит за счет термоэлектронной эмиссии. Катоды изготовляют из вольфрама и тантала. С помощью электронно-магнитных систем (магнитная линза 4 и отклоняющая система 5) электроны концентрируются в направленный луч 3. В держателе и подающем механизме 6 располагается заготовка 7. Источник 8 вырабатывает ток высокого напряжения. В качестве источника тока могут применяться импульсные генераторы. Вакуум в установке создается диффузионным насосом 9. Люк 10 служит для установки заготовки. Рабочее напряжение в электронной пушке достигает 100000 В.

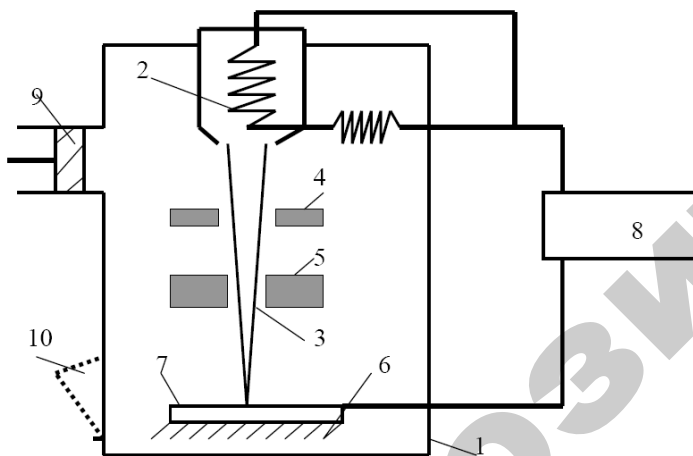


Рис. 2.69. Схема электронно-лучевой установки

С помощью электронного луча можно получить поток энергии огромной концентрации (порядка 10^9 Вт на 1 см^2). Скорость электронов в луче достигает 16000 км/с. Электронно-лучевую обработку целесо-

образно применять для получения мелких отверстий в твердых труднообрабатываемых материалах и резки заготовок. При этом методе обработки можно получить диаметр отверстия или ширину реза около 1 мкм. Электронно-лучевая обработка применяется для сварки и плавки металлов. Недостатком этого метода является необходимость проведения обработки в глубоком вакууме, что значительно усложняет процесс.

Обработка плазменной струей.

Схема дуговой плазменной головки приведена на рисунке 2.70. Между вольфрамовым электродом 1 и медным электродом 2 в виде трубы, охлаждаемой водой, возбуждается дуговой разряд. В трубу электрод 2 подают газ (аргон, азот, воздух и др.) который, проходя через плазму дуги, ионизируется и выходит из головки в виде плазменной струи. Дуговой разряд, заключенный в малом объеме, сжимается, что ведет к сильному разогреву частиц газа и повышению температуры плазменной струи до 30 000 °С.

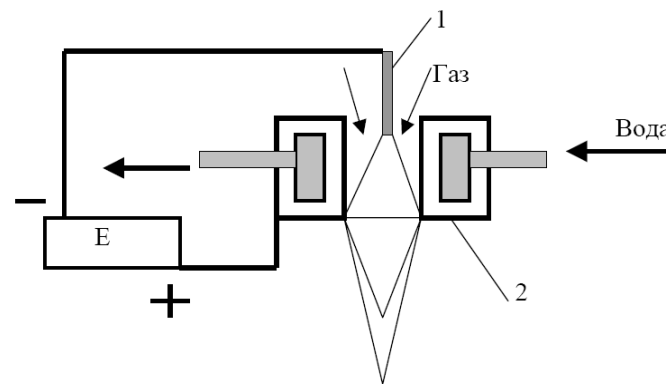


Рис. 2.70. Схема дугового плазматрона

Дуговую плазменную головку можно применять для резки, строгания и точения металлических заготовок. Этой же головкой можно резать токонепроводящие материалы. Обработку можно вести ручную или автоматически. Для увеличения производительности процесса при резке токопроводящего материала заготовку подключают к положительному полюсу источника питания.

В зависимости от схемы головки расстояние между соплом и поверхностью заготовки составляет 1...4 мм. При резке головка должна быть расположена перпендикулярно к поверхности заготовки, при строгании и точении – под углом 40...60°. При резке с середины листа рекомендуется просверлить отверстия (диаметр 5...6 мм). В качестве источника постоянного тока применяют генераторы постоянного тока 300 или ПС-500.. Сила тока при резке составляет 300...600 А, напряжение- 60...80 В.

Обработка плазменной струей рекомендуется для труднообрабатываемых материалов, а также материалов, к которым неприменима (или затруднена) кислородная или газофлюсовая резка. Плазменной струей можно резать керамические материалы, нержавеющую сталь, алюминий и его сплавы, титан, стекло и др. Скорость резки плит из конструкционной стали толщиной 12 мм составляет около 640 мм/мин, из нержавеющей стали – 3500 мм/мин. Плазменные головки можно применять также для сварки, пайки, наплавки и других работ.

Поверхностное пластическое деформирования, ротационное резание и комбинированная обработка

В настоящее время традиционные способы механической обработки достигли совершенства, и на предприятиях с надлежащей организацией труда практически не имеется резервов по повышению его производительности. Для качественного улучшения процессов производства и его увеличения необходимо широкое внедрение комбинированных способов обработки. Интенсификацией процессов резания термомеханическими способами и активацией технологических средств по комбинированию различных инструментов в одной наладке для сокращения переходов и компенсации сил резания, занимались многие ученые. Существенный вклад в эту область знаний внесли и представители Республики Беларусь. К ним, в частности, можно отнести следующих ученых: Е. Г. Коновалова, П. И. Ящерицына, Ф. Ю. Сакулевича, А. В. Борисенко, Е. И. Пятосина, Н. Я. Скворчевского, В. В. Смоляка (Физико-технический институт НАН Беларуси, г. Минск); Г. Ф. Шатурова (Белорусско-российский университет, г. Могилев); В. И. Туромша (Белорусский национальный технический университет, г. Минск); М. Л. Хейфеца (Полоцкий государственный университет, г. Новополоцк); Г. С. Шулева (Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, г. Гомель); В. Д. Ефремова, Л. М. Кожуро (Белорусский государственный аграр-

ный технический университет, г. Минск); а также ученых из других научных и образовательных учреждений страны. Комбинированные способы позволяют в 1,5...2 раза повысить коэффициенты загрузки оборудования и лучше использовать мощности станков. Однако еще недостаточно используются многие перспективные комбинированные способы механической обработки, а также не раскрыты их потенциальные возможности. На сочетание резания и давления с физико-химическими воздействиями на заготовку сильное влияние оказывают среда и характер течения процесса. Из-за этого снижаются механические характеристики обрабатываемого материала, резко интенсифицируется сьем припуска. Изменение физико-механических свойств и уменьшение механической прочности обрабатываемого слоя металла позволяют повысить режимы обработки и сократить основное время переходов ее обычных способов.

Комбинирование способов механической обработки с физико-химическими способами.

Наиболее распространенными являются электрохимические (ЭХО) и электрофизические (ЭФО) способы обработки. Их особенностью в настоящее время является сьем материала без непосредственного контакта инструмента с деталью – через воздушный зазор или химическую среду с помощью электрического разряда. К ЭФО относятся электроэрозионная обработка и ее разновидности: электроискровая и электроимпульсная. Бесконтактное взаимодействие инструмента с деталью при этих процессах существенно изменило вид лезвийного инструмента. Вместо резца с ограниченной режущей частью, используемого при обычном резании, при электрофизической и электрохимической обработке применяют новые прогрессивные инструменты. Они представляют собой замкнутую в кольцо проволоку или ленту большой длины и имеют практически бесконечные и непрерывно обновляемые рабочие части.

Анодно-механическое точение лентой позволяет получить цилиндрические заготовки из труднообрабатываемых материалов с припусками под последующую чистовую обработку точением или шлифованием. Заготовку соединяют с положительным полюсом источника постоянного тока, а ленту – с отрицательным.

Заготовке придают вращение со скоростью v_d и поступательное перемещение относительно торца движущейся ленты с подачей s . Лента своим торцом вырезает из заготовки цилиндр. Непрерывное обновление участка ленты обеспечивается ее высокой скоростью движения.

Разновидностью физического воздействия являются вибрационные импульсы. Наложение колебаний на механический процесс обработки давлением или резанием способствует разрушению межкристаллических связей в металлах. Использование ультразвука при алмазной обработке повышает производительность труда в 3...4 раза и снижает износ инструмента. Под воздействием ультразвука фактическая скорость резания непрерывно меняется, а средние скорости резания на различных радиусах инструмента выравниваются.

При этом режимы вибрации: частота колебаний (20...150 Гц) и амплитуда (0,5...2,0 мм) соизмеримы со скоростью финишных процессов, осуществляемых алмазно-абразивными инструментами.

Применение ультразвука также эффективно для выглаживания валов на токарном станке. Ультразвуковая головка устанавливается в суппорте станка. Индентор (алмазный выглаживатель) закрепляется в концентраторе-волноводе. Питание инструмента осуществляется от ультразвукового генератора. Этот способ особенно эффективен при обработке жаропрочных и нержавеющей закаленных сталей.

Алмазно-электролитическое шлифование совместно с электролитическим растворением на площади, определяемой суммарной катодной поверхностью пластин с ПСТМ приведено ниже.

После съема заданного припуска, производится механическая чистовая обработка полученной поверхности мелкозернистыми поликристаллами, что определяет ее низкую шероховатость.

При алмазно-электролитической обработке (АЭО) используют стандартные алмазные круги прямого профиля с алмазосносным слоем на металлических связках марок М1-0,4, МС6, М3-21 или им подобные с алмазами АС15...АС32 зернистостью 125/100...315/250 при относительной концентрации 100 %.

Способы механической обработки с дополнительным пластическим деформированием и тепловым воздействием.

Пластическое деформирование обрабатываемой поверхности возможно при непрерывном контакте инструмента с деталью, и при периодическом ударном приложении силы. Эти виды воздействия относятся к обработке материалов давлением, но в комбинации со способами резания придают этим видам воздействия специфические свойства, заключающиеся, главным образом, в минимизации рабочей зоны и изменении вида инструмента.

При способе резания с опережающим пластическим деформированием (ОПД), на срезаемый резцом слой заготовки воздействуют

давящим роликом, который установлен перед резцом на вращающихся опорах в корпусе и принимается пружиной к поверхности резания. Сила, с которой пружина прижимает ролик, зависит от материала обрабатываемой заготовки и величины припуска на обработку.

Эффективность ОПД повышается, если накатный ролик снабдить зубцами, которые производят насечку на обрабатываемом слое и способствуют делению стружки на короткие отрезки. Длина отрезков зависит от шага зубьев.

Использование деформирующих элементов вместо стружкоделительных канавок на режущих зубьях обеспечивает эффективное разделение срезаемого слоя по ширине, повышение стойкости протяжек и улучшает качество обработанной поверхности. Пластическое деформирование обработанной поверхности упрочняет поверхностный слой и уменьшает поле рассеяния размеров.

Оптимальными конструкциями являются комбинированные инструменты, совмещающие в одном режущем элементе несколько функций. Примером может служить машинный метчик с режущими участками выполнены выглаживающие участки. Они расположены на боковых поверхностях зуба, имеют бочкообразную форму в осевом сечении и смещение пера и находятся от нее на расстоянии $0,3l$, где l – протяженность пера. Разновидностью комбинации механической обработки с пластическим деформированием является ударно-прерывистое резание, которое характеризуется импульсным приложением нагрузки. Этот способ не является фрезерованием или точением прерывистого контура детали. Форма ударных импульсов близка к прямоугольной, а длительность составляет примерно 0,01 с. Наиболее рациональной областью применения ударно-прерывистого резания является обработка вязких материалов в труднодоступных местах, (например, нарезание внутренней резьбы или сверление глубоких отверстий). Импульсный характер воздействия способствует дроблению стружки и улучшению ее отвода из зоны резания.

Термомеханическая обработка.

Эта обработка характеризуется сочетанием резания и теплового воздействия на обрабатываемую заготовку. Использование нагрева снижает механические свойства обрабатываемого материала и улучшает обрабатываемость резанием, особенно высокопрочных сталей и сплавов. Применяемые на практике способы термомеханической обработки подразделяются на обработку со сплошным нагревом и ло-

кальным нагревом вблизи контактной поверхности. В металлообрабатывающей промышленности широкое распространение получили способы обработки с локальным нагревом от внешнего источника (газового, электродугового, плазменного) или с генерированием тепловой энергии непосредственно в обрабатываемом слое.

Электроконтактная обработка является разновидностью термической обработки и основана на механическом разрушении или формоизменении металлической поверхности, которое проводится одновременно с нагревом или расплавлением данной поверхности электрическим током. При этом способе в месте контакта двух токопроводящих поверхностей (инструмента-диска и детали) выделяется теплота вследствие повышенного сопротивления, а также возникновения электрического разряда.

Разрушение поверхности заготовки происходит при напряжении свыше 10 В (до 20...22 В) и рабочем токе, равном 500 А. В результате электродугового процесса возникает множество микроэлектродуг в месте контакта микронеровностей поверхностей электродов (инструмента и заготовки).

Особенностью электроконтактной обработки является высокая производительность процесса (до 3000 мм³/с) при низком качестве обработки. На «мягких» режимах производительность составляет около 1 мм³/с при шероховатости поверхности $R_z = 20 \div 80$ мкм и глубине микротрещин в твердых сплавах или закаливаемых сталях до 0,3...0,5 мм. Во всех случаях отмечаются наплывы на кромках обработанной поверхности.

Электроконтактная обработка может выполняться в воздушной и жидкой средах. Производительность обработки растет с увеличением напряжения и мощности источника питания (наблюдается почти линейная зависимость). Этот метод применяется, в основном, для обработки крупногабаритных изделий. Он может быть использован для зачистки литых поверхностей и сварных швов.

Упрочняющее шлифование.

Упрочняющее шлифование (УШ) относится к комбинированной термомеханической обработке, при которой тепловая энергия, выделенная за счет сил пластического деформирования и трения, генерируется в зоне контакта шлифовального круга с заготовкой. В результате этого выделяющейся теплоты оказывается достаточно для осуществления процессов скоростной закалки поверхностного слоя. Процесс упрочняющего шлифования предусматривает глубинную

обработку поверхности заготовки при существенном снижении скорости продольной подачи, что усиливает эффект теплообразования с одновременной термической обработкой.

Упрочняющее шлифование связано с появлением структур, получившие название «белые слои». В большинстве случаев появление «белых слоев» отрицательно сказывается на стойкости и эксплуатационных характеристиках деталей, что объясняется, в первую очередь, прерывистостью этих слоев, т. е. структурной неоднородностью и концентрацией напряжений или неравномерностью свойств поверхностного слоя детали. При этом «белые слои» имеют повышенную усталостную прочность (на 70 %) и большую износостойкость (в 1,5...3,0 раза) по сравнению с поверхностными слоями после традиционной закалки.

При особых условиях шлифования заготовок из закаливаемых сталей различных марок на поверхности заготовки может быть образован сплошной «белый слой».

Технология получения сплошных «белых слоев» в условиях шлифования получила название «упрочняющее шлифование» (УШ), или «шлифование с одновременным упрочнением обрабатываемой поверхности». В некоторых случаях такая технология называется упрочняюще-шлифовальной обработкой (УШО).

Главной особенностью УШ является не только получение закаленного («белого») слоя, но и возможность управления им для образования его гарантированной глубины и твердости структуры.

Магнитно-абразивная обработка (МАО).

Сущность МАО заключается в том, что обрабатываемая заготовка помещается в рабочую зону, заполненную магнитно-абразивным порошком, находящимся под воздействием магнитного поля. Изменением напряженности магнитного поля регулируется жесткость порошка (магнитно-абразивной массы), который в условиях вращения заготовки и осциллирующего движения полюсов фактически регулирует жесткость связки режущего инструмента. Этот уникальный способ управления жесткостью связки режущего инструмента магнитным полем позволяет управлять силой резания в процессе обработки и коррелировать в широких пределах качество обрабатываемой поверхности.

На рисунке 2.71 обрабатываемая заготовка 2, имеющая форму тела вращения, помещается между полюсными наконечниками электромагнита 1. Между поверхностями обрабатываемой детали и наконеч-

никами создается определенный зазор, в который подается порошок 3, обладающий магнитными и абразивными свойствами. С помощью сил магнитного поля зерна обрабатывающего порошка удерживаются в зазоре и прижимаются к обрабатываемой поверхности заготовки.

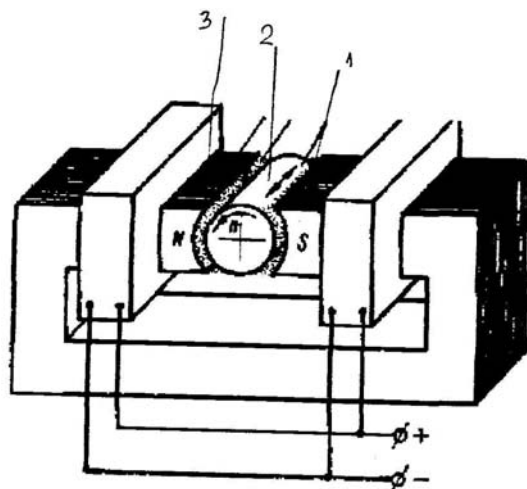


Рис. 2.71. Схема магнитно-абразивной обработки наружных поверхностей вращения:
1 – полюсный наконечник, 2 – обрабатываемая заготовка,
3 – магнитно-абразивный порошок

При магнитно-абразивной обработке магнитное поле, выполняющее роль связующего элемента, создает пористый абразивный инструмент, способный фильтровать вязкие компоненты смазывающе-охлаждающих жидкостей.

Магнитно-абразивный способ обработки применим для деталей любой геометрической формы из магнитных и немагнитных материалов. Регулируя напряженность магнитного поля (или управляя жесткостью связки порошка), можно приближать процесс полирования к обработке связанным или свободным абразивом и, тем самым, использовать связанные с этим преимущества в одном рабочем цикле.

Эластичный слой порошка под действием магнитного поля обладает возможностью компенсации у обрабатываемой поверхности, копируя ее профиль. Это позволяет обрабатывать сложнопрофильные поверхности с использованием прямолинейного движения осцилляции.

Следует отметить, что МАО по своим качественным характеристикам относится к высокопроизводительным методам обработки заготовок и позволяет получать поверхности с высокими эксплуатационными свойствами.

Общие сведения о поверхностно-пластическом деформировании (ППД).

Обработка деталей пластическим деформированием относится к окончательным методам обработки. Существует большое количество способов пластического деформирования поверхностного слоя и устройств для его выполнения. Такая обработка позволяет значительно уменьшить шероховатость предварительно обработанных поверхностей и в ряде случаев успешно заменяет такие способы финишной обработки, как хонингование, притирка и суперфиниширование.

К преимуществам поверхностно-пластического деформирования относятся:

- 1) высокая производительность и экономичность;
- 2) возможность получения малой высоты шероховатости поверхности (R_a до 0,10...0,25 мкм – для стали и цветных металлов и R_a 0,40...0,02 – для чугунов);
- 3) обеспечение высокой точности обработки (5...6-й квалитет);
- 4) сохранение целостности металла на обработанной поверхности;
- 5) отсутствие шаржирования абразивными частицами обработанной поверхности;
- 6) высокая стойкость и сравнительная простота изготовления инструмента;
- 7) стабильность и простота осуществления процесса обработки.

Основным преимуществом способов ППД является одновременное упрочнение поверхностного слоя, что улучшает физико-механические и эксплуатационные свойства обрабатываемой детали. Упрочнение поверхностного слоя методами ППД осуществляется инструментом, деформирующие элементы (ДЭ) которого (шарики, ролики или тела иной конфигурации) взаимодействуют с обрабатываемой поверхностью по схемам качения, скольжения или внедрения.

При ППД по схеме качения ДЭ (как правило, ролик или шарик) прижимается к поверхности детали с фиксированной силой P (рис. 2.72, а) и перемещается относительно заготовки, совершая при этом вращение вокруг своей оси. В зоне локального контакта ДЭ с обрабатываемой поверхностью возникает очаг пластической деформации или очаг деформации (ОД), который перемещается вместе

с инструментом, благодаря чему поверхностный слой последовательно деформируется на глубину h (рис. 2.72, б), равную глубине распространения ОД. Размеры ОД зависят от технологических факторов обработки (силы P , формы и размеров ДЭ, подачи, твёрдости обрабатываемого материала и проч.).

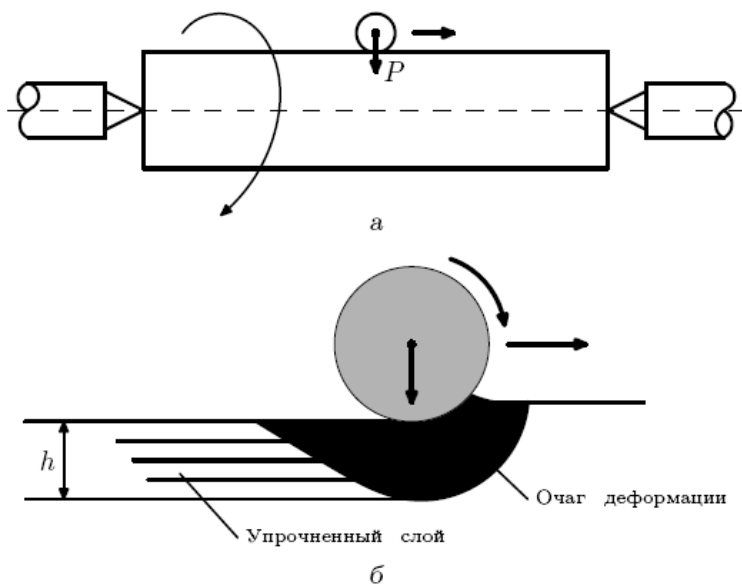


Рис. 2.72. Обработка детали по схеме качения:

а – силовая и кинематическая схемы; б – механизм образования упрочненного слоя

Поверхностное пластическое деформирование при качении инструмента по поверхности деформируемого материала называется накатыванием (ГОСТ 18296–72). Накатывание подразделяется на обкатывание и раскатывание в зависимости от того, какие поверхности обрабатываются: выпуклые (валы, галтели), плоские или вогнутые (отверстия).

Достоинством накатывания является снижение сил трения между инструментом и обрабатываемым материалом.

К методам ППД, в которых ДЭ работают по схеме скольжения, относятся выглаживание и дорнование. Для этих процессов ДЭ должны изготавливаться из материалов, имеющих высокую твёр-

дость (алмаз, твердый сплав и т. п.) и стойкость к адгезионному схватыванию с обрабатываемым материалом.

Алмазное выглаживание (рис. 2.73) применяется для ППД закаленных и маложестких сталей, т. е. при отсутствии возможности применить обработку накатыванием. Недостатком выглаживания является низкая производительность и невысокая стойкость инструмента.

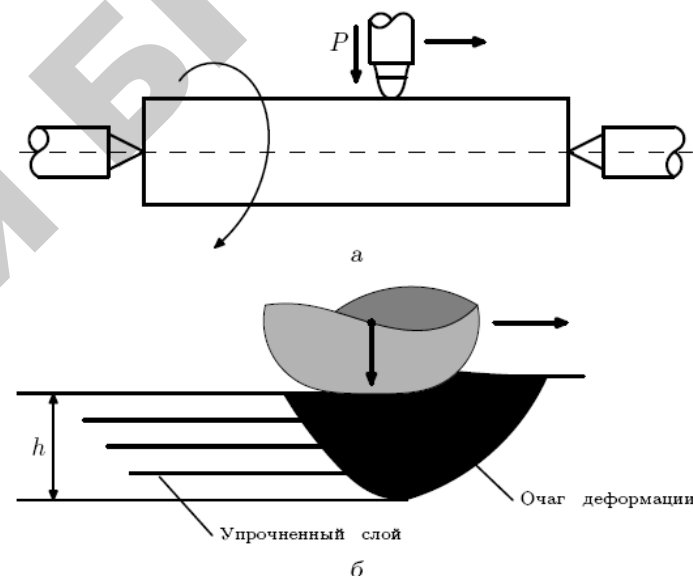


Рис. 2.73. Схема обработки детали методом алмазного выглаживания:

а – силовая и кинематическая схемы; б – механизм образования упрочненного слоя

Дорнование – это деформирующее протягивание, калибрование, которое применяется для обработки отверстий (рис. 2.74). Это высокопроизводительный процесс, сочетающий в себе возможности чистой, упрочняющей, калибрующей и формообразующей обработок. Формообразующая обработка применяется для получения на поверхности детали мелких шлицов и других рифлений. Толщина упрочненного слоя при дорновании регулируется натягом, т. е. разностью диаметров дорна D и отверстия d заготовки.

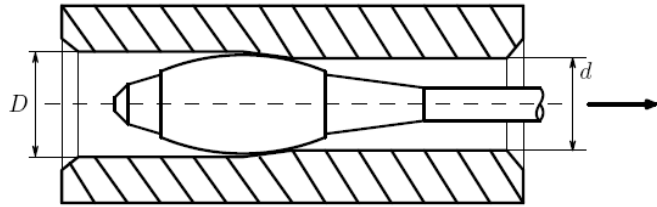


Рис. 2.74. Схема дорнования

Следует отметить, что накатывание, выглаживание и деформирующее протягивание относятся к методам статического поверхностного деформирования. Характерным признаком этих методов является стабильность формы и размеров ОД в стационарной фазе процесса.

Наряду с данными методами, в машиностроении существует большое число методов ППД, основанных на динамическом (ударном) воздействии инструмента на поверхность детали. В этих процессах инструмент внедряется в поверхностный слой детали перпендикулярно профилю поверхности или под некоторым углом к ней. Многочисленные удары, упорядочено (или хаотично) наносимые инструментом по заданной программе, оставляют на детали большое число локальных пластических отпечатков, которые покрывают (с перекрытием или без него) всю поверхность. Размеры очага пластической деформации зависят от материала детали, размеров и формы инструмента и от энергии его удара по поверхности.

К методам ударного ППД относятся чеканка, обработка дробью, а также виброударная, ультразвуковая, центробежно-ударная обработка и др.

Дробеструйная обработка (наклёп) осуществляется за счет кинетической энергии потока чугунной, стальной или другой дроби, который направляется, например, роторным дробемётом.

Рекомендации по методам ППД и выбору режимов упрочнения этими методами можно найти в соответствующей справочной литературе.

Вопросы для самоконтроля

1. Приведите общую характеристику специальных методов обработки.
2. В чем сущность электроискрового метода обработки? Приведите схему указанного метода.
3. В каких случаях используется электроимпульсный метод обработки?

4. В чем заключаются недостатки методов электроискровой обработки и электроимпульсной обработки?
5. В чем сущность процесса электроэрозионного шлифования?
6. В чем заключается смысл электроннолучевой обработки материалов?
7. Какие типы лазеров используются для обработки материалов?
8. В каких случаях используются ультразвуковые методы обработки материалов?

МАТЕРИАЛЫ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Лабораторная работа 1.

Анализ и настройка кинематических цепей токарно-винторезного станка модели 16К20

Цель работы:

1. Изучить назначение и кинематику токарно-винторезного станка модели 16К20.
2. Освоить методику анализа и настройки кинематических цепей металлорежущих станков.

Базовые проблемы:

1. Классификацию металлорежущих станков.
2. Виды передач, их условные обозначения на кинематических схемах и передаточные отношения передач.
3. Назначение и основные узлы токарно-винторезного станка.
4. Общая методика настройки и анализ кинематических цепей металлорежущих станков.
5. Анализ и настройка кинематических цепей токарно-винторезного станка 16К20.

Лабораторно-практическая работа 2.

Анализ и настройка делительных головок при фрезеровании шлицев

Цель работы:

1. Изучить назначение и устройство делительных головок.
2. Освоить методику их настройки на различные способы деления
3. Выполнить задание по настройке.

Базовые проблемы:

1. Классификация, устройство и методика настройки делительных головок, устройство и настройка универсально-фрезерного станка.
2. Настройки делительной головки и универсально-фрезерного станка на нарезание зубчатого колеса, шлицевого вала или иной детали.

Лабораторная работа 3.

**Анализ и настройка кинематических цепей
зубофрезерного станка 5Д32**

Цель работы:

1. Изучить устройство и кинематические цепи зубофрезерного станка, приобрести практические навыки по расчету, настройке и наладке станка для нарезания прямозубых, косозубых цилиндрических и червячных колес.
2. Закрепить теоретические знания материала по теме «Зубообрабатывающие станки и работа на них».
3. Научиться проверять зацепляемость подобранной гитары сменных зубчатых колес.
4. Осуществлять определение относительной погрешности принятого передаточного отношения.
5. Научиться осуществлять обработку зубчатых и червячных колес на зубофрезерном станке методом обкатки.

Базовые проблемы:

1. Физические и технологические основы обработки конструкционных материалов резанием.
2. Устройство и кинематика зубофрезерного станка 5Д32.
3. Назначение и сущность различных методов нарезания зубчатых колес.

Студент должен уметь:

1. Выполнить технологическую наладку зубофрезерного станка.
2. Рассчитать настройку гитар кинематических цепей зубофрезерного станка.
3. Проводить анализ кинематических цепей зубофрезерного станка.
4. Использовать приобретенные знания в производственных условиях.

Лабораторная работа 4.

Заточка металлорежущих инструментов

Цель работы:

1. Изучение износа металлорежущих инструментов, методов заточки инструментов, абразивных материалов и инструментов, используемых при заточке.
2. Освоение методики выбора технологического процесса заточки, заточных станков, абразивного инструмента и режимов заточки металлорежущих инструментов.
3. Получение практических навыков заточки и доводки токарных резцов.

Базовые проблемы:

1. Классификация металлорежущих инструментов, их конструктивные элементы и геометрические параметры.
2. Виды износа металлорежущих инструментов.
3. Методы заточки и доводки металлорежущих инструментов.
4. Средства и методы измерения конструктивных элементов и геометрических параметров металлорежущих инструментов.
5. Методика анализа и настройки кинематических цепей металлорежущих станков.
6. Устройство точильно-шлифовального (ЗБ634) и универсально-шлифовального (ЗЕ642Е) станков.
7. Методика выбора абразивного инструмента и режимов заточки резцов.

Студент должен уметь:

1. Разрабатывать маршрутный технологический процесс заточки и доводки токарных резцов.
2. Настраивать станки ЗБ634 и ЗЕ642Е на заточку токарных резцов.
3. Измерять (контролировать) геометрические параметры и конструктивные элементы токарных резцов.
4. Заточивать токарные резцы.
5. Практически применять полученные знания и навыки в условиях производства.

Материалы к управляемой самостоятельной работе студентов

Оформление технологических документов

В комплект технологической документации входят документы, указанные в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Наименование документов,
входящих в комплект технологической документации

Наименование документа (его сокращенное обозначение)	Документ, определяющий порядок оформления
Титульный лист (ТЛ)	ГОСТ 3.1105–84
Маршрутная карта (МК)	ГОСТ 3.1118–82
Операционная карта механической обработки (ОК)	ГОСТ 3.1404–86
Операционная карта технического контроля (ОКК)	
Карта эскизов (КЭ)	ГОСТ 3.1502–86

Оформление маршрутной карты

Маршрутная карта (МК) является одним из основных документов, в котором описывается весь процесс в технологической последовательности выполнения операций. Формы МК, установленные ГОСТ 3.1118–82, являются унифицированными, и их следует применять независимо от типа производства и степени детализации описания технологического процесса (ТП).

По степени детализации и полноты информации применяют три вида описания ТП, которые предусматривают различные изложения содержания операций и комплектности документации.

При *маршрутном* описании ТП содержание операций излагается только в маршрутной карте без указания переходов (допускается включать режимы обработки, т. е. строку со служебным символом «Р»). Это описание применяется в опытном и мелкосерийном типах производства, которые характеризуются применением, в основном, универсальных средств технологического оснащения и использованием рабочих высокой квалификации, что позволяет пользоваться упрощенной документацией.

При *операционном* описании ТП маршрутная карта содержит только наименование всех операций в технологической последовательности, включая контроль и перемещение, перечень документов, применяемых при выполнении операции, технологическое оборудование и трудозатраты. Для описания операций в этом случае применяют операционные карты. Данные описания применяются в серийном и массовом типах производства.

Маршрутно-операционное описание ТП также характерно для предприятий опытного и мелкосерийного типов производства. При этом предусматривается краткое описание содержания отдельных операций в маршрутной карте (наиболее простых, которые можно кратко описать текстом, без эскизов). Остальные операции оформляются на операционных картах. Для таких операций в МК дается обозначение разработанных на них операционных карт.

Информацию в МК вносят построчно несколькими типами строк. Каждому типу строки присваивается определенный служебный символ, который условно выражает состав информации, размещаемой в графах данного типа строки. Следует отметить, что *постановка служебных символов обязательна*.

Допускается не проставлять служебный символ в последующих строках, содержащих ту же информацию при описании одной и той же операции, на данном листе документа.

Для описания технологических процессов и операций используются следующие служебные символы и соответствующее им содержание информации в строках:

«М 01» – наименование, сортамент, размер, марка материала, ГОСТ (ТУ). Запись выполняют в одну строку с применением разделительного знака дроби (/), например, «Круг 80 –В–h12 ГОСТ 7417–75/45–6–2 ГОСТ 1050–88»;

«М 02» – строка для указания данных по заготовке и детали в соответствии с графами в этой строке;

«Код» – код материала по Технологическому/классификатору деталей машиностроения и приборостроения;

«ЕВ» – код единицы величины (массы, длины, площади и т. п.) детали, заготовки, материала по такому классификатору (далее технологическая классификация Мора). Допускается указывать единицы измерения величины (кг, кв. м);

«МД» – масса детали по рабочему чертежу;

«ЕН» – единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала или времени (1, 10, 100 и т. д.);

«Н. расх.» – норма расхода материала;

«КИМ» – коэффициент использования материала;

«Код заготовки» – код заготовки по Технологическому классификатору. Допускается указывать вид заготовки (отливка, прокат, поковка и т. д.);

«Профиль и размеры» – профиль и размеры исходной заготовки. Информацию по размерам следует указывать, исходя из имеющихся габаритов заготовок, в соответствии с действующими стандартами (диаметр, длина, ширина, высота).

Например, «Ø 22x105» мм. Для отливок и поковок сложной формы графу допускается не заполнять;

«КД» – количество деталей, изготавливаемых из одной заготовки;

«МЗ» – масса заготовки.

Служебный символ «А» присвоен строкам, в графы которых вносится следующая информация:

«Цех», «Уч.», «РМ» – номера цеха, участка и рабочего места, на которых выполняется операция. В учебных проектах эти реквизиты (позиции) допускается не заполнять;

«Опер.» – номер операции в технологической последовательности изготовления детали;

«Код, наименование операции» – код операции по Технологическому классификатору и ее наименование (приложение 8). Между кодом и наименованием операции следует оставлять 3...4 знака. По ГОСТ 3.1129–93 запись кода операции следует выполнять только в случаях, когда информация в документах обрабатывается средствами вычислительной техники;

«Обозначение документа» – графа для ссылок на обозначение ОК, инструкций по охране труда (ИОТ), применяемых при выполнении указанной операции.

Документы указывают через разделительный знак (;).

В строке со служебным символом “Б” последовательно заносится следующая информация:

«Код, наименование оборудования» – код, наименование и инвентарный номер оборудования. По ГОСТ 3.1129–93 запись кода оборудования следует выполнять только для документов, обрабатываемых средствами вычислительной техники. В проекте указываются наименование оборудования (в соответствии с паспортом) и его модель. Допускается применять наименование оборудования в сокращенном виде (например, «Ток. винторез. ст-к 16К20»; «Ток. ст-к») или не указывать наименование оборудования при указании его модели);

«СМ» – степень механизации;

«Проф.» – указывается код профессии;

«Р» – разряд работы, необходимый для выполнения операции;

«УТ» – код условий труда и код вида нормы по классификатору ОКДПТР;

«КР» – количество исполнителей, занятых при выполнении операции;

«КОИД» – количество одновременно изготавливаемых деталей при выполнении одной операции. При перемещении следует указывать объем грузовой единицы (количество деталей, находящийся в таре);

«ОП» – объем производственной партии в штуках. Заполняется для серийного производства. При перемещении указывают объем транспортной партии (количество грузовых единиц, перемещаемых одновременно). В проектах эту позицию (реквизит) допускается не заполнять;

«К_{шт}» – коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании. Значения данного коэффициента, который учитывает оплату рабочего при многостаночном обслуживании, приведены в таблице 2.2;

Таблица 2.2

Значения коэффициента штучного времени

Число обслуживаемых станков	1	2	3	4	5	6	7
К _{шт}	1	0,65	0,48	0,39	0,35	0,32	0,3

«Т_{пз}», «Т_{шт}» – нормы подготовительно-заключительного (для серийного производства) и штучного времени на операцию соответственно.

По ГОСТ 3.1129–93 информацию о трудозатратах (СМ, Проф., Т_{пз}, Т_{шт}) допускается в документы на ТП не вносить (по согласованию с руководителем проекта). Эту информацию на производстве указывают в дополнительно вводимый в комплект документов лист ссылочных данных (МК/ЛСД), поскольку она может изменяться, не меняя при этом сущности процесса.

Оформление операционных карт

Графы «**Наименование операции**», «**ЕВ**», «**МД**», «**Профиль и размеры**», «**МЗ**», «**КОИД**» заполняются так же, как и в маршрутной карте. Остальные графы данной карты содержат следующую информацию:

«**Материал**» – (краткая форма записи) наименование и марка материала. Если в маршрутной карте записан код материала, соответствующий условному обозначению по стандарту (например, “*Круг 80–В–h12 ГОСТ 7417–75/45–3–2 ГОСТ 1050–88*”), то в графе «Материал» комплекта всех технологических документов следует записывать: “Сталь 45–3–2” ГОСТ 3.1129–93.

«**Твердость**» – твердость материала заготовки, поступившей для обработки;

«**Оборудование, устройство ЧПУ**» – модель станка, устройства ЧПУ (для универсальных станков). Для специальных станков также приводится краткое наименование станка;

«**Обозначение программы**». Эта позиция заполняется для станков с ЧПУ в соответствии с требованиями отраслевых НТД. Обозначение рекомендуется составлять из регистрационного номера комплекта документов ТП, номера операции и УЧПУ, для которых составлена управляющая программа (УП). Например, “УП 31708–025/2Р22”;

« **T_0** » – норма основного машинного времени; которое подсчитывается для каждого технологического перехода (в графе указывается суммарное время на операцию);

« **T_v** » – норма вспомогательного времени на операцию, подсчитанное по всем вспомогательным технологическим переходам;

« **$T_{из}$** » и « **$T_{шт}$** » – нормы подготовительно-заключительного времени (для серийного – производственного, а для штучного – единичного);

«**СОЖ**» – данные по применяемой смазочно-охлаждающей жидкости.

Следует отметить, что описание содержания операции, технологической оснастки и режимов выполняется построчно с привязкой строк к соответствующему служебному символу.

В строках со служебным символом “**О**” содержится описание операции или перехода в технологической последовательности. Информация размещается по всей длине строк с возможностью переноса текста на последующие строки. В начале строки указывается номер перехода.

Переходы нумеруются числами натурального ряда с точкой (1, 2, 3 и т. д.).

«**Установы**» – обозначаются прописными буквами русского алфавита (**А**, **Б**, **В** и т. д.). При этом:

1) ключевое слово, характеризующее метод обработки, употребляется в неопределенной форме (точить, сверлить, фрезеровать, нарезать, расточить и т. п.);

2) наименование обрабатываемой поверхности, названия конструктивных элементов или предметов производства применяются следующим образом: цилиндр, канавку, поверхность и т. п.;

3) приводится информация по размерам или их условное обозначение;

4) приводится дополнительная информация (предварительно, одновременно, по контуру и т. п.).

Допускается полная и сокращенная формы записи. Первая применяется при отсутствии графических изображений для промежуточных переходов. При наличии эскизов выполняется сокращенная форма записи со ссылкой на условные обозначения, размеры конструктивных элементов.

Содержание перехода следует всегда записывать в краткой форме и не допускать дублирование содержащейся информации в операции.

В двух последних графах строки “**О**”, на которых заканчивается описание технологического перехода, приводится информация по вспомогательному и основному времени, приходящиеся на переход (**T_v** и **T_0**).

В последующие строки со служебным символом “**Т**” записывается по всей длине строки информация о применяемой технологической оснастке в следующей последовательности: приспособления (**ПР**); вспомогательный инструмент (**ВИ**); режущий инструмент (**РИ**); средства измерения (**СИ**).

Обозначение и наименование оснастки следует указывать в соответствии со стандартами и другими НТД. Для специальной оснастки следует записывать ее обозначение по чертежу и название (например, “приспособление специальное”). Разделение информации выполняют через знак « ; ».

В переходе, где данный инструмент применяется впервые, допускается указывать номера последующих переходов, в которых этот инструмент применяется далее, например, “РИ сверло 20 Р6М5 2301–0069 ГОСТ 10903–77 (пер. 3, 5)”.

Количество одновременно применяемых единиц оснастки следует указывать после ее кода (обозначения), заключая в скобки. Например, “Втулка 6100–0144 (2) ГОСТ 13598–85”.

В целях оптимизации записи текстовой информации рекомендуется применять допускаемые сокращения слов.

В строке *со служебным символом «Р»* записываются расчетные размеры и режимы обработки, вспомогательное и основное время. Так, в соответствии с графами карты:

«**ПИ**» – номер позиции инструментальной наладки станка с ЧПУ;

«**Д**» или «**В**» – наибольший диаметр или ширина обработки (или длина рабочего хода в направлении ширины обработки), принятые в расчетах режимов резания и при нормировании, мм;

«**L**» – расчетная длина рабочего хода (мм) в направлении траектории обработки, (при контурной обработке – длина перемещения инструмента или детали с рабочей подачей).

В графах «**B**» и «**L**» размеры указываются с учетом величины врезания и перебега:

«**t**» – глубина резания, соответствующая данному переходу, или наибольшая глубина резания при контурной обработке, мм;

«**i**» – число рабочих ходов, необходимое для снятия припуска в данном переходе;

«**S**» – подача. В зависимости от вида обработки и типа станка подачу указывают: для токарных, сверлильных, расточных и других работ – в мм/об; при фрезеровании – мм/зуб и мм/мин (запись выполняется в виде дроби в одну строку, например, 0,1/100);

«**n**» – принятая (паспортная) частота вращения шпинделя станка, мин⁻¹;

«**V**» – скорость резания, м/мин (при ее расчете учитывается наибольший диаметр обрабатываемой поверхности или инструмента).

В качестве последнего технологического перехода *в строке «О»* записывают «**Контроль исполнителем**», а также процент контроля, исходя из способа достижения заданных размеров, требуемой точности обработки и размеров обрабатываемых поверхностей.

В двух последних графах этой строки (как и для всех технологических переходов) приводятся данные по $T_{в}$, $T_{о}$ и контролю, кроме случаев, когда контроль производится в течение основного (машинного) времени, т. е. во время работы станка.

Оформление карт эскизов

Если в ОК по форме 2 ГОСТ 3.1404–86 на поле для эскиза не удастся разместить изображение обрабатываемой детали и другую графическую информацию, то на отдельном бланке (форма 7а ГОСТ 3.1105–84) оформляется, в качестве *одного из листов* ОК карта эскизов (КЭ).

Эскизы разрабатываются на ТП, операции или переходы. Эскизы выполняют с соблюдением или без соблюдения масштаба, *но с сохранением пропорций*.

Деталь изображают в ее рабочем положении на операции.

Изображения на эскизе должны иметь:

- 1) размеры обрабатываемых поверхностей с предельными отклонениями (обозначения полей допусков не ставят);
- 2) обозначения шероховатости, баз, опор и зажимов приспособления;
- 3) технические требования, выполняемые на операциях, для которых разработан эскиз.

Допускается упрощенное изображение детали без указания ее отдельных конструктивных элементов, которые не влияют на установку и закрепление детали (фасок, канавок, мелких отверстий и т. п.).

Все размеры или конструктивные элементы обрабатываемых поверхностей детали условно нумеруют арабскими цифрами, которые проставляют в окружностях диаметром 6...8 мм и соединяют их соответственно размерной линией с поверхностью или с ее элементом. *Нумерацию осуществляют по часовой стрелке.*

Номера размеров и других элементов на различных эскизах комплекта документов на ТП не должны повторяться (т. е. нумерация должна быть сквозной). При этом номера одной и той же поверхности или конструктивного элемента на различных операциях могут быть различными.

Обрабатываемые поверхности детали на эскизе следует выделять линиями толщиной 2S.

При многопозиционной обработке (на многошпиндельных автоматах) на свободной части КЭ приводят схему позиционирования (индексации): по кругу изображают окружности с номерами позиций (римскими цифрами) и стрелками показывают направление перемещения детали от одной позиции к другой. Обычно позиция I является загрузочной, схему установки детали на нескольких эскизах операции показывают только для этой позиции.

Технические требования (ГОСТ 2.3166–80), таблицы и графики размещают на свободной части КЭ справа от изображения или под ним.

Оформление операционных карт

Графы «**Наименование операции**», «**ЕВ**», «**МД**», «**Профиль и размеры**», «**МЗ**», «**КОИД**» заполняются так же, как и в маршрутной карте. Остальные графы данной карты содержат следующую информацию:

«**Материал**» – (краткая форма записи) наименование и марка материала. Если в маршрутной карте записан код материала, соответствующий условному обозначению по стандарту (например, “*Круг 80–В–h12 ГОСТ 7417–75/45–3–2 ГОСТ 1050–88*”), то в графе «Материал» комплекта всех технологических документов следует записывать: “Сталь 45–3–2” ГОСТ 3.1129–93.

«**Твердость**» – твердость материала заготовки, поступившей для обработки;

«**Оборудование, устройство ЧПУ**» – модель станка, устройства ЧПУ (для универсальных станков). Для специальных станков также приводится краткое наименование станка;

«**Обозначение программы**». Эта позиция заполняется для станков с ЧПУ в соответствии с требованиями отраслевых НТД. Обозначение рекомендуется составлять из регистрационного номера комплекта документов ТП, номера операции и УЧПУ, для которых составлена управляющая программа (УП). Например, “УП 31708–025/2P22”;

« **T_0** » – норма основного машинного времени; которое подсчитывается для каждого технологического перехода (в графе указывается суммарное время на операцию);

« **$T_в$** » – норма вспомогательного времени на операцию, подсчитанное по всем вспомогательным технологическим переходам;

« **$T_{шт}$** » и « **$T_{шт}$** » – нормы подготовительно-заключительного времени (для серийного – производственного, а для штучного – единичного);

«**СОЖ**» – данные по применяемой смазочно-охлаждающей жидкости.

Следует отметить, что описание содержания операции, технологической оснастки и режимов выполняется построчно с привязкой строк к соответствующему служебному символу.

В строках со служебным символом “**О**” содержится описание операции или перехода в технологической последовательности. Информация размещается по всей длине строк с возможностью переноса

са текста на последующие строки. В начале строки указывается номер перехода.

Переходы нумеруются числами натурального ряда с точкой (1, 2, 3 и т. д.).

«**Установы**» – обозначаются прописными буквами русского алфавита (**А**, **Б**, **В** и т. д.). При этом:

1) ключевое слово, характеризующее метод обработки, употребляется в неопределенной форме (точить, сверлить, фрезеровать, нарезать, расточить и т. п.);

2) наименование обрабатываемой поверхности, названия конструктивных элементов или предметов производства применяются следующим образом: цилиндр, канавку, поверхность и т. п.;

3) приводится информация по размерам или их условное обозначение;

4) приводится дополнительная информация (предварительно, одновременно, по контуру и т. п.).

Допускается полная и сокращенная формы записи. Первая применяется при отсутствии графических изображений для промежуточных переходов. При наличии эскизов выполняется сокращенная форма записи со ссылкой на условные обозначения, размеры конструктивных элементов.

Содержание перехода следует всегда записывать в краткой форме и не допускать дублирование содержащейся информации в операции.

В двух последних графах строки “**О**”, на которых заканчивается описание технологического перехода, приводится информация по вспомогательному и основному времени, приходящиеся на переход (**$T_в$** и **T_0**).

В последующие строки со служебным символом “**Т**” записывается по всей длине строки информация о применяемой технологической оснастке в следующей последовательности: приспособления (**ПР**); вспомогательный инструмент (**ВИ**); режущий инструмент (**РИ**); средства измерения (**СИ**).

Обозначение и наименование оснастки следует указывать в соответствии со стандартами и другими НТД. Для специальной оснастки следует записывать ее обозначение по чертежу и название (например, “приспособление специальное”). Разделение информации выполняют через знак « ; ».

В переходе, где данный инструмент применяется впервые, допускается указывать номера последующих переходов, в которых этот

инструмент применяется далее, например, “РИ сверло 20 Р6М5 2301–0069 ГОСТ 10903–77 (пер. 3, 5)”.

Количество одновременно применяемых единиц оснастки следует указывать после ее кода (обозначения), заключая в скобки. Например, “Втулка 6100–0144 (2) ГОСТ 13598–85”.

В целях оптимизации записи текстовой информации рекомендуется применять допускаемые сокращения слов.

В строке *со служебным символом «Р»* записываются расчетные размеры и режимы обработки, вспомогательное и основное время. Так, в соответствии с графами карты:

«**ПИ**» – номер позиции инструментальной наладки станка с ЧПУ;

«**Д**» или «**В**» – наибольший диаметр или ширина обработки (или длина рабочего хода в направлении ширины обработки), принятые в расчетах режимов резания и при нормировании, мм;

«**L**» – расчетная длина рабочего хода (мм) в направлении траектории обработки, (при контурной обработке – длина перемещения инструмента или детали с рабочей подачей).

В графах «**B**» и «**L**» размеры указываются с учетом величины врезания и перебега:

«**h**» – глубина резания, соответствующая данному переходу, или наибольшая глубина резания при контурной обработке, мм;

«**i**» – число рабочих ходов, необходимое для снятия припуска в данном переходе;

«**S**» – подача. В зависимости от вида обработки и типа станка подачу указывают: для токарных, сверлильных, расточных и других работ – в мм/об; при фрезеровании – мм/зуб и мм/мин (запись выполняется в виде дроби в одну строку, например, 0,1/100);

«**n**» – принятая (паспортная) частота вращения шпинделя станка, мин⁻¹;

«**V**» – скорость резания, м/мин (при ее расчете учитывается наибольший диаметр обрабатываемой поверхности или инструмента).

В качестве последнего технологического перехода в строке “**O**” записывают «**Контроль исполнителем**», а также процент контроля, исходя из способа достижения заданных размеров, требуемой точности обработки и размеров обрабатываемых поверхностей.

В двух последних графах этой строки (как и для всех технологических переходов) приводятся данные по T_b , T_o и контролю, кроме случаев, когда контроль производится в течение основного (машинного) времени, т. е. во время работы станка.

Оформление карт эскизов

Если в ОК по форме 2 ГОСТ 3.1404–86 на поле для эскиза не удастся разместить изображение обрабатываемой детали и другую графическую информацию, то на отдельном бланке (форма 7а ГОСТ 3.1105–84) оформляется, в качестве *одного из листов* ОК карта эскизов (КЭ).

Эскизы разрабатываются на ТП, операции или переходы. Эскизы выполняют с соблюдением или без соблюдения масштаба, *но с сохранением пропорций*.

Деталь изображают в ее рабочем положении на операции.

Изображения на эскизе должны иметь:

- 1) размеры обрабатываемых поверхностей с предельными отклонениями (обозначения полей допусков не ставят);
- 2) обозначения шероховатости, баз, опор и зажимов приспособления;
- 3) технические требования, выполняемые на операциях, для которых разработан эскиз.

Допускается упрощенное изображение детали без указания ее отдельных конструктивных элементов, которые не влияют на установку и закрепление детали (фасок, канавок, мелких отверстий и т. п.).

Все размеры или конструктивные элементы обрабатываемых поверхностей детали условно нумеруют арабскими цифрами, которые проставляют в окружностях диаметром 6...8 мм и соединяют их соответственно размерной линией с поверхностью или с ее элементом. *Нумерацию осуществляют по часовой стрелке.*

Номера размеров и других элементов на различных эскизах комплекта документов на ТП не должны повторяться (т. е. нумерация должна быть сквозной). При этом номера одной и той же поверхности или конструктивного элемента на различных операциях могут быть различными.

Обрабатываемые поверхности детали на эскизе следует выделять линиями толщиной 2S.

При многопозиционной обработке (на многошпиндельных автоматах) на свободной части КЭ приводят схему позиционирования (индексации): по кругу изображают окружности с номерами позиций (римскими цифрами) и стрелками показывают направление перемещения детали от одной позиции к другой. Обычно позиция I является загрузочной, схему установки детали на нескольких эскизах операции показывают только для этой позиции.

Технические требования (ГОСТ 2.3166–80), таблицы и графики размещают на свободной части КЭ справа от изображения или под ним.

Примеры разноуровневых заданий для контроля результатов изучения модуля

1-й уровень

1. Скорость резания обозначается буквой:

- 1) n ;
- 2) P ;
- 3) S ;
- 4) N ;
- 5) V .

2. Допишите в приведенную фразу недостающее слово, определение, термин.

... резцами обтачивают наружные цилиндрические поверхности.

3. Допишите в приведенную фразу недостающее слово, определение, термин.

Многозубый инструмент, представляющий собой тело вращения, на образующей поверхности или торце которого выполнены режущие зубья, называется...

2-й уровень

1. Отрезной резец необходимо устанавливать так, чтобы его вершина была:

- 1) выше линии центров;
- 2) ниже линии центров;
- 3) на высоте линии центров.

2. Обведите кружком номер правильного ответа:

Для нарезания наружной треугольной резьбы применяют:

- 1) резьбовые резцы;
- 2) метчики;
- 3) призматические резьбовые резцы;
- 4) плашки.

3. Виды фрез по способу закрепления бывают:

- 1) концевые;
- 2) насадные;
- 3) с механическим креплением;
- 4) торцевые.

3-й уровень

1. Установите соответствие между токарной операцией и инструментом, используемым в ней:

Токарные операции	Инструменты
1. Обработка торцевых плоскостей	<input type="checkbox"/> Проходные резцы, отогнутые, подрезанные резцы
2. Отрезание	<input type="checkbox"/> Расточные резцы для сквозного и глухого точения
3. Растачивание отверстий	<input type="checkbox"/> Отрезные резцы
4. Обработка цилиндрических поверхностей	<input type="checkbox"/> Проходные, подрезные, отогнутые резцы

2. Установите правильную последовательность выполнения операций при обработке отверстия:

- Развертывание, сверление, зенкерование.
- Зенкерование, сверление, развертывание.
- Сверление, развертывание, зенкерование.
- Зенкерование, развертывание, сверление.
- Сверление, зенкерование, развертывание.

3. Установите правильную последовательность назначения элементов режима резания при строгании:

- Определяют глубину резания в зависимости от припуска на обработку.
- Проверяют достаточность мощности электродвигателя станка.
- По найденной скорости резания определяют число двойных ходов в минуту.
- Выбирают максимальную технологически допустимую подачу.
- По установленной глубине резания, подаче и стойкости резца определяют скорость резания, допускаемую его режущими свойствами.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ТЕКСТ

Методические рекомендации для студентов заочной формы обучения

Основные механизмы металлорежущих станков

Рассмотрение вопросов кинематики металлорежущих станков следует начинать с изучения классификации станков, разработанной Экспериментальным научно-исследовательским институтом металлорежущих станков СССР. При этом следует выяснить, что обозначают цифры и буквы, входящие в обозначение модели станка (например, 1К62, 2135, 7М36 и т. д.). Необходимо рассмотреть вопросы, связанными с кинематическими схемами, обратив внимание на условные обозначения, принятые при их вычерчивании.

Следует уяснить понятия: передаточное отношение, передача. Необходимо изучить основные передачи, применяемые в станках (ременная, цепная, зубчатая, реечное зацепление, червячная, винт – гайка) и их передаточные отношения. Необходимо также знать, что такое кинематическая цепь и чему равно ее передаточное отношение, по какому закону строятся ряды чисел оборотов шпинделя и подач; уравнение кинематического баланса и его назначение.

Изучение узлов и механизмов станков следует начинать с привода, а затем изучать коробки скоростей и подач.

При изучении механизмов станков необходимо обратить внимание на назначение и устройство следующих механизмов: для преобразования движения, получения возвратно-поступательного движения, реверсивных, бесступенчатого регулирования скоростей, тормозных, блокировки, управления. Следует изучить устройство и работу гидропривода, который все больше применяется в конструкции станков (поперечно-строгальных, шлифовальных и др.).

Установка станков на фундаменты монтажа, смазка станков, а также технический уход за ними производятся в соответствии с руководством. Следует ознакомиться с руководством к токарному станку, знать, как и для чего проводится проверка токарного станка на точность. Необходимо изучить систему планово-предупредительных ремонтов (ППР) металлорежущих станков и знать технику безопасности при работе на них.

Основы технологии машиностроения

Изучать раздел рекомендуется в следующей последовательности.

1. Усвоить основные понятия: процесс (производственный и технологический), операция, переход, проход, установ.

2. Ознакомиться, как производится выбор заготовок с учетом припуска на обработку (знать, как определяются припуски).

3. Для правильной установки заготовки на станке необходимо иметь понятие о базах и их выборе, уметь оценить точность (экономическую и достижимую) обработки заготовки на станке.

4. Изучить вопрос о проектировании технологического процесса механической обработки в следующем порядке: исходные данные для проектирования; технологическая документация по ЕСТД; построение плана операций; оценка экономичности технологического процесса.

Точение, строгание и долбление (станки, режущий инструмент, режимы обработки)

Сила и скорость резания при точении. Назначение режимов резания при точении.

Конструктивные элементы и углы режущей части токарного резца следует изучать, используя натурный резец. Это требование относится к изучению и других металлорежущих инструментов.

Необходимо знать назначение и типы резцов, выбор марок, формы и размеров пластинок твердого сплава, назначение и конструкцию стружкозавивателей и стружколомов, алмазных и эльборовых резцов, разновидности резцов (фасонные, призматические, дисковые, тангенциальные, с механическим креплением твердосплавных пластин).

При изучении силы резания и ее составляющих при точении следует нарисовать на схеме точения разложение силы P на P_z , P_x , P_y , понять, какие факторы и как влияют на эти силы, а также, то, как можно рассчитать силу P_z для конкретных условий обработки (обрабатываемый материал, глубина резания, подача). Необходимо знать расчет мощности и крутящего момента резания при точении.

Важнейшим элементом режима резания при точении является скорость резания. Необходимо уметь рассчитывать скорость резания для конкретных условий обработки (известны обрабатываемый материал, применение СОТС, глубина резания, подача, стойкость инструмента). Знать, факторы, которые влияют (и как влияют) на скорость резания.

Следует изучить методику назначения режима резания при точении (глубину резания, подачи) и правильно определять скорость резания, частоту вращения заготовки.

Необходимо уметь рассчитывать основное (машинное) время, а также определять штучное время и его составляющие.

Следует четко представлять пути повышения производительности при точении, иметь понятие об обрабатываемости материалов и о критериях ее оценки.

Изучение станков токарной группы и работы на них следует начинать с рассмотрения устройства какой-нибудь модели современного токарного станка (например, 16К20).

Особое внимание необходимо обратить на определение частоты вращения шпинделя для различных видов токарных работ, а также на определение продольных и поперечных подач.

После этого следует перейти к рассмотрению работ, выполняемых на однорезцовых токарных станках, применяемых резцах и приспособлениях, а также схем устройства многорезцовых токарных, карусельных и револьверных станков.

Далее можно перейти к изучению схем устройства и принципов работы токарных автоматов и полуавтоматов, устройств для автоматизации работы токарных станков.

На любом предприятии обычно имеются механические цехи или мастерские, в которых в той или иной мере представлены металлорежущие станки, в том числе и токарные. При изучении настоящего раздела желательно использовать эти металлорежущие станки для углубленного изучения их устройства и принципа действия, а также (если это возможно) для упражнений по изготовлению простейших деталей.

Изучение строгальных и долбежных станков и работы на них следует начинать с рассмотрения схем резания, направления главного движения и движения подачи при работе на этих станках, а также элементов режима резания, характеризующих строгание и долбление. Надо уметь определять основное (машинное) время и скорость резания, уяснить особенности конструкции резцов (их углы) для этих видов обработки, знать материалы из которых изготавливают резцы, изучить конструкцию и работу долбежных поперечно- и продольно-строгальных станков, их кинематические схемы, операции, выполняемые на этих станках, и применяемые приспособления.

Необходимо знать то, какая точность и шероховатость поверхности получаются при строгании и долблении.

Фрезерование и протягивание (станки, режущий инструмент, режимы обработки)

Необходимо уяснить сущность процесса фрезерования и его виды (встречное и попутное или по подаче и против подачи), их достоинства и недостатки, элементы режима резания и их размерности.

Следует ознакомиться с типами фрез, с особенностями фрезерования фрезами различных типов (в частности, цилиндрическими и торцовыми фрезами). Далее надо изучить устройство горизонтально- и вертикально-фрезерного станков, механизмы привода главного движения и движения подачи.

Необходимо ознакомиться с основными видами фрезерных работ, применяемыми приспособлениями, с настройкой делительных головок для простого, дифференциального деления и фрезерования винтовых канавок.

Следует представлять, как производится фрезерование плоскостей, пазов, фасонных поверхностей, разрезка заготовок; какую точность и шероховатость поверхности можно получить при фрезеровании.

Необходимо изучить схемы фрезерования (движение инструмента и заготовки), элементы режима резания, область применения, разновидности фрезерования (в частности, торцовое фрезерование, схему обработки и элементы режима резания).

Далее следует изучить типы фрез, конструктивные элементы остроконечных фрез, геометрию зуба фрезы, зуба пилы по металлу и конструктивные особенности пил; затылованные и фасонные фрезы, заточку фрез, их износ и критерии затупления.

Затем необходимо изучить процесс резания при фрезеровании (силу резания, крутящий момент, мощность, скорость резания, их расчет, факторы, влияющие на скорость резания), методику назначения режима резания при фрезеровании, а также вопросы, связанные с точностью и шероховатостью обработанной поверхности.

Изучение протяжных станков и работы на них следует начинать с рассмотрения схем резания, направления главного движения и движения подачи при работе на этих станках, а также элементов режима резания, характеризующих протягивание.

Необходимо уметь определять основное (машинное) время и скорость резания, знать особенности конструкции и углы протяжек, материалы из которых они изготавливаются, изучить конструкцию и работу протяжных станков, их кинематические схемы, операции, выполняемые на этих станках, и применяемые приспособления.

Следует знать, какая точность и шероховатость поверхности получаются при протягивании.

Необходимо изучить схемы протягивания, знать отличие протяжки от прошивки, конструкцию и геометрию режущей части протяжек, элементы режима резания.

Сверление и растачивание отверстий (станки, режущий инструмент, режимы обработки)

Следует изучить элементы режима резания и особенности процесса обработки отверстий различными инструментами. Необходимо знать направление главного движения и движения подачи, а также уметь определить силу резания, его скорость и подачу при сверлении.

Надо знать составные части сверла, их режущие кромки и углы, материал из которого сверла изготавливают. В таком же порядке следует изучать зенкеры и развертки.

После ознакомления с классификацией сверлильных станков необходимо изучить устройство вертикально-сверлильного станков, обратив внимание на механизмы привода главного движения и движения подачи, ознакомиться с основными видами сверлильных работ, с применяемыми при этом приспособлениями. Следует изучить устройство и работу радиально-сверлильных станков, область их применения.

Необходимо знать, какую точность и шероховатость поверхности можно получить при сверлении, зенкерование и развертывании.

Изучение необходимо начинать со схемы сверления (движения инструмента и заготовки) и элементов режима резания (скорости, подачи, глубины резания).

Далее следует изучить назначение и типы сверл, их конструктивные элементы, геометрию режущей части спирального сверла (на натуральном сверле большего диаметра), изменение углов сверла в процессе резания, мероприятия по повышению эксплуатационных свойств спиральных сверл (двойная заточка, подточка перемычки, подточка ленточки и др.). Необходимо изучить сверла с пластинками твердого сплава, их износ, критерии затупления, заточку сверл. При этом надо знать то, какая получается точность и шероховатость обработанной поверхности после сверления.

В таком же примерно порядке, используя натурные инструменты, следует изучать зенкеры и развертки.

Затем изучаются вопросы, относящиеся к процессу резания при сверлении (силы, крутящий момент, мощность при сверлении, их расчет, измерение осевой силы и крутящего момента при сверлении, скорость резания и стойкость сверла, влияние различных параметров на скорость резания, расчет скорости резания, основного (машинного) времени, методика расчета (назначения) режима резания).

В таком же порядке следует изучать зенкерование и развертывание.

После изучения материала необходимо выполнить операцию сверления заготовки на вертикально-сверлильном станке с последующей ее обработкой зенкером и разверткой. Для этого задаются условия обработки и рассчитываются элементы режима резания (осевую силу, крутящий момент, мощность, основное (машинное) время). На станке устанавливается полученный режим резания, просверливается отверстие, оценивается точность, шероховатость обработанной поверхности.

Зубо- и резбонарезание (станки, режущий инструмент и режимы обработки)

Приступая к изучению методов нарезания зубьев колес (зубонарезания), прежде всего, следует уяснить основные методы изготовления цилиндрических зубчатых колес (копирования и огибания (обкатки), их достоинства и недостатки). Далее следует изучить устройство и работу зубофрезерных станков, обратив внимание на виды рабочих движений, а также на кинематические цепи главного движения, цепи деления и цепи вертикальных подач.

После этого можно перейти к рассмотрению обработки зубчатых колес долблением и строганием, предварительно уяснив схемы этих процессов. При этом надо иметь общие понятия об отделке зубьев шевингованием, шлифованием, притиркой и доводкой.

Затем следует изучить методы копирования и обкатки для нарезания цилиндрических зубчатых колес (движения инструмента и заготовки), конструкцию и геометрию применяемого инструмента (модульные, дисковые, пальцевые, червячные фрезы, долбяки).

Следует ознакомиться с нарезанием конических колес с прямыми и спиральными зубьями, с конструкцией и геометрией применяемого при этом инструмента.

Необходимо также уметь определять основное (машинное) время при зубонарезании долбяком и червячной фрезой, знать методы за-

точки зубонарезного инструмента, иметь понятие о резцовых головках для нарезания конических колес с криволинейными зубьями.

Далее следует изучить методы отделки зубьев шестерен шлифованием, притиркой, шевингованием, обкаткой, а также методику нарезания.

Изучение зубонарезания заканчивается выполнением операции нарезания цилиндрического зубчатого колеса на горизонтально-фрезерном станке с применением универсальной делительной головки. При этом сначала следует изучить методы и схемы резбонарезания, элементы режима резания (скорость резания, подача, толщина, ширина и сечение срезаемого слоя). Затем необходимо изучить конструкцию и геометрию режущей части резбонарезных инструментов, резбовых резцов, машинных и слесарных метчиков, плашек (круглых, раздвижных, для резбонарезных головок), разновидности резбонарезных головок, конструкцию радиальных головок, с круглыми гребенками, тангенциальных с плоскими гребенками, а также резбонарезных фрез. Необходимо знать, как изнашиваются метчики и плашки, критерии износа и как производится заточка этих инструментов. Далее следует изучить процесс резбонарезания, скорость резания, ее расчет и связь со стойкостью инструмента, расчет мощности резбонарезания, методику расчета режима резания и основного (машинного) времени. При этом знать получаемую шероховатость обработанной поверхности. Затем следует выполнить операцию нарезания резьбы на токарно-винторезном станке с применением резбового резца.

Шлифование и отделка поверхностей (станки, режущий инструмент и режимы обработки)

Для лучшего усвоения видов шлифования целесообразно изобразить схемы круглого шлифования (наружного, внутреннего и бесцентрового), а также плоского шлифования (периферией и торцом круга). На схемах можно показать направление вращения шлифовального круга (главное движение) и направление движения шлифуемого изделия, (движением подачи).

Инструментом для шлифования служат шлифовальные круги. Следует изучить их классификацию по форме и размерам, а также видам абразивного материала, величине зерна, видам связки, твердости и структуре. Необходимо уяснить, по каким признакам следует

выбирать круг по зернистости и твердости связки, как определить режимы работы (подачу и глубину шлифования, скорость резания и окружную скорость изделия). Нужно иметь понятие об износе и правке шлифовальных кругов, точности обработки и шероховатости поверхности при шлифовании. Уметь по приведенным формулам определять силу резания и мощность, расходуемые на обработку деталей шлифовальным кругом и на ее вращение.

Особое внимание следует уделить алмазному инструменту, инструменту из эльбора и их основным преимуществам перед шлифовальными кругами.

Необходимо изучить основные типы шлифовальных станков и их назначение, способы закрепления шлифовального круга на шпинделе, механизмы продольных и поперечных подач, обратив особое устройство и работу кругло- и плоскошлифовальных станков.

В заключение следует ознакомиться с основными видами шлифовальных работ и применяемыми при этом инструментами и приспособлениями, при этом необходимо иметь понятие об отделочных работах (притирке, хонинговании, суперфинишировании, полировании), уяснить их назначение, изучить схемы обработки, применяемые материалы, инструменты и оборудование.

Шлифование и доводка определяет качество поверхности изделия и является методом окончательной обработки, во многом определяющие качество поверхности деталей.

Рекомендуется следующий порядок изучения:

1. Физическая сущность процесса шлифования, основные виды шлифования, элементы режима резания.
2. Расчет силы, мощности, основного (машинного) времени при шлифовании. Шлифовальные круги, их маркировка, проверка кругов на прочность, балансировка круга. Выбор кругов, износ и затупление кругов, их правка.
3. Алмазные и эльборовые круги для заточки, шлифования и их маркировка.

При этом необходимо знать технику безопасности при работе с кругами.

После изучения вопросов шлифования деталей следует перейти к изучению методов доводки поверхностей. Необходимо знать схемы обработки, инструмент, приспособления, оборудование, режимы, припуски, а также точность обработки и шероховатость поверхности,

получаемые методами: хонингования, суперфиниширования, притирки, полировки, гидроабразивной обработки.

Специальные методы обработки материалов

Электроискровая, электроимпульсная, электроконтактнодуговая и анодно-механическая обработки металлов относятся к тем видам электрофизической размерной обработки, которые основаны на явлении местного разрушения металла под действием электрической энергии, вводимой непосредственно в зону обработки, где этот вид энергии преобразуется в другой вид энергии (тепловую, механическую и т. д.).

Электроискровая и электроимпульсная размерные обработки основаны на применении кратковременных искровых и искродуговых разрядов. Необходимо разобраться в схемах этих видов обработки, выяснить, каким образом и при каких условиях образуется искровой или искродуговой разряд, как и благодаря чему производится удаление частиц металла с поверхности электродов. Следует установить, в чем отличие между этими видами обработки, разобрать их достоинства и недостатки, а также изучить применяемое оборудование. Необходимо представлять технологическое назначение этих видов обработки, качество обрабатываемых при этом поверхностей, области и экономическую целесообразность их применения. Следует отметить, что в современном машиностроении и металлообработке все шире используются новые материалы, обработка которых обычными методами резания затруднена либо невозможна. В этой связи электроискровая, электроимпульсная и другие виды электрофизической размерной обработки являются единственными способами получения изделий заданных размеров и форм.

Необходимо также рассмотреть особенности механической размерной обработки металлов с использованием ультразвуковых колебаний. Эта обработка осуществляется за счет ударов с большей скоростью и частотой частиц абразива о поверхность обрабатываемой заготовки.

Электрохимические способы обработки основаны на анодном растворении определенного участка обрабатываемого металла в среде электролита.

Следует изучить схему электрохимической размерной обработки, электрохимической очистки поверхности металлов от окислов, элек-

трохимического полирования, а также химико-механической доводки и шлифования сплавов, обычная механическая обработка которых затруднена. При этом следует обратить внимание на состав электролитов, их температуру и электрические режимы обработки.

В настоящее время в машиностроении и металлообработке широко применяются электрогидравлическая, магнитно-, а также электроабразивная и электроалмазная обработки. Следует изучить их физическую сущность.

Для инженера, работающего в области восстановления изношенных деталей, эти знания очень важны, так как данные методы обработки, отличаясь простотой и низкой стоимостью приспособлений, позволяют получить значительный эффект и повысить качество восстанавливаемых деталей. В частности, износостойкость и усталостная прочность повышается почти в 2 раза. Значительно уменьшается шероховатость поверхности. Все это требует ускорения внедрения в производство данных методов восстановления деталей.

При этом сначала необходимо изучить сущность обработки деталей методами механического деформирования, изменение свойств поверхностного слоя деталей, а затем – методы обработки: накатывание и раскатывание цилиндрических поверхностей роликами и шариками, дорнование отверстий, накатывание резьбы, шлицев и зубчатых колес, дробеструйная обработка, выглаживание (схемы, приспособления, режимы).

В настоящее время в ремонтных хозяйствах и сельскохозяйственных предприятиях все шире применяется нанесение слоев на изношенные поверхности деталей, что обеспечивает их высокое качество. Эти слои обычным резанием не обрабатываются и их обработка затруднена. Поэтому необходимо ускорить внедрение в производство физико-химических методов обработки, позволяющих восстанавливать детали с достаточно высокой производительностью и качеством (практически независимым от физико-механических свойств нанесенных слоев).

Кроме того, следует изучить обработку: электрохимическую, электроискровую, электроимпульсную, анодно-механическую, электроабразивную (схемы обработки, режимы, область применения).

Необходимо также иметь понятие об ультразвуковой и магнитноабразивной обработке, а также об обработке электронным лучом и лазером.

Контрольные вопросы и задания для самостоятельного изучения

Тестовые материалы составлены в соответствии с программой курса «Обработка материалов резанием» и предназначены для проверки подготовленности студентов дневной и заочной форм обучения.

Тесты также могут быть использованы студентами для самопроверки знаний, как в процессе изучения данного курса, так и на заключительном этапе обучения.

Общие сведения о конструкции токарных резцов, их классификация, геометрические элементы

Допишите в выделенную фразу недостающее слово, определение, термин:

1. Резцы, изготовленные из одного инструментального материала, называют...
2. Резцы, предназначенные для обработки торцов заготовок, называют...

Обведите кружком номер правильного ответа:

3. Поверхность резца, обращенная к обрабатываемой заготовке, является
 - 1) передней;
 - 2) задней;
 - 3) боковой;
 - 4) вспомогательной;
 - 5) вершиной резца.
4. По способу крепления режущей части резцы подразделяются на...
 - 1) подрезные;
 - 2) цельные;
 - 3) отрезные;
 - 4) сварные;
 - 5) с механическим креплением;
 - 6) цельнопаяные.

5. Установить соответствие между понятием основных типов токарных резцов и его определением:

Понятия	Определения
1. Цельные резцы	<input type="checkbox"/> Резцы, служащие для предварительной обработки
2. Черновые резцы	<input type="checkbox"/> Резцы, у которых ось в плане изогнута вправо или влево
3. Подрезные резцы	<input type="checkbox"/> Резцы, изготовленные из одного инструментального материала
4. Вогнутые резцы	<input type="checkbox"/> Резцы, которые работают при подаче справа налево
5. Правые резцы	<input type="checkbox"/> Резцы, предназначенные для подрезания торцов

6. Установите правильную последовательность заточки резцов:
 - главная задняя поверхность;
 - вспомогательная задняя поверхность;
 - передняя поверхность;
 - радиус закругления.

Обведите кружком номер правильного ответа:

7. Правильному положению вершины резца относительно линии центров станка соответствует позиция на рисунке 2.75.

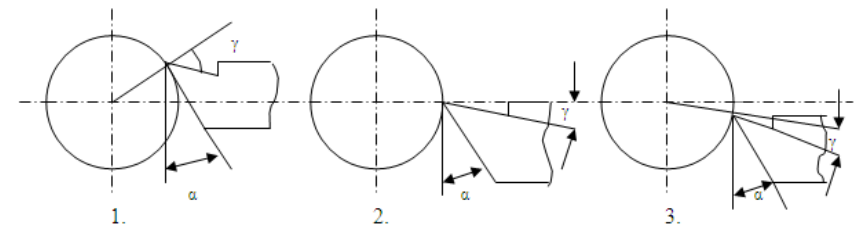
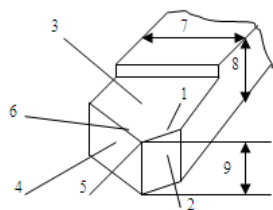


Рис. 2.75

8. Установите соответствие номера геометрических элементов проходного резца их названию (рис. 2.76):



- [а] – главная режущая кромка
- [б] – вспомогательная режущая кромка
- [в] – ширина державки
- [г] – высота державки
- [д] – высота головки
- [е] – передняя поверхность
- [ж] – вершина
- [з] – главная задняя поверхность
- [и] – вспомогательная задняя

поверхность

Ответ:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]

Рис. 2.76

Инструментальные материалы, требования к ним и область применения

Допишите в выделенную фразу недостающее слово (определение, термин):

1. Стали, имеющие различные химические компоненты, обеспечивающие требуемые режущие свойства, называются...

Обведите кружком номер правильного ответа:

2. Процентное содержание углерода в инструментальных углеродистых сталях составляет:

- 1) 0,25–0,30;
- 2) 0,7–1,2;
- 3) 0,6–1,4;
- 4) 0,65–0,70;
- 5) 0,70–0,75.

3. Быстрорежущая сталь Р 12 относится к группе:

- 1) вольфрамовые стали;
- 2) кобальтовые стали;
- 3) титано-кобальтовые стали;
- 4) вольфрамо-кобальтовые стали;
- 5) безвольфрамовые стали.

4. Установите соответствие, руководствуясь характеристикой стали и ее областью применения, найдите каждой марки стали соответствующее место в таблице:

Марка стали	Характеристика и область применения стали
1. P18Ф2	[] Хорошо шлифуется, теплостойкость равна 6К20 °С. Используется для изготовления инструментов. Для применения отделочных работ и в резбонарезных инструментах.
2. P6М3	[] Обладает повышенной производительностью, красностойкостью и горячей твердостью. Применяется для изготовления резцов и фрез, предназначенных для обработки жаропрочных и труднообрабатываемых материалов.
3. P18	[] Обладает повышенной прочностью и теплостойкостью до 630°С, плохой ковкостью. Используют для изготовления сверла для труднообрабатываемых материалов. Резцы из этой стали обладают повышенной износостойкостью.
4. P9К10	[] Из-за прочности поверхности куется лучше, чем вольфрамовая. Применяется для изготовления инструментов, работающих при небольших скоростях резания, и срезанием слоя большого сечения.

Ответ: 1)– 2)– 3)– 4)–

5. Установить соответствие марок инструментальных сталей их названию и химическому составу:

P6М3 – 1; ХВ5 – 2; У12 – 3; 9ХС – 4; P9К10–5.

[] – быстрорежущая сталь, содержащая 6 % вольфрама, 3 % молибдена

[] – углеродистая сталь, содержащая 1,2 % углерода

[] – легированная сталь, содержащая 1 % хрома, 5 % вольфрама

[] – быстрорежущая сталь, содержащая 9 % вольфрама, 10 % кобальта

[] – легированная сталь, содержащая 0,9 % углерода, 1 % хрома

6. Определите температурную стойкость инструментальных материалов, запишите и заполните выбранные места соответствующими буквами (символами):

Инструментальные материалы	Температурная стойкость
1. Углеродистые стали []	[а] 1450 °С
2. Легированные стали []	[б] 1200 °С
3. Быстрорежущие стали []	[в] 700 °С...1000 °С
4. Твердые сплав []	[г] 450 °С...700 °С
5. Минералокерамические материалы []	[д] 250 °С...300 °С
6. Поликристаллические материалы []	[е] 200 °С...250 °С

Устройство ТВС. Управление станком

Допишите в выделенную фразу недостающее слово, определение, термин:

1. Станок, служащий для токарной обработки материалов и нарезания резьбы, называется...

2. Механизм, служащий для преобразования вращательного движения ходового вала и винта в прямолинейное движение суппорта, называется...

Обведите кружком номер правильного ответа:

3. Механизм, передающий движение от шпинделя к ходовому валу и винту, и служащие для изменения числа их оборотов, называется:

- 1) передней бабкой;
- 2) задней бабкой;
- 3) коробкой подач;
- 4) суппортом;
- 5) фартуком.

4. Поперечное смещение корпуса задней бабки служит для:

- 1) обтачивания в центрах;
- 2) точения конусов;
- 3) точения фасонных поверхностей;
- 4) нарезания резьбы;
- 5) отрезания и подрезания торцов.

5. Установите соответствие между понятием и определением содержания понятия:

Понятие	Определение содержания понятия
1. Передняя бабка	[] Механизм станка, предназначенный для передачи движения ходовому валу или винту, а также для изменения числа их вращений
2. Суппорт	[] Механизм, который служит для преобразования вращательного движения ходового вала или винта в прямолинейное движение суппорта
3. Коробка подач	[] Механизм, предназначенный для перемещения резца в продольном и поперечном направлениях
4. Фартук	[] Механизм станка, который служит для закрепления обрабатываемой детали и сообщения ей вращательного движения
5. Задняя бабка	[] Часть станка, которая служит для монтажа на ней основных узлов, изготавливаемая из чугуна и состоящая из двух продольных стенок, соединенных поперечными ребрами
6. Станина	[] Механизм станка, который служит для поддержания свободного конца обрабатываемой заготовки, закрепления сверл, зенкеров и т.д.

6. Установите последовательность передачи движения по цепи подач в ТВС:

1. шпиндель [];
2. коробка подач [];
3. гитарный механизм [];
4. механизм фартука [];
5. ходовой вал [];
6. реверсивный механизм передней бабки [].

7. Установите соответствие узлов и деталей станка 1А62 (рис. 2.77) названию:

- [] – ходовой вал;
- [] – суппорт;
- [] – задняя бабка;
- [] – ходовой винт;
- [] – резцедержатель;
- [] – станина;

- [] – патрон;
- [] – передняя бабка с коробкой скоростей;
- [] – коробка подач;
- [] – фартук.

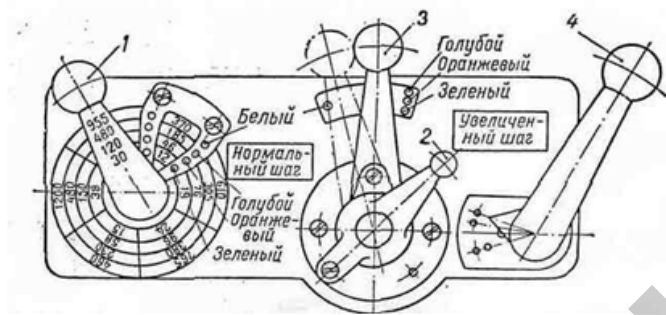
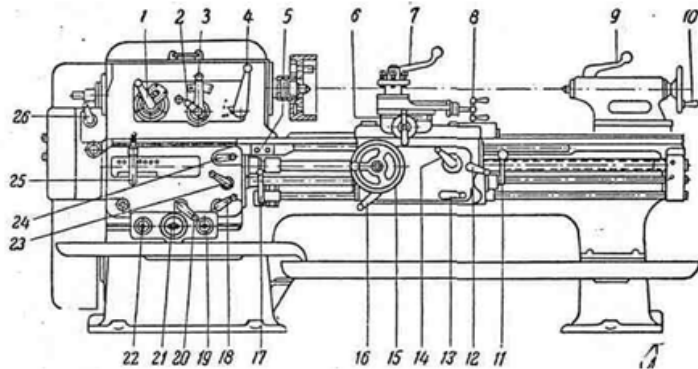


Рис. 2.77

**Физические явления при резании материалов.
Процесс стружкообразования**

Допишите в выделенную фразу недостающее слово (определение, термин):

1. Метал, срезаемый с заготовок режущим инструментом, называется...

Обведите кружком номер правильного ответа:

2. Стружка, состоящая из отдельных, пластически деформированных элементов, легко отделяющихся один от другого, и образующаяся при обработке металлов средней твердости, называется стружкой:

- 1) скалывания;
- 2) надлома;
- 3) элементной;
- 4) суставчатой;
- 5) сливной.

3. Если поверхность стружки со стороны резца получается гладкой и блестящей, то это стружка называется:

- 1) надлома;
- 2) скалывания;
- 3) элементной;
- 4) суставчатой;
- 5) сливной,

4. Установите соответствие между понятием и содержанием понятия:

Понятие	Определение содержания понятия
1. Стружка надлома	[] Стружка, отделяемая от обрабатываемого материала отдельными, не связанными между собой частицами
2. Стружка скалывания	[] Стружка, внутренняя поверхность которой является гладкой и блестящей, а внешняя – в зазубринах, с ярко выраженными, прочно связанными между собой элементами
3. Ступенчатая стружка	[] Стружка, отделяющаяся от обрабатываемой поверхности в виде винтообразной ленты, отдельные элементы которой почти не заметны, а поверхность, прилегающая к резцу, является гладкой и блестящей
4. Сливная стружка	[] Стружка, состоящая из отдельных, пластически деформированных элементов, легко отделяющихся друг от друга

5. Определите, какому виду деформации соответствует тот или иной период (рис. 2.78):

- [] – период от 0 до а;
- [] – период от а до с;
- [] – период от с до m.

На рисунке обозначено:
 I – упругая деформация;
 II – текучесть металла;
 III – пластическая деформация.

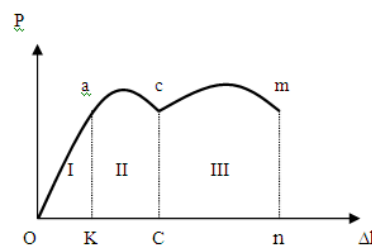


Рис. 2.78

Обведите кружком номер правильного ответа:

6. Определите тип стружки по ее внешнему виду (рис. 2.79).

- [] – стружка надлома;
- [] – сливная стружка;
- [] – ступенчатая стружка;
- [] – элементарная стружка.



Рис. 2.79

7. Обозначьте плоскости и углы, образующиеся при ходе стружки (рис. 2.80):

- [] – угол скалывания;
- [] – угол скольжения;
- [] – угол между плоскостью скалывания и скольжения;
- [] – плоскость скалывания;
- [] – плоскость скольжения.

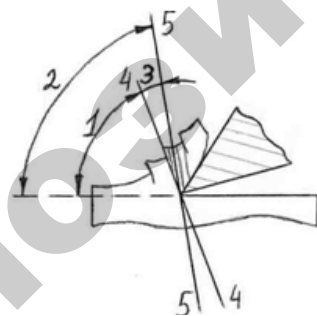


Рис. 2.80

8. Коэффициент усадки стружки определяется по формуле:

- 1) $K = L_0 / L$;
- 2) $K = a_1 / a_0$;
- 3) $K = 1000 / L (1+m)$;
- 4) $K = S / L$;
- 5) $K = P_z / E$.

9. На усадку стружки влияют:

- 1) геометрические элементы резца;
- 2) элементы режима резания;
- 3) СОЖ;
- 4) увеличение глубины лунки на передней поверхности резца;
- 5) обрабатываемый материал и его механические свойства.

10. Влияние радиуса закругления при вершине резца в плане на усадку стружки показывает график, изображенный на рисунке 2.8...

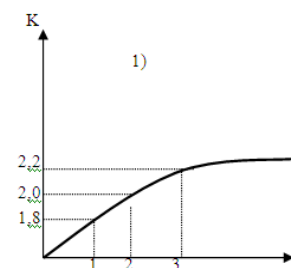


Рис. 2.81

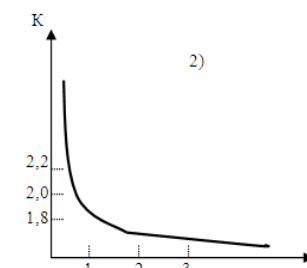


Рис. 2.82

Процесс наростообразования

Допишите в выделенную фразу недостающее слово (определение, термин):

1. Образующая на передней поверхности резца часть металла из обрабатываемого материала, сильно деформированного, заторможенного и часто приваренного к резцу, имеющая клиновидную форму, называется...

Обведите кружком номер правильного ответа:

2. Скорость резания, наиболее благоприятная для обрезания нароста:

- 1) 2...5 м/мин;
- 2) 10...20 м/мин;
- 3) 20...30 м/мин;
- 4) 30...40 м/мин;
- 5) 50...60 м/мин.

3. В процессе наростообразования:

- 1) увеличивается передний угол и уменьшается угол резания;
- 2) уменьшается задний угол и увеличивается угол резания;
- 3) уменьшается передний угол и увеличивается угол резания.

4. Нарост полезен при обработке:

- 1) получистовой;
- 2) чистовой;
- 3) правильного ответа нет;
- 4) черновой ;
- 5) обдирке.

5. Образованию нароста препятствуют:

- 1) уменьшение заднего угла;
- 2) применение СОЖ и СОС;
- 3) большая стойкость резца;
- 4) уменьшение чистоты задней поверхности резца;
- 5) уменьшение чистоты передней поверхности резца.

6. Положительная роль нароста заключается в следующем:

- 1) защищает режущую кромку от истирающего действия со стороны сходящей стружки и действия теплоты;
- 2) уменьшает коэффициент трения;
- 3) увеличивает чистоту поверхности обрабатываемой заготовки.

7. На завивание стружки влияют:

- 1) угол резания;
- 2) толщина среза;
- 3) СОЖ;
- 4) увеличение износа задней поверхности резца;
- 5) стойкость резца.

Наклеп поверхности при резании

Допишите в выделенную фразу недостающее слово, определение, термин:

1. Явление, при котором под влиянием пластических деформаций поверхностный слой металла упрочняется, твердость повышается, и вязкость уменьшается называется...

Обведите кружком номер правильного ответа:

2. При резании пластической деформации подвергается:

- 1) срезаемый слой;
- 2) поверхность резания;
- 3) срезаемый слой, поверхность резания и обрабатываемая поверхность;
- 4) основная масса заготовки;
- 5) правильного ответа нет.

3. Явление наклепа нежелательно:

- 1) для черновой обработки;
- 2) для чистовой обработки;
- 3) правильного ответа нет.

4. Наклепанный слой прочнее материала обрабатываемой заготовки в:

- 1) 1,5 – 2,0 раза;
- 2.) 2,0 – 2,5 раза;
- 3.) 1,0 – 1,5 раза;
- 4.) 2,5 – 3,0 раза;
- 5.) 3,0 – 3,5 раза,

Износ режущих инструментов

Обведите кружком номер правильного ответа:

1. Процесс износа резца протекает в виде:

- 1) истирания и удаления микрочастиц с поверхности;
- 2) микросколов (выкрашивания) режущей части.

2. При резании хрупких материалов резец изнашивается, в основном, по поверхности:

- 1) задней;
- 2) передней;

- 3) вспомогательной задней;
- 4) резец не изнашивается.

3. При резании пластичных материалов резец изнашивается, в основном, по поверхности:

- 1) задней;
- 2) передней;
- 3) вспомогательной задней
- 4) резец не изнашивается.

4. К какому критерию износа подходит определение:

«Критерий износа, при котором общий срок службы инструмента получается наибольшим, называется...»

- 1) критерием блестящей полоски;
- 2) силовым критерием;
- 3) критерием оптимального износа;
- 4) технологическим критерием.

5. Установите соответствие между понятием и содержанием понятия:

Вид износа	Определение
1. Диффузный	<input type="checkbox"/> Износ, возникающий вследствие структурных изменений
2. Адгезионный	<input type="checkbox"/> Износ, происходящий в связи с нагревом резца в кислороде воздуха
3. Абразивно-механический	<input type="checkbox"/> Износ, который проходит в результате царапания материала резца твердыми структурными составляющими обрабатываемого материала и другими вкраплениями
4. Хрупкий	<input type="checkbox"/> Износ, который протекает как следствие волн деформации от движущихся микронеровностей
5. Усталостный	<input type="checkbox"/> Износ, сопровождающийся вырыванием частиц с передней поверхности инструмента, вследствие схватывания контактных поверхностей стружки и резца
6. Окислительный	<input type="checkbox"/> Износ, связанный с растворением инструментального материала в материале заготовки
7. Термический	<input type="checkbox"/> Износ, появляющийся при обработке хрупким твердым инструментом, сопровождающийся выкрашиванием

6. Установите соответствие периода износа режущих инструментов их названию (рис. 2.83):

- период катастрофического износа;
- период приработки;
- период нормального износа.

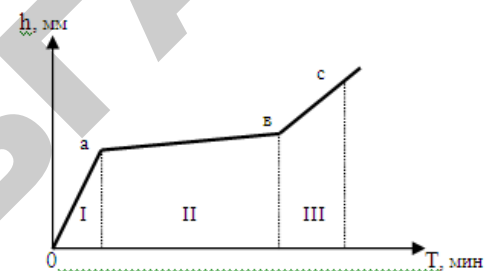


Рис. 2.83

Сопротивление материалов резанию. Силы резания

Допишите в выделенную фразу недостающее слово, определение, термин:

1. Равнодействующая всех сил, действующих на резец со стороны обрабатываемого материала, называется...

Обведите кружком номер правильного ответа:

2. Равнодействующая всех сил определяется по формуле:

1) $R = \sqrt{P_z^2 + P_y^2 + P_x^2};$

2) $R = \sqrt{P_z + P_y + P_x};$

3) $R = P_z^2 + P_y^2 + P_x^2;$

4) $R = \sqrt{P_z^2 + P_y^2};$

5) $R = \sqrt{(P_z K_m)^2 + (P_y K_m)^2 + (P_x K_m)^2}.$

3. Резец смещается в резцедержателе под действием силы:
- 1) осевой;
 - 2) силы резания;
 - 3) тангенциальной;
 - 4) радиальной.
4. Относительная величина сил P_y и P_x возрастает с увеличением:
- 1) отрицательного значения переднего угла;
 - 2) износа резца по задней поверхности;
 - 3) вспомогательного угла в плане;
 - 4) износа резца по передней поверхности.

5. Эффективную мощность рассчитывают по формуле:

- 1) $N_e = P_z V$;
- 2) $N_e = \frac{M\dot{H}}{975}$;
- 3) $N_e = N_{Pz} + N_{Py} + N_{Px}$;
- 4) $N_e = (t S_z^{0.75} B h^{0.8})^2 / d$;
- 5) $N_e = P_e V h n^i / 450$.

6. Установите направление действия силы и равнодействующей при резании металлов (рис. 2.84).

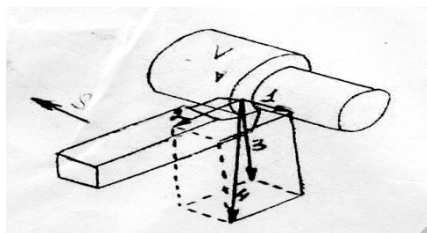


Рис. 2.84

P_x	P_y	P_z	P
[]	[]	[]	[]

7. Установите соответствие между понятием и содержанием понятия:

Понятие	Определение
1. P_x	[] Радиальная сила, направленная перпендикулярно к оси обрабатываемой заготовки
2. P_y	[] Осевая сила или сила подачи, действующая параллельно оси заготовки в направлении, противоположном движению подачи
3. P_z	[] Сила резания или тангенциальная, касательная к поверхности резания и совпадающая с направлением главного движения

8. Установите соответствие между понятием и содержанием понятия:

Понятие	Определение
1. P_x	[] Сила, совпадающая с направлением скорости резания, через резец действует на суппорт и станину
2. P_y	[] Сила, действующая через заготовку на шпиндель, центры и заднюю бабку станка
3. P_z	[] Сила, действующая через резец на механизм подачи стана

Скорость резания

Допишите в выделенную фразу недостающее слово, определение, термин:

1. Величина перемещения точки режущей кромки инструмента относительно поверхности резания в единицу времени в процессе осуществления главного движения называется...
2. Способность инструмента работать непрерывно при определенном режиме резания до момента затупления называется...

Обведите кружком номер правильного ответа:

3. Скорость резания, допускаемой режущими свойствами инструмента, соответствует формуле:

- 1) $V = \frac{ds}{dt}$;
- 2) $V = \frac{\pi \times D \times n}{1000}$;

- 3) $V = (C_v / T^v t^{X_v} S^{Y_v}) K K_{сн}$;
 4) $V = (C_v / T^m S^{Y_v}) K K_{сн}$;
 5) $V = (C_v / T^v t^{X_v}) \times K \times K_{сн}$.

4. Наибольший эффект увеличения скорости резания при использовании СОЖ достигается, если:

- 1) охладить СОЖ до +2 °С;
- 2) подводить СОЖ сверху;
- 3) подводить СОЖ в распыленном состоянии снизу.

5. Скорость резания при обдирочных работах резами из быстрорежущей стали при обильном охлаждении ($v = 12 \text{ м/мин}$) сверху повышается на:

- 1) 10...20 %;
- 2) 20...30 %;
- 3) 30...40 %;
- 4) 40...50 %;
- 5) 5...10 %.

6. Какие из перечисленных материалов обрабатываются с большей скоростью резания:

- 1) жаропрочные стали;
- 2) быстрорежущие стали;
- 3) автоматные стали, цветные и легкие сплавы;
- 4) углеродистые конструкционные стали.

7. Определите соответствие представленных графиков перечисленным инструментальным материалам (рис. 2.85):

- [] – У12А;
 [] – P18;
 [] – T15К6.

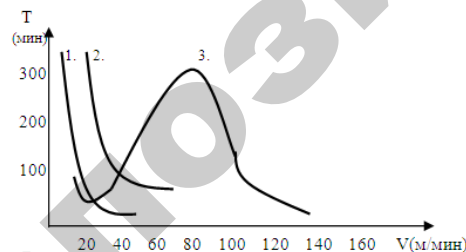


Рис. 2.85

Особенности обработки резанием неметаллических материалов

Допишите в выделенную фразу недостающее слово, определение, термин:

1. Материалы, основу которых составляют природные или синтетические высокомолекулярные соединения называют...

Выберите правильный ответ:

2. Эбонит – это:
- 1) пластмасса;
 - 2) термопласт;
 - 3) резина;
 - 4) керамика;
 - 5) стекло.

3. Установите соответствие между понятием и содержанием понятия:

Понятие	Определение
1. Вулканизация	[] Процесс химической реакции серы и каучука, в результате чего повышается стойкость и прочность
2. Коландрование	[] Процесс тепловой прокатки материала на многовалковой машине, после чего получают прорезиненную ткань
3. Непрерывное выдавливание	[] Процесс выдавливания на машинах червячного типа, после чего получают трубы, прутки и т. д.

Обработка на токарных станках наружных цилиндрических поверхностей

Допишите в выделенную фразу недостающее слово, определение, термин:

1. ... – величина срезаемого слоя за один проход, измеренная в нормальном сечении.

2. ... – величина перемещения режущей кромки относительно обрабатываемой поверхности в единицу времени в направлении движения подачи.

Обведите кружком номер правильного ответа:

3. Скорость резания обозначается буквой:

- 1) n ;
- 2) P ;
- 3) S ;
- 4) N ;
- 5) V .

4. Установите правильную последовательность обработки цилиндрических поверхностей:

- включить ТВС;
- установить заготовку в патрон и закрепить ее;
- установить резец в резцедержателе;
- приступить к точению.

5. Установите соответствие элементов режима резания единицам измерения:

1. n	<input type="checkbox"/> кВт
2. S	<input type="checkbox"/> м / мин
3. V	<input type="checkbox"/> об / мин
4. t	<input type="checkbox"/> мм
5. N	<input type="checkbox"/> мм / об

Подрезание торцов и уступов, отрезание и вытачивание канавок

Обведите кружком номер правильного ответа:

1. Отрезной резец необходимо устанавливать так, чтобы его вершина была:

- 1) выше линии центров;
- 2) ниже линии центров;
- 3) на высоте линии центров.

2. Установите соответствие между токарной операцией и инструментом, используемым в ней:

Токарные операции	Инструменты
1. Обработка торцевых плоскостей	<input type="checkbox"/> Проходные резцы, отогнутые, подрезанные резцы
2. Отрезание	<input type="checkbox"/> Расточные резцы для сквозного и глухого точения
3. Растачивание отверстий	<input type="checkbox"/> Отрезные резцы
4. Обработка цилиндрических поверхностей	<input type="checkbox"/> Проходные, подрезные, отогнутые резцы

Сверление, зенкерование и развертывание сквозных и глухих отверстий

Допишите в выделенную фразу недостающее слово, определение, термин:

1. ... – процесс окончательной обработки отверстий со снятием очень тонкой стружки, предварительно просверленных, расточенных или обработанных зенкером.

Обведите кружком номер правильного ответа:

2. Оптимальная стойкость для машинных разверток из инструментальной стали при обработке заготовок из стали:

- 1) $T = 40 - 120$ мин;
- 2) $T = 60 - 150$ мин;
- 3) $T = 30 - 90$ мин;
- 4) $T = 90 - 120$ мин;
- 5) $T = 10 - 40$ мин.

3. Установит соответствие между понятием и содержанием понятия:

Понятие	Определение
1. Сверление	<input type="checkbox"/> Процесс относительно чистовой обработки со снятием тонкой стружки
2. Зенкерование	<input type="checkbox"/> Для получения сквозных или глухих отверстий в сплошном материале и увеличение диаметра уже имеющихся отверстий
3. Развертывание	<input type="checkbox"/> Для обработки отверстий с целью придания им правильной геометрической формы и более высокой точности

Технологический процесс обработки заготовок

Допишите в выделенную фразу недостающее слово, определение, термин:

1. ... резцами обтачивают наружные цилиндрические поверхности.

Обведите кружком номер правильного ответа:

2. Способ закрепления заготовок при черновой обработке выбирается в зависимости от:

- 1) формы;
- 2) размера;
- 3) вида обработки;
- 4) назначения;
- 5) давления.

3. Установите соответствие между деталями приспособления и их названием (рис. 2.86):

- винт;
- головка;
- втулка;
- гайка;
- гайка.

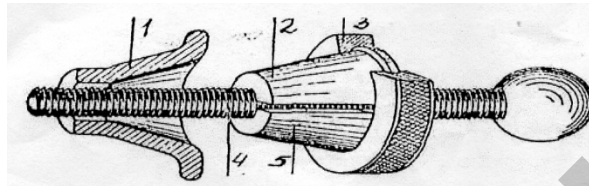


Рис. 2.86

4. Установите правильную последовательность обработки заготовки с коническим отверстием:

- Произвести черновую обработку конического отверстия расточным резцом.
- Установить заготовку в патрон.
- Снять припуск черновой разверткой.
- Сверлить отверстия.
- Снять припуск чистой разверткой.

Обведите кружком номер правильного ответа:

5. Коническую поверхность, указанную на рисунке 2.87, можно обработать:

- 1) широким резцом;
- 2) путем смещения корпуса задней бабки;
- 3) путем поворота верхних салазок суппорта.

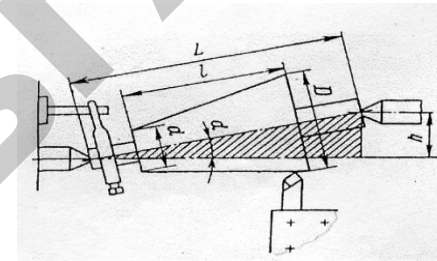


Рис. 2.87

Обработка на сверлильных станках

Допишите в выделенную фразу недостающее слово, определение, термин:

1. Процесс получения сквозных и глухих отверстий в сплошном материале и увеличение диаметра уже имеющихся отверстий называется...

2. Установите соответствие между силами, действующими на сверло, и их обозначением (2.88):

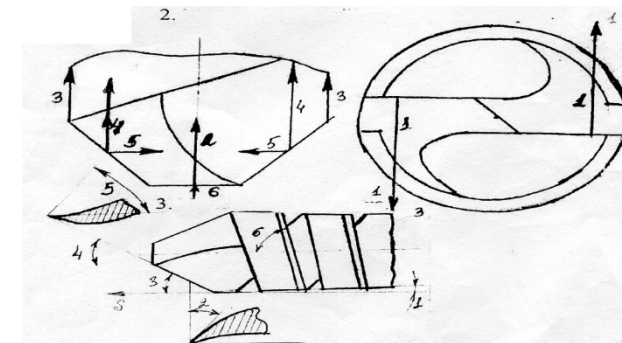


Рис. 2.88

P_x P_z P_y P_m P_o P_n

1	2	3	4	5	6
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Установите соответствие между углами сверла и их обозначением (рис. 2.89):

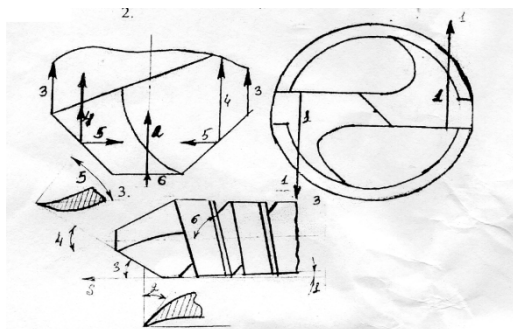


Рис. 2.89

φ_1 ω γ 2φ α φ

1	2	3	4	5	6
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Обведите кружком номер правильного ответа:

4. Две направляющие ленточки на направляющей части сверла выполняют для:

- 1) центрирования сверла в отверстии;
- 2) подвода СОЖ;
- 3) транспортировки стружки из отверстия.

5. Угол между проекциями главных кромок сверла на основную плоскость (для стандартных сверл) равен:

- 1) $2\varphi = 116^\circ \dots 118^\circ$;
- 2) $2\varphi = 120^\circ \dots 130^\circ$;
- 3) $2\varphi = 104^\circ \dots 114^\circ$;
- 4) $2\varphi = 120^\circ \dots 125^\circ$;
- 5) $2\varphi = 70^\circ \dots 90^\circ$.

6. Износ сверла при сверлении хрупких материалов происходит:

- 1) одновременно по задней и передней поверхностям;
- 2) по уголкам;
- 3) по ленточкам;
- 4) по лезвию перемычки;
- 5) правильного ответа нет.

7. На величину осевой силы и момента при сверлении влияют:

- 1) свойства обрабатываемого материала;
- 2) диаметр сверла и подачи;
- 3) геометрические элементы сверла;
- 4) величина стойкости сверла;
- 5) СОЖ.

8. Установите правильную последовательность затачивания спиральных сверл:

- Включить заточный станок.
- Проконтролировать качество заточки сверла пробным сверлением.
- Проконтролировать задние углы сверла.
- Проконтролировать углы сверла при вершине и длину режущих кромок.
- Заточить одну из режущих кромок сверла.
- Проконтролировать углы сверла комплексным шаблоном.
- Проконтролировать угол наклона режущей кромки к оси сверла.
- Заточить вторую режущую кромку.
- Выключить станок.

Обработка на фрезерных станках

Допишите в выделенную фразу недостающее слово, определение, термин:

1. Многозубый инструмент, представляющий собой тело вращения, на образующей поверхности или торце которого выполнены режущие зубья, называется...

2. Процесс обработки резанием, который считается наиболее производительным и осуществляется многозубым инструментом, называется...

3. Фрезерованием можно получить качество точности и параметр шероховатости:

- 1) IT 11...9 $R_z 40$ $R_a 1,25$;
- 2) IT 9...7 $R_z 30$ $R_a 1,5$;
- 3) IT 7...5 $R_z 25$ $R_a 1,75$;
- 4) IT 5...3 $R_z 18$ $R_a 1,21$;
- 5) IT 3...1 $R_z 10$ $R_a 1,9$.

4. Цилиндрические фрезеры из быстрорежущей стали имеют передний угол:

- 1) $5^\circ \dots 25^\circ$;
- 2) $25^\circ \dots 30^\circ$;
- 3) $30^\circ \dots 35^\circ$.

5. Установить соответствие пределов углов фрез:

Углы	Пределы значений
1. Быстрорежущая сталь	<input type="checkbox"/> $1 \dots 10^\circ$
2. Твердый сплав	<input type="checkbox"/> $+10^\circ \dots -10^\circ$
3. Для всех	<input type="checkbox"/> $45^\circ \dots 60^\circ$
4. Главный угол в плане	<input type="checkbox"/> $5^\circ \dots 25^\circ$
5. Вспомогательный	<input type="checkbox"/> $6^\circ \dots 15^\circ$

Обведите кружком номер правильного ответа:

6. Виды фрез по способу закрепления бывают:

- 1) концевые;
- 2) насадные;
- 3) с механическим креплением;
- 4) торцевые.

7. Установите соответствие между силами, действующими на фрезу, и их обозначением (рис. 2.90):

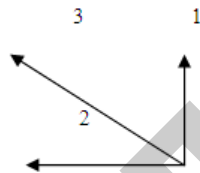


Рис. 2.90

P_x ; R ; P .

8. Скорость резания, допускаемую режущими свойствами фрезы, определяют по формуле:

$$1) V_u = \frac{C_v \cdot D^{sv} \cdot W^{sv}}{T^m \cdot t^{nw} \cdot S_z^{pw} \cdot Z^{pw} \cdot B^{nw}} \cdot K \cdot K_{cu}$$

$$2) V_u = \frac{\pi \cdot D_n}{1000}$$

$$3) V_u = \frac{C_v \cdot D^{sv}}{T^m \cdot t^{nw} \cdot S_z^{pw}} \cdot K \cdot K_{cu}$$

$$4) V_u = \frac{C_v \cdot D^{sv}}{T^m \cdot S_z^{pw}} \cdot K \cdot K_{cu}$$

$$5) V_u = \frac{A}{T_m}$$

Обработка на строгальных и долбежных станках

Допишите в выделенную фразу недостающее слово, определение, термин:

1. Обработку плоскостей и несложных фасонных поверхностей с прямоугольными образующими в единичном и массовом производствах применяют...

Обведите кружком номер правильного ответа:

2. При чистовом строгании можно добиться степени точности и шероховатости обрабатываемой поверхности:

- 1) $R_z = 80 \dots 40$;
- 2) IT 5;
- 3) IT 7;
- 4) $R_z = 40 \dots 20$.

3. Инструмент для строгания и долбления целесообразно изготавливать из материалов однокарбидной группы:

- 1) BK6M;
- 2) BK8;
- 3) BK6;
- 4) BK2;
- 5) BK11.

Обработка на протяжных станках

Допишите в выделенную фразу недостающее слово, определение, термин:

1. Возвратно-поступательное движение ползуна строгального станка называется...

Обведите кружком номер правильного ответа:

2. Режущую часть протяжки изготавливают из:

- 1) легированной стали;
- 2) твердого сплава;
- 3) инструментальной стали;
- 4) быстрорежущей стали;
- 5) минералокерамических материалов.

3. Для центрирования заготовки относительно оси протяжки служит:

- 1) шейка;
- 2) калибрующая часть;
- 3) передняя замковая часть;
- 4) передняя направляющая часть;
- 5) хвостовик.

4. Протяжка характеризуется следующими углами:

- 1) φ ;
- 2) α ;
- 3) γ ;
- 4) ω ;
- 5) ε .

5. Чередование зубьев протяжки с выкружками и без них выполняют для:

- 1) обеспечения лучшего отвода стружки;
- 2) повышения прочности инструмента;
- 3) повышения стойкости инструмента.

6. Между черновыми и чистовыми зубьями устанавливают 1...4 зуба с целью:

4. Строгальный изогнутый резец применяют для:

- 1) чернового строгания;
- 2) получистового строгания;
- 3) чистового строгания.

5. Передний угол строгальных резцов делают на 10° меньше, чем у токарных для:

- 1) лучшего схода стружки;
- 2) упрочнения режущей части;
- 3) снижения силы давления на резец.

6. Оптимальная стойкость строгальных резцов составляет:

- 1) 720 мин.
- 2) 120 мин.
- 3) 360 мин.

7. Установите правильную последовательность назначения элементов режима резания при строгании:

[] Определяют глубину резания в зависимости от припуска на обработку.

[] Проверяют достаточность мощности электродвигателя станка.

[] По найденной скорости резания определяют число двойных ходов в минуту.

[] Выбирают максимальную технологически допустимую подачу.

[] По установленным глубине резания, подачи и стойкости резца определяют скорость резания, допускаемую режущими свойствами.

Обведите кружком номер правильного ответа:

8. Силы резания при строгании определяются по формуле:

1) $P_z = C_{pz} \cdot t^{xz} \cdot S^{yz} \cdot K \cdot K_{cu}$;

2) $N_e = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 102}$;

3) $N_s = \frac{N_e}{\eta}$;

4) $P_z = C_{pz} \cdot t^{xpz} \cdot S^{ypz} \cdot K \cdot K_{cu} \cdot V^{npz}$;

5) $T = \frac{Y_1 + B + Y}{n \cdot s}$.

- 1) уменьшения образования трещин на обработанной поверхности;
- 2) ликвидировать микронеровности на обработанной поверхности;
- 3) ликвидировать скалывание края заготовки при выходе из нее режущей кромки инструмента.

7. Установите соответствие составных частей круглой протяжки их названию (рис.2,91):

- хвостовик;
- шейка;
- передняя направляющая часть;
- режущая часть;
- калибрующая часть;
- задняя направляющая часть.

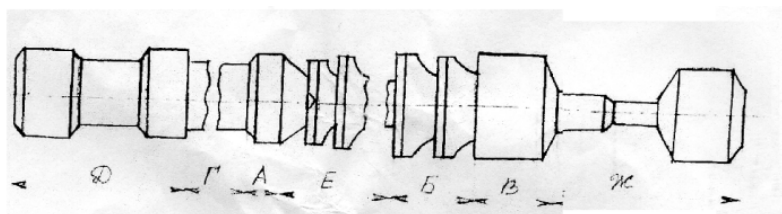


Рис. 2.91

8. Скорость резания при протягивании определяют по формуле:

- 1) $V = \frac{\pi D n}{1000}$;
- 2) $V = \frac{C^v D^g w p}{T^m S_z^x t^y B^z Z^n} K$;
- 3) $V = \frac{C^v}{T^m S_z^y}$;
- 4) $V_u = \frac{Cl}{\sigma_b^x}$.

9. Установите соответствие схемы резания характеристике процесса протягивания:

Схема резания	Характеристика
1. Профильная	<input type="checkbox"/> Каждый зуб частично формирует окончательный профильный контур обрабатываемой детали своим вспомогательным лезвием
2. Генераторная	<input type="checkbox"/> Контур всех зубьев подобен окончательному профилю обрабатываемой поверхности
3. Прогрессивная	<input type="checkbox"/> Срезание припуска производится зубьями, имеющими укороченную длину главных режущих кромок

10. Установите правильную последовательность выбора режимов резания при протягивании:

- Определить силу резания.
- Найти стойкость протяжки.
- Выбрать вид СОЖ.
- Назначить скорость главного движения.
- Установить группу качества протягиваемой поверхности.
- Установит группу обрабатываемого материала.
- Проверить тяговую силу станка.

Обработка на шлифовальных и доводочных станках

Допишите в выделенную фразу недостающее слово, определение, термин:

1. Процесс резания материалов с помощью абразивного инструмента, режущими элементами которого являются абразивные зерна, называется...

2. Установите правильную последовательность расположения условных обозначений на шлифовальном круге:

- Абразивный материал и его марка, номер зернистости, степень твердости, вид связки, номер структуры, форма профиля (наружный диаметр, ширина, высота, диаметр отверстия), окружная скорость.

[] Абразивный материал и его марка, степень твердости, номер зернистости, номер структуры, вид связки, окружная скорость, форма профиля (наружный диаметр, ширина, высота, диаметр отверстия).

[] Абразивный материал и его марка, вид связки, номер зернистости, степень твердости, номер структуры, форма профиля (наружный диаметр, ширина, высота, диаметр отверстия), окружная скорость.

Обведите кружком номер правильного ответа:

3. При отделочном шлифовании можно добиться степени твердости и шероховатости:

1) $IT\ 8\dots 7$; 2) $R_a\ 2,5\dots 0,32$; 3) $IT\ 7\dots 6$; 4) $R_a\ 1,25\dots 0,04$.

4. Для получения абразивного инструмента используются синтетические материалы:

- 1) корунд;
- 2) зеленый карбид кремния;
- 3) кремний;
- 4) карбид бора;
- 5) борсиликокарбид.

5. Способность связки сопротивляться вырыванию абразивных зерен с рабочей поверхности инструмента под действием внешних сил характеризует:

- 1) прочность;
- 2) твердость;
- 3) жесткость;
- 4) упругость.

6. На алмазном круге шлифуют заготовки из следующих материалов:

- 1) легированные стали;
- 2) твердые сплавы;
- 3) высокотвердые материалы;
- 4) серый чугун;
- 5) инструментальные стали.

7. Абразивные материалы подразделяются на несколько основных номеров структур:

1) 10; 2) 11; 3) 12; 4) 13; 5) 14.

8. Установите соответствие видов шлифовальных кругов их названию (рис. 2.92):

- [] – кольцевой;
- [] – плоский прямой;
- [] – дисковый;
- [] – чашка коническая;
- [] – плоский с выточкой.

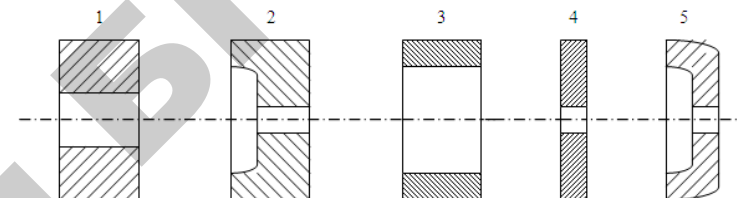


Рис. 2.92

Учебное издание

ЛИТЕРАТУРА

1. Ящерицин, П. И., Ефремов, В. Д. *Металлорежущие станки* / П. И. Ящерицин, В. Д. Ефремов. Минск, 2001.
2. Некрасов, Н. Н. *Обработка материалов резания* / Н. Н. Некрасов. М., 1988.
3. Ящерицин, П. И. *Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах* / П. И. Ящерицин, М. Л. Еременко, Е. Э. Фельдштейн. Минск, 1990.
4. Гапонкин, В. А. *Обработка резанием, металлорежущий инструмент и станки* / В. А. Гапонкин, Л. К. Лукашев, Т. Г. Суворова. М., 1990.
5. Ящерицын, П. И., Ефремов, В. Д. *Основы резания материалов* / П. И. Ящерицын, В. Д. Ефремов. Минск, 2006.

ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ РЕЗАНИЕМ

Учебно-методический комплекс

Составители:

Акулович Леонид Михайлович,
Гальго Сергей Иванович,
Сергеев Леонид Ефимович,
Бабич Виталий Евгеньевич

Ответственный за выпуск **А. В. Новиков**
Редактор **Н. Н. Акимов**
Компьютерная верстка **Ю. П. Каминской**

Подписано в печать 16. 02.2011 г. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 15,81. Уч.-изд. л. 12,36. Тираж 150 экз. Заказ 179.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный
технический университет».
ЛИ № 02330/0552984 от 14.04.2010.
ЛП № 02330/0552743 от 02.02.2010.
Пр. Независимости, 99–2, 220023, Минск.