



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра технологии машиностроения

Светлана Николаевна Ковальчук

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Электронное учебное пособие

Кемерово 2015

© КузГТУ, 2015,
© С. Н. Ковальчук, 2015

УДК 621.002(075.8)(086.76)

Рецензент Клепцов А. А. – кандидат технических наук, заведующий кафедрой технологии машиностроения ФГБОУ ВПО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Ковальчук С. Н. **Технология машиностроения**: электронное учебное пособие [Электронный ресурс] для студентов направления подготовки «Горное дело», специализация «Горные машины и оборудование»/ С. Н. Ковальчук; КузГТУ. – Кемерово, 2015.

Приведен материал к лекционному курсу «Технология машиностроения», с помощью которого студенты закрепляют полученную информацию на занятиях, подготавливаются к практическим и лабораторным занятиям, изучают материал в рамках самостоятельной работы, предусмотренной рабочей программой дисциплины.

Предназначено для студентов «Горное дело», специализация «Горные машины и оборудование», также может быть полезно студентам машиностроительных специальностей.

Текстовое (символьное) электронное издание

Минимальные системные требования:	Частота процессора не менее 1,0 ГГц; ОЗУ 512 Мб; 20 Гб HDD; операционная система Windows XP; CD-ROM 4-скоростной; ПО для чтения файлов PDF-формата; SVGA-совместимая видеокарта; мышь.
-----------------------------------	--

© КузГТУ, 2015,
© С. Н. Ковальчук, 2015

Сведения о программном обеспечении, которое использовано для создания электронного издания	MSWord
Сведения о технической подготовке материалов для электронного издания	Редактор Э. М. Савина
Дата подписания к использованию/дата размещения на сайте	23.03.2015
Объем издания в единицах измерения объема носителя, занятого цифровой информацией (байт, Кб, Мб)	2,4 мегабайт
Продолжительность звуковых и видеотрейлеров (в минутах)	
Комплектация издания (количество носителей, наличие сопроводительной документации)	1 CD-диск, без сопроводительной документации
Наименование и контактные данные юридического лица, осуществившего запись на материальный носитель	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева» 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28 Тел./факс: 8(3842) 58-35-84

ОГЛАВЛЕНИЕ

<u>ВВЕДЕНИЕ</u>	5
<u>1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ</u>	6
<u>2. ТИПЫ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ФОРМЫ ПРОИЗВОДСТВА</u>	7
<u>3. МАШИНА КАК ОБЪЕКТ ПРОИЗВОДСТВА</u>	12
<u>3.1. Служебное назначение машины</u>	12
<u>3.2. Качество продукции</u>	14
<u>3.3. Показатели точности деталей</u>	15
<u>3.4. Анализ технологичности конструкции детали</u>	19
<u>3.5. Техничко-экономические показатели изготовления машины</u>	22
<u>4. МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК</u>	24
<u>4.1. Выбор исходной заготовки и обоснование методов её изготовления</u>	24
<u>4.2. Литейное производство</u>	25
<u>4.3. Ковка металлов</u>	33
<u>4.4. Объемная штамповка</u>	37
<u>4.5. Прокат металлов</u>	38
<u>5. ОСНОВЫ ТЕОРИИ БАЗИРОВАНИЯ</u>	40
<u>5.1. Базирование и базы</u>	40
<u>5.2. Типовые схемы базирования</u>	41
<u>5.3. Классификация баз</u>	44
<u>5.4. Схемы базирования заготовок на станках и в приспособлениях</u>	46
<u>5.5. Принципы базирования</u>	47
<u>6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН</u>	48
<u>6.1. Методы обработки заготовок деталей машин</u>	48
<u>6.2. Обработка на токарных станках</u>	49
<u>6.3. Обработка на вертикально-сверлильных станках</u>	49
<u>6.4. Обработка на расточных станках</u>	52
<u>6.5. Обработка на фрезерных станках</u>	54
<u>6.6. Обработка на протяжных станках</u>	57
<u>7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ</u>	60
<u>7.1. Основные принципы построения технологического про-</u>	60

<u>цесса</u>	
<u>7.2. Исходные данные для проектирования</u>	61
<u>7.3. Служебное назначение детали</u>	62
<u>7.4. Технологическая подготовка производства</u>	62
<u>7.5. Выбор методов обработки поверхностей детали</u>	63
<u>7.6. Проектирование маршрута обработки</u>	64
<u>7.7. Проектирование технологических операций</u>	65
<u>7.8. Определение припусков на обработку</u>	66
<u>7.9. Выбор оборудования и технологической оснастки</u>	68
<u>7.10. Расчет режимов резания</u>	69
<u>7.11. Расчет норм времени</u>	71
<u>8. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ</u>	73
<u>МАШИН</u>	
<u>8.1. Технология изготовления валов</u>	73
<u>8.2. Технология изготовления втулок</u>	95
<u>8.3. Технология изготовления зубчатых колес</u>	105
<u>8.4. Технология изготовления корпусов</u>	119
<u>КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ</u>	122
<u>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</u>	124

ВВЕДЕНИЕ

Технология машиностроения – наука, занимающаяся изучением закономерностей процессов изготовления машин, с целью использования этих закономерностей для обеспечения выпуска машин заданного качества, в установленном производственной программой количестве и при наименьших народнохозяйственных затратах.

Технология машиностроения – это собственно крупная промышленность. Начало развития технологии машиностроения относят к оружейным мастерским и заводам, где изготавливали различные виды оружия в больших по тем временам количествах, чем любые другие изделия. В Киевской Руси в XI веке ремесленники изготавливали оружие в достаточных количествах для вооружения княжеских дружин. В 1632 г. около Тулы были построены заводы для производства литых пушек, стволы которых изготавливались сверлением и растачиванием. В дальнейшем на этих заводах были разработаны новые технологические процессы, значительное число станков и инструментов. Значительный вклад в промышленное производство был внесен в эпоху Петра I механиком А. К. Нартовым (1680–1756 г.), разработавшим ряд новых технологий: изготовления артиллерийского и стрелкового вооружения, монет, постройки кораблей и создавшего для этого новые станки и инструменты. Затем стали создаваться заводы по изготовлению паровозов, вагонов, станков и других изделий.

Восстановительный период нашей промышленности характеризовался необходимостью обобщения опыта, отечественного и иностранного, с целью создания новых отраслей промышленности. Тогда технология машиностроения стала формироваться как научная дисциплина, которая создавалась трудами российских ученых: А. П. Соколовского, Б. С. Балакшина, В. М. Кована, В. С. Корсакова и др. В технологии машиностроения рассматриваются следующие области производства: технология литья; технология обработки давлением; технология сварки; технология механической обработки; технология сборки машин, т. е. технология машиностроения охватывает все этапы процесса изготовления машин.

[Вернуться в оглавление](#)

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Технология машиностроения – это отрасль науки, занимающаяся изучением закономерностей, действующих в процессе изготовления машины, с целью использования этих закономерностей для получения машин заданного качества при наименьших затратах на производство.

Перед технологией машиностроения стоит две задачи:

- техническая – получение машин заданного качества при любых условиях;
- экономическая – получение заданного качества при наименьших затратах на производство.

Предметом технологии машиностроения являются производственный процесс и технологический процесс.

Все определения и понятия технологии машиностроения содержатся в стандартах Единой системы технологической документации (ЕСТД) и Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП):

- ГОСТ 14.004–83 «Основные положения. Термины и определения основных понятий ЕСТПП»;
- ГОСТ 3.1109–82 «Термины и определения основных понятий ЕСТД».

Термины, установленные данными стандартами, обязательны для применения в документации всех видов, научно-технической, учебной и справочной литературе.

Производственный процесс – это совокупность всех этапов для превращения полуфабриката в готовое изделие или для ремонта изделия на данном предприятии. Различные предприятия имеют свой производственный процесс, если даже выпускают одинаковую продукцию. Производственный процесс распадается на этапы:

- получение заготовок;
- механическая обработка деталей;
- контроль качества;
- сборка деталей в узлы и машины;
- окраска;
- упаковка;
- хранение.

Каждый этап выполняется в отдельном цехе.

Технологический процесс (ТП) – это часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия для изменения качественного состояния предмета труда (заготовки, детали, машины).

ТП выполняется на рабочем месте.

Рабочее место – часть цеха, предназначенная для выполнения работы одним или несколькими рабочими, в которой размещены технологическое оборудование (станок), приспособление, инструмент, стеллажи для хранения заготовок, деталей или сборочных единиц. Весь ТП не может быть выполнен на одном рабочем месте. Причины – техническая (невозможность одновременной обработки всех поверхностей) и экономическая (сложность в изготовлении такого станка, который сразу всю деталь обрабатывает).

Поэтому ТП делят на операции.

Технологическая операция – это законченная часть ТП, выполняемая на одном рабочем месте. Операция – основная единица планирования и учета производства (т.к. на операцию выписывается основная технологическая документация).

Пример операции: обработка детали на станке; штамповка заготовки на прессе; сборка на вал зубчатого колеса, втулки и подшипников; закрепление двигателя на шасси автомобиля.

Операция делится на технологические переходы.

Технологический переход – это законченная часть операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при одинаковых режимах резания и установке.

Переход, применительно к механической обработке: удаление одного или нескольких слоев металла, снимаемых одним и тем же инструментом с одной и той же поверхности.

Средства технологического оснащения (СТО) включают в себя следующие элементы:

- технологическое оборудование;
- средства механизации и автоматизации;
- технологическую оснастку (режущий инструмент, мерительный инструмент, станочное приспособление).

Проход – движение режущего инструмента, при котором удаляется один слой металла.

Установ – часть операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки или собираемой сборочной единицы.

Рабочий ход – часть перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, качества и свойств заготовки.

При выполнении каждого технологического процесса, технологической операции, технологического перехода затрачивается определенное количество труда определенной квалификации, при этом затраты труда определяются рабочим временем.

Наладка – подготовка технологического оборудования и технологической оснастки к выполнению технологической операции. К наладке относят установку приспособления и инструмента на станке; переключение скорости и подачи; настройку температуры.

Трудоемкость – это количество времени, затрачиваемое рабочим определенной квалификации на выполнение технологического процесса или его части (в часах). Трудоемкость различают нормативную (плановую) и фактическую (реально затраченное время).

Норма времени – регламентированное время выполнения некоторого объема работ в определенных производственных условиях одним или несколькими исполнителями определенной квалификации.

Норма выработки – (величина, обратная норме времени) нормируемое количество деталей или изделий, которое должно быть сделано в установленную единицу времени.

Производственный цикл – это интервал времени от начала до конца процесса изготовления или ремонта изделия.

Программа выпуска – перечень деталей, машин, изготавливаемых в единицу времени (обычно год, месяц).

Объем выпуска – количество изделий определенного наименования, планируемых к выпуску (или выпущенных) в единицу времени (год, месяц).

Такт выпуска – это интервал времени, через который периодически производится выпуск изделия. Если говорят, что машина выпускается с тактом 10 минут, это значит, что через каждые 10 минут завод выпускает одну машину.

[Вернуться в оглавление](#)

2. ТИПЫ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ФОРМЫ ПРОИЗВОДСТВА

В зависимости от спроса изделия изготавливают на ряде заводов в различных количествах. Тяжелые станки, гидротурбины изго-

тавливают в небольших количествах; универсальные станки, подъемно-транспортные машины – в больших количествах; автомашины, вагоны, сельскохозяйственные машины – в ещё больших количествах; электродвигатели, шарикоподшипники, швейные машинки – миллионы штук в год. В зависимости от этого говорят о различных типах производства.

Тип производства – классификационная категория производства, выделяемая по следующим признакам:

- широта номенклатуры;
- регулярность выпуска;
- стабильность выпуска;
- объем выпуска продукции.

Основная характеристика типа производства – коэффициент закрепления операций $Kз.о.$

$$Kз.о. = \frac{\sum O}{\sum P},$$

где $\sum O$ – количество операций, выполняемых за месяц на данном участке, цехе; $\sum P$ – количество рабочих мест.

Коэффициент закрепления операций определяется для участка или цеха, следовательно, в пределах предприятия могут существовать участки и цеха с различными типами производства. Отчетным периодом при определении типа производства является *месяц* (не квартал, не неделя и не год).

Физический смысл коэффициента закрепления операций – показывает количество переналадок оборудования за один месяц, т. е. среднее количество различных операций, закрепленных за рабочим местом на участке или в цехе.

В соответствии с величиной этого коэффициента различают три типа производства:

- массовое – характеризуется большим объемом выпуска изделий, изготавливаемых в течение длительного промежутка времени, и на большинстве рабочих мест выполняется одна рабочая операция $Kз.о. = 1$.

- серийное – характеризуется изготовлением изделий периодически повторяющимися партиями. В зависимости от количества изделий в партии и значения коэффициента закрепления операций различают мелкосерийное, среднесерийное, крупносерийное производство.

- крупносерийное производство: $1 \leq Kз.о. < 10$

- среднесерийное производство: $10 \leq Kз.о. < 20$

- мелкосерийное производство: $20 \leq Kз.о. < 40$

• единичное – характеризуется малым объемом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление которых не предусматривается. *Kз.о.* не нормируется.

Машиностроительные предприятия различаются также оборудованием, формой организации производства, квалификацией рабочих и инженерно-технического персонала, ценой единицы продукции, различной разработкой технологической документации, возможностью или невозможностью переналадки на новый вид продукции.

Тип производства определяется при строительстве новых заводов. На начальном этапе проектирования число операций и число рабочих мест неизвестны, что не позволяет выполнить расчет *Kз.о.* Поэтому тип производства определяется ориентировочно по годовой программе выпуска и размерам изделий. Данные для определения типа производства представлены в таблице 1.

Таблица 1

Данные для ориентировочного определения типа производства

Тип производства	Крупные изделия тяжелого машиностроения, шт.	Изделия средних размеров, шт.	Мелкие изделия, шт.
Единичное	< 5	<10	<100
Мелкосерийное	5 – 100	10 – 200	100 – 500
Среднесерийное	100 – 300	200 – 500	500 – 5000
Крупносерийное	300 – 1000	500 – 5000	5000 – 50000
Массовое	>1000	>5000	>50000

Кроме типа производства на проектирование технологического процесса влияет метод его работы. В машиностроении применяют два метода работы: поточный метод и непоточный метод.

Соответственно различают две формы организации технологических процессов:

- поточная;
- непоточная

В природе свойство потока (жидкости) – это непрерывность движения и постоянство объема, проходящего через сечение потока в единицу времени. Аналогично этому поточный вид организации производства – когда изделия в процессе их обработки находятся в движении, причем с постоянной величиной такта.

Поточная характеризуется:

- специализацией каждого рабочего места на одну операцию;
- постоянством потока выпуска;
- расстановкой оборудования в порядке следования операций.

Поточное производство характеризуется двумя параметрами: тактом и ритмом выпуска изделий.

Такт выпуска – интервал времени, через который периодически производится выпуск изделий или заготовок определенного наименования, типоразмера и исполнения. Такт выпуска τ определяется по формуле:

$$\tau = \frac{60\Phi_d}{N}, \text{ мин / шт.}$$

где Φ_d – действительный фонд времени в планируемом периоде (год, месяц, сутки, смена), ч; N – объем выпуска изделий за тот же период, шт.

Ритм выпуска – количество изделий или заготовок определенного наименования, типоразмера и исполнения, выпускаемых в единицу времени. Очевидно, что ритм выпуска величина обратная такту.

По поточной линии располагаются массовое и крупносерийное производство.

Непоточная характеризуется:

- специализацией рабочих мест на группе операций;
- расстановкой оборудования по технологическому признаку.

Производительность при не поточной форме производства, ниже, чем при поточной форме. По непоточной линии располагаются мелкосерийное и единичное производство.

[Вернуться в оглавление](#)

3. МАШИНА КАК ОБЪЕКТ ПРОИЗВОДСТВА

3.1. Служебное назначение машины

Чтобы машина выполняла свое служебное назначение, прежде чем приступить к ее созданию, необходимо четко выявить это служебное назначение.

Под служебным назначением машины понимается максимально уточненная и четко сформулированная задача, для решения которой она предназначена. Качество машины зависит от того,

насколько правильно конструктор сформулировал служебное назначение. В процессе работы между элементами машины возникают и действуют размерные, кинематические, силовые, физико-химические и другие связи и отношения. Все виды связей и отношений закладываются в машину при ее создании в виде цифр (размеров, допускаемых отклонений, отклонений формы и микрогеометрии поверхностей).

Изучая служебное назначение, проверяют обоснованность назначенных технических требований. Технические требования – система качественных показателей с установленными на них количественными значениями.

Каждая машина выполняет свое служебное назначение с помощью определенных поверхностей или их сочетаний.

Все поверхности деталей машины делятся на 4 группы:

- исполнительные поверхности – для выполнения машиной служебного назначения;
- основные конструкторские базы – поверхности, которыми деталь или сборочный узел крепятся к машине;
- вспомогательные конструкторские базы – поверхности, по которым к данному изделию присоединяются другие детали и изделия;
- свободные поверхности – те, которые не несут никаких функций в изделии.

В качестве примера рассмотрим процесс проектирования ступенчатого вала. Служебное назначение ступенчатого вала – передача крутящего момента определенной величины с помощью зубчатого колеса. Поэтому ступенчатый вал должен иметь в качестве исполнительных поверхностей цилиндрическую поверхность с опорным торцом для базирования зубчатого колеса и шпоночный паз для передачи крутящего момента с вала на зубчатое колесо (рис. 1).

Затем разрабатываются основные конструкторские базы детали. Основные базы детали определяют ее положение в узле или машине. Вал должен устанавливаться в подшипниках качения или скольжения и в качестве основных баз иметь два комплекта торцевых и цилиндрических поверхностей, соосных с исполнительными поверхностями для установки подшипников.

Следующим этапом является разработка вспомогательных баз детали. В ряде случаев вспомогательными базами детали могут являться ее исполнительные поверхности. Так в примере со ступенча-

тым валом поверхности, на которые базируется зубчатое колесо, являясь исполнительными, одновременно определяют положение зубчатого колеса на валу и являются вспомогательными базами вала.

В последнюю очередь определяются формы свободных поверхностей, при этом, поскольку они не выполняют никаких функций в соответствии со служебным назначением детали, основным условием при выборе их формы является простота их формообразования.

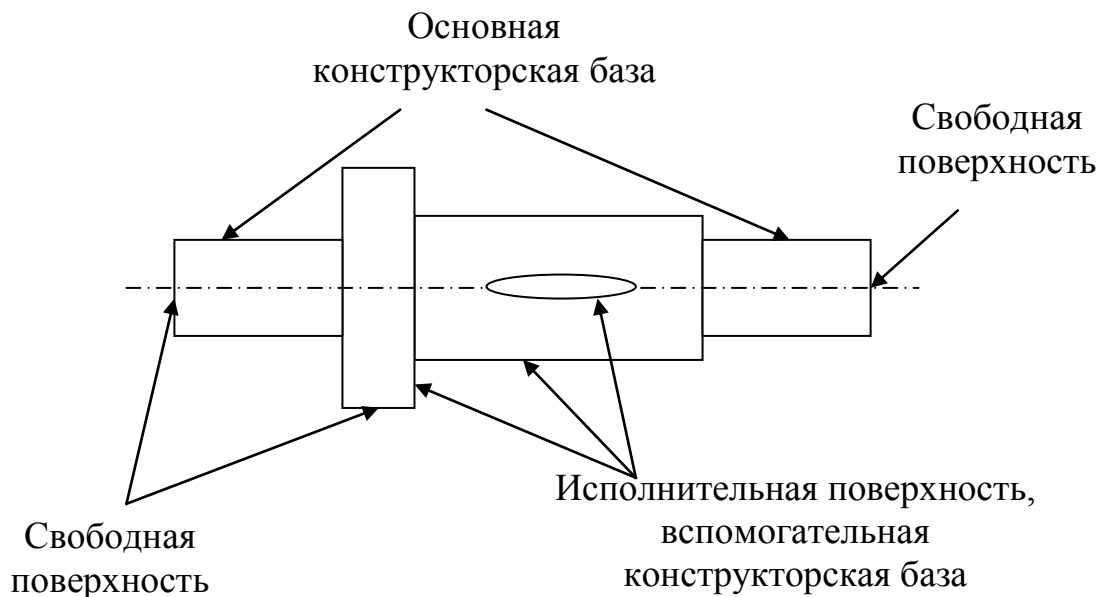


Рис. 1. Выбор поверхностей детали

[Вернуться в оглавление](#)

3.2. Качество продукции

Качество продукции – это совокупность свойств продукции, обуславливающих её пригодность удовлетворять определённые потребности в соответствии с её назначением.

ГОСТ 15.467-79 «Управление качеством продукции» устанавливает применяемые в науке и технике термины и определения основных понятий в области управления качеством продукции.

Качество продукции описывают рядом показателей:

- технический уровень, определяет степень совершенства машины (мощность, КПД, производительность);

- экономические показатели, определяют эффективность решений для минимальных затрат труда и средств на изготовление продукции;

- эксплуатационные показатели – это надежность и долговечность, безопасность и экологичность, эргономическая характеристика (учитывают гигиенические, физиологические потребности человека).

Чтобы машина получалась качественной, необходимо, чтобы качественными были все ее узлы и детали. Изобразим схематично составляющие качества машины (рис. 2).

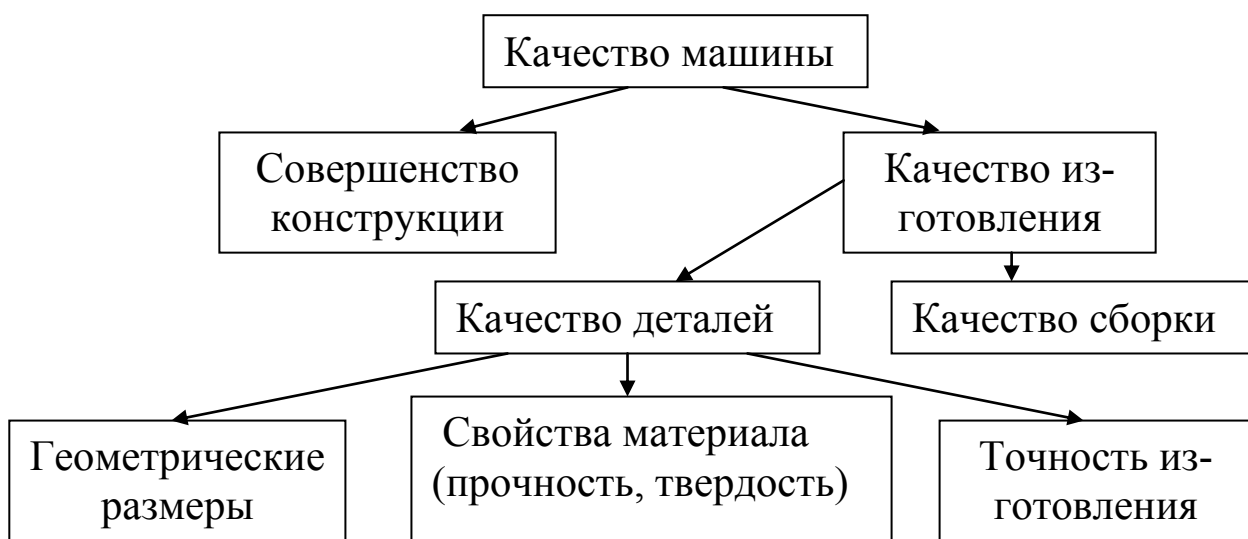


Рис. 2. Качество машины

[Вернуться в оглавление](#)

3.3. Показатели точности деталей

В действительности, изготовить любую деталь абсолютно точно невозможно. Все детали изготавливают с погрешностью.

Главный показатель качества деталей – их точность. Точность детали – степень приближения действительных размеров к их заданным значениям, указанным на чертеже.

Погрешность – разница между заданными и действительными размерами детали.

Мерами точности детали являются:

- допусковое отклонение – допустимая величина погрешности, в пределах которой деталь считается годной;

- действительное отклонение – погрешность.

То есть различают нормируемую и фактическую точность.

В качестве примера рассмотрим изготовление детали с размером A (рис. 3).

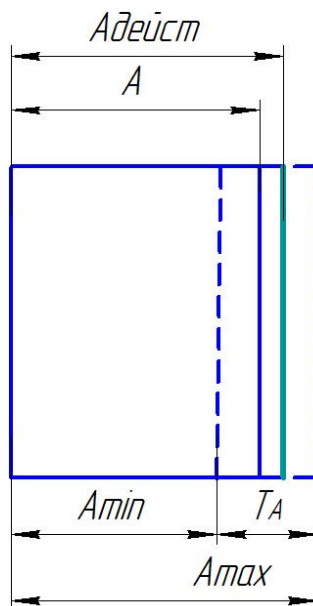


Рис. 3. Деталь с размером A

На этом рисунке: A – номинальное значение размера, заданное на чертеже. Все размеры задаются с допускаемыми отклонениями.

A_{min} , A_{max} – минимально и максимально допустимые значения размера A . Разность между ними составляет величину допуска T_A :

$$T_A = A_{max} - A_{min}$$

В результате обработки мы получили действительное значение размера – $A_{действ}$, которое должно попадать в пределы заданного допустимого отклонения. В противном случае получается брак.

Разница между действительным и номинальным значениями размера A является его погрешностью:

$$W_A = A - A_{действ}$$

Существуют следующие показатели точности:

1. Точность линейных размеров.

Под размером понимается расстояние между двумя небольшими участками двух или одной поверхности.

Определяется квалитетом – IT. Квалитет – мера точности.

Квалитет в свою очередь задает значение допуска. В машиностроении используют 20 квалитетов, которые обозначают номерами 01, 0, 1, 2,18. По номеру квалитета можно судить о точности размера детали (табл. 2).

Таблица 2

Сравнение квалитетов и точности получаемых размеров детали

Квалитет	01,0,1...4	5...7	8...11	12...14	15...18
Применение	точность калибров, концевых мер	точные размеры	средняя точность	низкая точность	грубые размеры

На чертеже размеры обозначают либо с указанием квалитета, либо непосредственно допускаемых отклонений (рис. 4). Основные отклонения обозначают буквами латинского алфавита. Прописные – для отверстий, строчные – для валов.

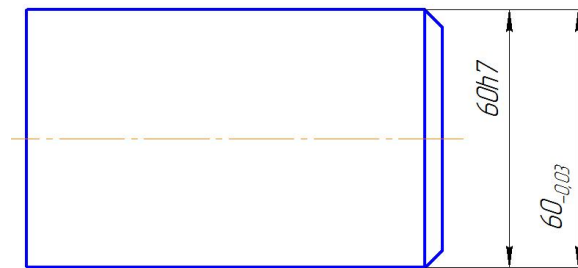


Рис. 4. Обозначение размера на чертеже

2. Точность относительного расположения поверхностей. Определяется отношением углового положения реальных поверхностей относительно заданного. Это такие отклонения, как отклонение от параллельности и перпендикулярности осей и поверхностей, пересечения осей, симметричности, соосности и т. д. Обозначают на чертеже в виде условных обозначений, которые наносят на соответствующие поверхности (рис. 5). Если нет условных обозначений, то допуск на расположение поверхностей входит в допуск линейной размерности.

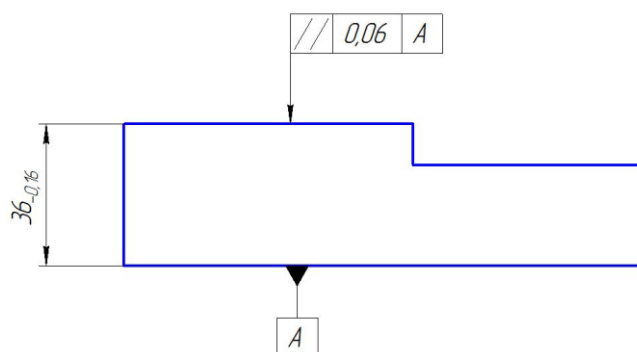


Рис. 5. Обозначение отклонения расположения поверхностей

3. Точность отклонения формы. Определяется отклонением формы реальной поверхности от номинального профиля. Это такие отклонения как отклонения от круглости и цилиндричности, плоскостности и прямолинейности. Обозначают на чертеже так же в виде условных обозначений, которые наносят на соответствующую поверхность (рис. 6). И аналогично, если нет условного обозначения, то допуск на отклонение формы входит в допуск линейной размерности.

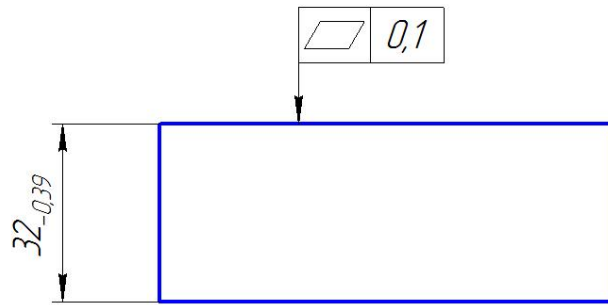


Рис.6. Обозначение отклонения формы

4. Шероховатость (качество) поверхности – совокупность неровностей профиля с относительно малыми шагами при отношении:

$$S_m/R_m < 40 \dots 50,$$

где S_m – средний шаг неровностей профиля; R_m – средняя высота профиля. Шероховатость поверхности образует рельеф поверхности и рассматривается в пределах базовой длины l ; при определении параметров ее профиля отсчет высот микронеровностей производится от средней линии m (рис. 7).

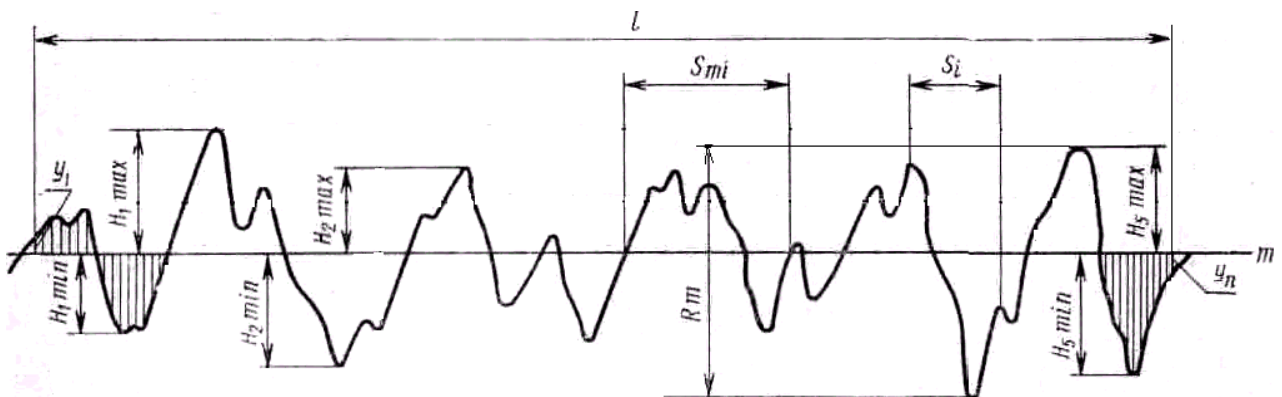


Рис. 7. Шероховатость поверхности

В соответствии с ГОСТ 2789-73 шероховатость поверхности оценивается двумя основными параметрами Ra и Rz .

Ra (мкм) – среднее арифметическое отклонение профиля в пределах базовой длины:

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|,$$

где n – число выбранных точек профиля на базовой длине; y – расстояние между любой точкой профиля и средней линией.

Rz (мкм) – высота неровностей профиля по десяти точкам: пять наибольших выступов профиля H_{\max} и пять наибольших впадин профиля H_{\min} в пределах базовой длины:

$$Rz = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 |H_i \max| + \sum_{i=1}^5 |H_i \min| \right),$$

По ГОСТ 2789-73 каждому классу чистоты соответствует диапазон значений шероховатостей Ra , Rz , среди которых выделяют предпочтительные значения (табл. 3).

Таблица 3

Сравнение классов чистоты и значений параметров шероховатости по ГОСТ 2789-73

Класс чистоты	Шероховатость поверхности	
	Параметры Rz, Ra	Параметры Ra (предпочтительного применения)
▽ 1	$Rz320$	50
▽ 2	$Rz160$	25
▽ 3	$Rz80$	12.5
▽ 4	$Rz40$	6.3
▽ 5	$Rz20$	3.2
▽ 6	2.5	1.6
▽ 7	1.25	0.8

Шероховатость поверхностей обозначают на чертеже для всех выполняемых по данному чертежу поверхностей изделия, независимо от методов их образования, кроме поверхностей, шероховатость которых не предусмотрена конструкцией.

Структура обозначения шероховатости поверхности приведена на рис. 8.

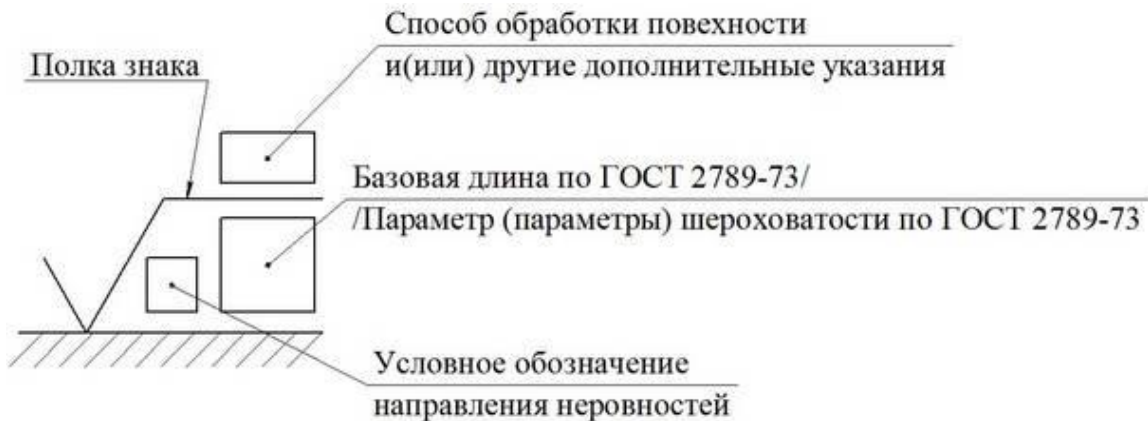


Рис. 8. Обозначение шероховатости поверхности

[Вернуться в оглавление](#)

3.4. Анализ технологичности конструкции детали

Каждая деталь должна изготавливаться с минимальными трудовыми и материальными затратами. Эти затраты можно сократить в значительной степени правильным выбором варианта технологического процесса, его оснащения, механизации и автоматизации, применения оптимальных режимов обработки и правильной подготовки производства. На трудоёмкость изготовления детали оказывают особое влияние её конструкция и технические требования на изготовление.

При обработке на технологичность конструкции детали необходимо производить оценку в процессе её конструирования. Анализ технологичности конструкции является сложной задачей, успешное решение которой, существенно зависит от опыта и квалификации исполнителей.

Требования к технологичности конструкции детали, согласно ГОСТ 14.204-73, следующие:

- конструкция детали должна состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов или быть стандартной в целом;
- детали должны изготавливаться из стандартных и унифицированных заготовок или заготовок, полученных рациональным способом;

- размеры и поверхности детали должны иметь соответственно оптимальные степень точности и шероховатость:

- физико-химические и механические свойства материала, жесткость детали, её форма и размеры должны соответствовать требованиям технологии изготовления;

- показатели базовой поверхности (точность, шероховатость) детали должны обеспечивать точность установки, обработки и контроля;

- конструкция детали должна обеспечивать возможность применения типовых и стандартных технологических процессов её изготовления.

Отработка конструкции изделия на технологичность должна обеспечивать решение следующих основных задач: снижение трудоёмкости и себестоимости изготовления, снижение расхода материала и топливно-энергетических ресурсов.

Рассмотрим ряд частных рекомендаций для некоторых типов изделий.

Корпусные детали. К этим деталям относятся рамы, станины, корпуса и т. д., которые сложны и разнообразны по конструкции. Они являются базовыми деталями сборочных единиц и служат опорой для прочих узлов и деталей, объединяя их в законченную конструкцию. Примерами требований к технологичности таких деталей являются:

- обрабатываемые плоскости рекомендуется располагать на одном уровне, что позволяет обрабатывать их на проход за один рабочий ход без остановки и настройки станка на другой размер;

- необходимо обеспечивать свободный доступ к обрабатываемым поверхностям;

- необходимо задавать межосевые расстояния отверстий, так, чтобы была возможность их обработки на многошпиндельных станках;

- необходимо предусматривать возможность растачивания осевых отверстий на проход;

- необходимо исключать подрезку внутренних торцов ступиц для отверстий;

- необходимо исключать наклонные поверхности, которые затрудняют обработку;

- опорные поверхности должны иметь достаточную протяженность для обеспечения устойчивости деталей, в противном случае необходимо предусматривать дополнительные опоры;

- количество опор должно быть не больше трех, что обеспечивает наибольшую устойчивость;

- необходимо обеспечивать вход и выход инструмента перпендикулярно поверхности, что исключает его поломку;

- отверстия должны быть расположены так, чтобы использовать нормализованный инструмент.

Валы и оси. По конструкции валы и оси могут быть гладкими, ступенчатыми, полыми и сплошными. На валах и осях размещаются вращающиеся детали (зубчатые колеса, шкивы, подшипники). Примерами требований к технологичности валов и осей являются:

- точные валы и оси целесообразно обрабатывать в центрах;

- там, где это возможно, следует избегать применения ступенчатых валов и осей, что дает возможность использовать при изготовлении калиброванный прокат;

- ступенчатые валы и оси необходимо проектировать с минимальным перепадом диаметров ступеней, т.к. при этом повышается сопротивление усталости;

- ступени по длине целесообразно выбирать одинаковыми или кратными, что дает возможность обрабатывать их на многорезцовых станках;

- заготовку для валов с фланцем на конце целесообразно получать высадкой на горизонтально-ковочных машинах, штамповкой или сваркой, что снижает трудоемкость и расход металла;

- для валов, подвергаемых закалке, особенно токами высокой частоты, острые кромки элементов в зоне нагрева следует притупить, чтобы избежать их оплавления из-за более высокой скорости нагрева;

- при закалке ступенчатых валов ТВЧ рекомендуется оставлять незакаленные участки около уступов, чтобы снизить концентрацию напряжений и уменьшить вероятность появления закалочных трещин.

Втулки. Детали типа втулок и колец применяют в качестве опор для валов, в виде муфт, распорных элементов и т. д. Во многих случаях втулки имеют резьбовые, шлицевые элементы, выступы и канавки на наружной и внутренней поверхностях. При конструировании деталей этого класса рекомендуется:

- для обеспечения соосности внутренних и наружных поверхностей следует обрабатывать их за один установ;
- применение глухих отверстий с двух сторон не рекомендуется, так как трудно обеспечить их соосность;
- следует избегать внутренних выточек, особенно с точным небольшим диаметром;
- втулки со шлицами желательно делать сквозными, чтобы обеспечить свободный выход режущего инструмента и использовать протягивание;
- шлицевые поверхности рекомендуется выполнять сплошными, без разрывов, чтобы снизить число ударов по режущему инструменту при врезании;
- необходимо сокращать протяженность опорных поверхностей, заменяя их поясками на краях.

[Вернуться в оглавление](#)

3.5. Техничко-экономические показатели изготовления машины

При изготовлении машин наиболее полно должны быть использованы технические возможности производства при наименьших затратах времени и наименьшей себестоимости. Из нескольких вариантов технологических процессов изготовления машины, равноценных по техническому проектированию выбирают наиболее эффективный вариант (т. е. производительный) и рентабельный.

Существует несколько основных технико-экономических показателей:

- себестоимость изготовления машины – это затраты живого и овеществленного труда, выраженные в денежной форме, руб.;
- трудоемкость – это совокупность только живых трудовых затрат, сумма нормо-часов на изготовление машины, час;
- материалоемкость – это совокупность затрат на материалы и комплектующие изделия, руб.

Себестоимость может быть плановая и фактическая.

Плановая себестоимость необходима для выбора наиболее экономичного технологического процесса.

Фактическая себестоимость оценивается по фактическим затратам для оценки действительных расходов.

Себестоимость можно определить по формуле

$$C = \sum_1^n M_i + \sum \left[O + П + И + \left(1 + \frac{a_1 + a_2}{100}\right) \times З \right],$$

где M_i – сумма затрат на материалы и комплектующие на единицу продукции; O – расходы на содержание и амортизацию оборудования на единицу продукции; $П$ – расходы на содержание и амортизацию приспособлений на единицу продукции; $И$ – расходы на содержание и амортизацию инструментов на единицу продукции; $З$ – расходы на зарплату на единицу продукции; a_1 – процент начисления на социальный страх по заработной плате; a_2 – процент накладных расходов, начисленных на расходы по заработной плате.

Трудоемкость определяется на каждую операцию. Это вызвано следующими причинами:

- трудоемкость определяет стоимость выполнения данной операции, так как трудоемкость, помноженная на расценку (по соответствующей квалификации рабочего) определяет его заработную плату;
- трудоемкость определяет загрузку оборудования, т. е. можно определить необходимое количество станков для запланированной программы;
- трудоемкость определяет производительность, т. е. можно определить, сколько деталей будет выпущено за месяц, квартал.

Существуют следующие методы определения трудоемкости.

1. Расчетно-аналитический метод. Время выполнения операций рассчитывается по формулам на основании метода обработки, выбранных режимов резания и размеров деталей. Метод применяют в условиях массового и крупносерийного производства, когда требуется высокая точность определения норм времени.

2. Хронометраж – опытный путь, замеряется фактическое время операции. Метод применяют в крупносерийном и массовом производстве для уточнения назначенных расчетным путем норм. В мелкосерийном не применяется (за исключением обработки на станках с ЧПУ).

3. Внутри заводские нормативы. Каждое предприятие имеет собственные нормативы. Такие нормативы составляются на основе обобщения опыта по существующим на предприятии технологическим процессам. На каждом предприятии может быть своя методика определения нормы времени. Например, можно определить норму времени по весу детали или металлоконструкции, другим способом.

4. Личный опыт нормировщика. Это вполне допустимо, если нормировщик давно работает на данном предприятии, имеет большой

опыт (обычно бывший мастер, рабочий – станочник) и технологические процессы, применяемые на данном предприятии, достаточно стабильны. Используют в единичном, мелкосерийном, опытном производстве.

Материалоёмкость, или расход материала при изготовлении машины определяется с учетом отходов в процессе её изготовления:

$$M = \sum_1^n m_1 q_1 - \sum_1^n m_2 q_2,$$

где m_1 – масса материала каждой марки для изготовления машины, кг; q_1 – стоимость 1 кг материала надлежащей марки; m_2 – масса отходов материалов; q_2 – стоимость 1 кг отходов.

[Вернуться в оглавление](#)

4. МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК

4.1. Выбор исходной заготовки и обоснование методов её изготовления

Заготовкой по ГОСТ 3.1109-82 называется предмет труда, из которого изменением формы, размеров и свойств поверхности или материала изготавливают деталь.

Основными методами получения заготовок являются литьё, ковка, штамповка, прокатка. Используются также сварные заготовки. Соответственно заготовки, полученные этими методами, называются:

- отливки;
- поковки;
- штампованные заготовки;
- прокат.

Выбор метода получения заготовки может быть осуществлен при проектировании изделия конструктором и откорректирован технологом при анализе рабочей конструкторской документации. Этот выбор осуществляется на основе всестороннего анализа следующих факторов: назначения изделия, условий его эксплуатации, материала, размеров, формы, объема выпуска, технической оснащенности заготовительного производства. В мелкосерийном производстве применяют заготовки из проката (прутка, трубы, листа), поковки и литья. Штампованную поковку выбирать нецелесообразно,

так как стоимость штампов закладывается в себестоимость заготовок. Окончательное решение принимается на основе экономического расчета стоимости получения заготовки различными методами. После выбора метода получения заготовки определяют ее конфигурацию, размеры, допуски на них, припуски на механическую обработку, разрабатывают чертеж и технические условия на изготовление.

[Вернуться в оглавление](#)

4.2. Литейное производство

Литейное производство – это технологический процесс получения фасонных деталей из заготовок заливкой расплавленного металла в литейную форму. После затвердевания металла в форме получается отливка – литая деталь или заготовка.

Более 50% всех деталей машин и промышленного оборудования изготавливается методом литья. Это один из экономичных способов получения деталей и заготовок сложной формы, больших и малых размеров.

Этим методом можно изготавливать изделия сложной конфигурации, которые другими способами обработки получить трудно или невозможно. Масса отливки может быть от нескольких граммов (детали приборов) до сотен тонн (станины станков).

Литые детали изготавливают из чугуна ~77%, литейных сталей ~21%, медных, алюминиевых, магниевых и других сплавов ~2%.

Технологический процесс получения отливок включает в себя изготовление модели, приготовление формовочных и стержневых смесей, изготовление литейных стержней и литейных форм, сборку литейных форм, плавку металла, заливку металла в формы, освобождение отливки из формы, обработку и чистку литья, контроль качества отливки.

Как известно, металлы и сплавы обладают определенными технологическими свойствами, которые проявляются при заполнении формы, кристаллизации и охлаждении отливок в форме. Наиболее важные литейные свойства – это жидкотекучесть, усадка (объемная и линейная), склонность сплавов к ликвации, образованию трещин, поглощению газов, пористости и др.

Жидкотекучесть – способность металлов и сплавов течь в расплавленном состоянии по каналам литейной формы, заполнять ее полости и четко воспроизводить контуры отливки. Жидкотекучесть литейных сплавов зависит от температурного интервала кристаллизации, вязкости и поверхностного натяжения

расплава, температуры заливки формы, свойств формы и т. д.

Усадка – свойство литейных сплавов уменьшать объем при затвердевании и охлаждении. Усадочные процессы в отливках протекают с момента заливки расплавленного металла в форму вплоть до полного охлаждения отливки. Различают линейную и объемную усадку, выражаемую в относительных единицах.

Ликвация – неоднородность химического состава сплава в различных частях отливки. Она возникает в процессе затвердевания отливки из-за различной растворимости отдельных компонентов сплава в его твердой и жидкой фазах. Чем больше это различие, тем неоднороднее распределяется примесь по сечению отливки и тем больше ликвация примеси. В сталях и чугунах заметно ликвируют сера, фосфор и углерод. Ликвация вызывает неоднородность механических свойств в различных частях отливки.

Существует несколько способов литья.

Изготовление отливок в разовых песчаных формах. В настоящее время является универсальным и самым распространенным способом изготовления отливок. Этим способом изготавливают разнообразные по сложности отливки любой массы и размеров из сталей, чугунов и сплавов цветных металлов в мелкосерийном производстве.

Сущность литья в песчаные формы заключается в изготовлении отливок свободной заливкой расплавленного металла в разовую разъемную и толстостенную литейную форму, изготовленную из формовочной смеси по многократно используемым моделям (деревянным или металлическим), расположенным в опоках. После затвердевания залитого металла, формовочную смесь разрушают и отливку извлекают из формы.

Модель – копия заготовки, при помощи которой в литейной форме воспроизводится наружный контур будущей отливки.

Литейная форма – это система элементов, образующих рабочую полость, при заливке которой расплавленным металлом формируется отливка. На рис. 9, а показана литейная форма для тройника (рис. 9, б). Форма обычно состоит из нижней 2 и верх-

нейбполуформ, которые изготовляют по литейным моделям 7 (рис. 9, г) в литейных опоках 3, 5.

Литейная опока – металлическая рамка для удержания формовочной смеси при изготовлении формы. Верхнюю и нижнюю полуформы взаимно ориентируют с помощью цилиндрических металлических штырей 4, вставляемых в отверстия приливов у опок. Для образования полостей, отверстий или иных сложных контуров в формы устанавливают литейные стержни (рис. 9, в), которые фиксируют с помощью выступов (стержневых знаков), входящих в соответствующие впадины в форме. Литейные стержни изготовляют по стержневым ящикам (рис. 9, д).

Формовочная смесь может быть облицовочной и наполнительной. Облицовочная формовочная смесь имеет высокое качество, так как соприкасается с расплавленным металлом. Основными компонентами является песок и глина. В качестве связующих компонентов применяют уголь, древесные опилки, торф, графит. Наполнительная формовочная смесь имеет более низкое качество и на 95% состоит из регенерируемой оборотной смеси.

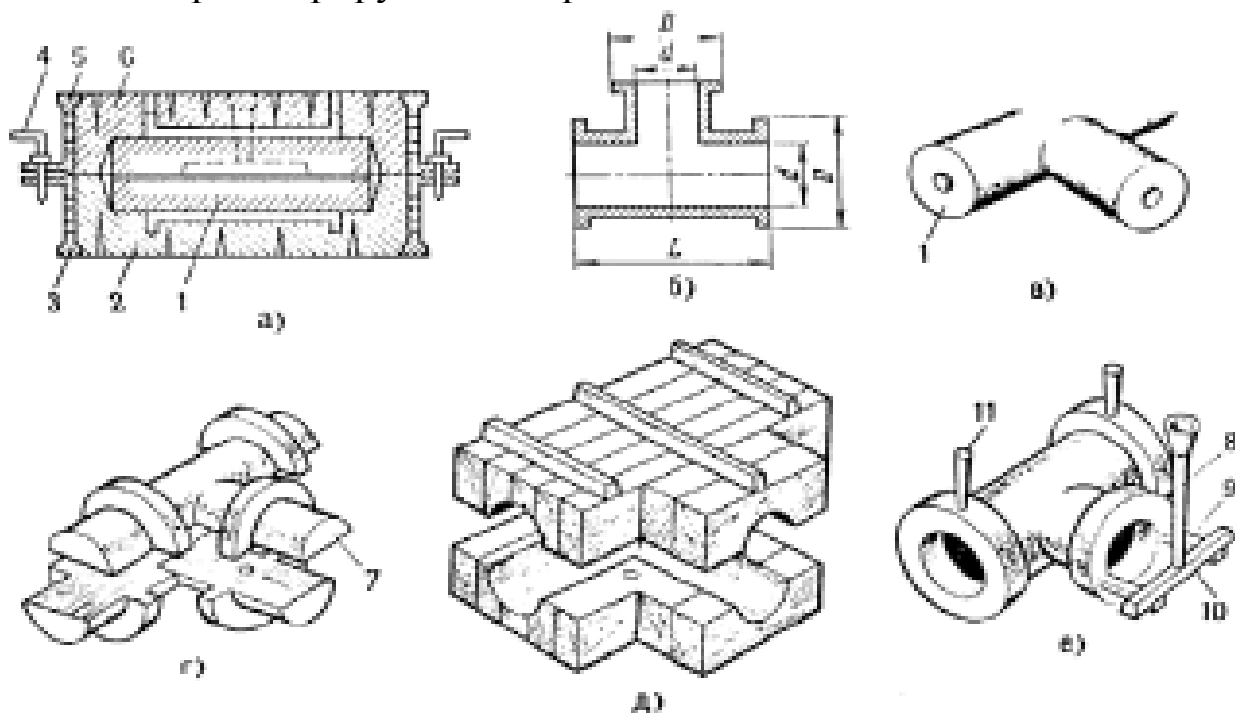


Рис. 9. Литейная форма и ее элементы: а – литейная форма; б – деталь; в – литейный стержень; г – модель; д – стержневой ящик; е – отливка с литниковой системой

Сначала модель в опоках на 15–20 мм засыпают облицовочной формовочной смесью, затем наполнительной формовочной смесью.

После чего производят ручную или машинную трамбовку (уплотнение) смеси и прорезают вентиляционные каналы для отвода газов во время заливки расплава.

Для подвода расплавленного металла в полость литейной формы, ее заполнения и питания отливки при затвердевании используют литниковую систему 8-11. После заливки расплавленного металла, его затвердевания и охлаждения форму разрушают, извлекая отливку (рис. 9, е).

Точность геометрических размеров, шероховатость поверхности отливок, полученных в песчаных формах, во многих случаях не удовлетворяют требованиям современной техники. Поэтому быстрыми темпами развиваются специальные способы литья: в оболочковые формы, по выплавляемым моделям, кокильное, под давлением, центробежное и другие, позволяющие получать отливки повышенной точности, с малой шероховатостью поверхности, минимальными припусками на механическую обработку, а иногда полностью исключаящие ее, что обеспечивает высокую производительность труда и т. д.

Изготовление отливок в кокилях. Этим способом отливки получают путем заливки расплавленного металла в металлические формы многократного использования – кокили. При сборке кокилей в определенной последовательности устанавливают металлические или песчаные стержни, проверяют точность их установки и закрепления, соединяют половины кокиля и скрепляют их. Заливку металла осуществляют разливочными ковшами или автоматическими заливочными устройствами. Затем отливки охлаждают до температуры выбивки, и выталкивают из кокиля. После этого отливки подвергают обрубке, очистке и в случае необходимости – термической обработке.

Для удаления воздуха и газов из полости формы по плоскости разъема кокиля выполняют вентиляционные каналы. Отливки из рабочей полости удаляют выталкивателями. Рабочую поверхность кокиля и металлических стержней очищают от ржавчины и загрязнений. Затем на рабочую поверхность кокиля наносят теплозащитные покрытия для предохранения его стенок от воздействия высоких температур заливаемого металла, для регулирования скорости охлаждения отливки, улучшения заполняемости кокиля, облегчения извлечения отливки и т. д.

При литье в кокиль сокращается расход формовочной и стержневой смесей. Затвердевание отливок происходит в условиях интенсивного отвода теплоты из залитого металла, что обеспечивает более высокие плотность металла и механические свойства, чем у отливок, полученных в песчаные формы. Кокильные отливки имеют высокую геометрическую точность размеров и малую шероховатость поверхности, что снижает припуски на механическую обработку вдвое по сравнению с литьем в песчаные формы. Этот способ литья высоко производителен.

Недостатки кокильного литья: высокая трудоемкость изготовления кокилей, их ограниченная стойкость, трудность изготовления сложных по конфигурации отливок.

Изготовление отливок литьем под давлением. Литьем под давлением получают отливки в металлических формах (пресс-формах), при этом заливку металла в форму и формирование отливки осуществляют под давлением. После затвердевания отливки пресс-форма раскрывается, и отливка выталкивателями удаляется из рабочей полости пресс-формы. Перед заливкой пресс-форму нагревают до температуры 120–320 °С. После удаления отливки рабочую поверхность пресс-формы обдувают воздухом и смазывают специальными материалами для предупреждения приваривания отливки. Воздух и газы удаляют через каналы, расположенные в плоскости разъема пресс-формы. Такие машины применяют для изготовления отливок из медных, алюминиевых, магниевых и цинковых сплавов массой до 45 кг.

Литье под давлением используют в массовом и крупносерийном производстве отливок с минимальной толщиной стенок 0,8 мм, с высокой точностью размеров и малой шероховатостью поверхности за счет точной обработки и тщательного полирования рабочей полости пресс-формы. Детали получают точные или с минимальными припусками, что резко сокращает объем механической обработки отливок; с высокой производительностью процесса.

Недостатки литья под давлением – высокая стоимость пресс-форм; ограниченность габаритных размеров и массы отливок; наличие воздушной пористости в массивных частях отливок, из-за примешивания воздуха при высоких скоростях впуска расплава.

Изготовление отливок центробежным литьем. При центробежном литье сплав заливают во вращающиеся формы; формирова-

ние отливки осуществляется под действием центробежных сил, что обеспечивает высокую плотность и механические свойства отливок.

Центробежным литьем отливки изготавливают в металлических, песчаных, оболочковых формах и формах для литья по выплавляемым моделям на центробежных машинах с горизонтальной или вертикальной осью вращения.

Металлические формы изложницы изготавливают из чугуна и стали. Толщина изложницы обычно в 1,5–2 раза больше толщины отливки. В процессе литья изложницы снаружи охлаждают водой или воздухом. На рабочую поверхность изложницы наносят теплозащитные покрытия для увеличения срока их службы. Перед работой изложницы подогревают до температуры 200 °С.

Частота вращения изложницы при центробежном литье составляет 150–1200 об/мин. Преимущества центробежного литья – получение внутренних полостей трубных заготовок без применения стержней; большая экономия сплава за счет отсутствия литниковой системы; возможность получения двухслойных заготовок, что достигается поочередной заливкой в форму различных сплавов (сталь и чугун, чугун и бронза и т. д.).

Изготовление отливок литьем по выплавляемым моделям. Отливки получают путем заливки расплавленного металла в формы, изготовленные по выплавляемым моделям многократным погружением в керамическую суспензию с последующими обсыпкой и отверждением. Разовые выплавляемые модели изготавливают в пресс-формах из модельных составов, состоящих из легкоплавких компонентов парафина, стеарина, жирных кислот, церезина и др. Модельный состав в пастообразном состоянии запрессовывают в пресс-формы. После затвердевания модельного состава пресс-форму раскрывают и модель выталкивают в ванну с холодной водой. Затем модели собирают в модельные блоки с общей литниковой системой. В один блок объединяют от 2 до 100 моделей. Модельный блок покрывают керамической суспензией (пылевидный кварц, электрокорунд и др. со связующим – гидролизированным раствором этилсиликата), обсыпают кварцевым песком и сушат 2–2,5 ч на воздухе или 20–40 мин в среде аммиака. На модельный блок наносят четыре–шесть слоев огнеупорного покрытия с последующей сушкой каждого слоя. Модели из форм удаляют выплавлением в горячей воде. При выдержке модельный состав расплавляется, всплывает на поверхность ванны, откуда периодически удаляется для нового ис-

пользования. После извлечения из ванны оболочки промывают водой и сушат в шкафах в течение 2–5 ч при температуре 200°С.

Затем вокруг оболочки засыпают сухой кварцевый песок и уплотняют его, после чего форму направляют в электрическую печь, в которой ее прокаливают не менее 2 ч при температуре 900–950°С. При прокалке частички связующего спекаются с частичками огнеупорного материала, влага испаряется, остатки модельного состава выгорают. Формы сразу же после прокалки, горячими, заливают расплавленным металлом. После охлаждения отливки форму разрушают. Отливки для окончательной очистки направляют на химическую очистку в 45%-ном водном растворе едкого натра, нагретом до температуры 150°С. После травления отливки промывают проточной водой, сушат, подвергают термической обработке и контролю.

Керамическая суспензия позволяет точно воспроизвести контуры модели, а образование неразъемной литейной формы с малой шероховатостью поверхности способствует получению отливок с высокой точностью геометрических размеров и малой шероховатостью поверхности, что значительно снижает объем механической обработки отливок. Припуск на механическую обработку составляет 0,2–0,7 мм.

Заливка расплавленного металла в горячие формы позволяет получать сложные по конфигурации отливки с толщиной стенки 1–3 мм и массой от нескольких граммов до нескольких десятков килограммов из жаропрочных труднообрабатываемых сплавов (турбинные лопатки), коррозионностойких сталей (колеса для насосов), углеродистых сталей в массовом и крупносерийном производстве.

Изготовление отливок в оболочковых формах. Оболочковые формы (разъемные, тонкостенные) изготавливают следующим образом: модель помещают на металлическую модельную плиту, нагретую до температуры 200–250 °С, и засыпают формовочной смесью, в которую вводят 6–10% термоактивной фенолформальдегидной смолы.

От теплоты модельной плиты смола в пограничном слое переходит в жидкое состояние, склеивает песчинки с образованием песчано-смоляной оболочки толщиной 5–20 мм в зависимости от времени выдержки. Затем модельная плита с полутвердой оболочкой нагревается в печи при температуре 300–350 °С в течение 1–1,5 мин,

при этом термоактивная смола переходит в твердое необратимое состояние.

Твердая оболочка снимается с модели специальными толкателями. Аналогично изготавливают и вторую полуформу. Готовые оболочковые полуформы склеивают быстро твердеющим клеем на специальных прессах, предварительно установив в них литейные стержни, или скрепляют скобами. Кроме оболочковых форм, этим способом изготавливают оболочковые стержни, используя нагреваемые стержневые ящики. Оболочковые формы и стержни изготавливают на одно- и многопозиционных автоматических машинах и автоматических линиях.

Повышенная точность формы позволяет в 2 раза снизить припуски на механическую обработку отливок. Применяя мелкозернистый кварцевый песок для форм, можно снизить шероховатость поверхности отливок. Высокая прочность оболочек позволяет изготавливать формы тонкостенными, что значительно сокращает расход формовочных материалов. В оболочковых формах изготавливают отливки с толщиной стенки 3-15 мм и массой 0,25-100 кг для автомобилей, тракторов, сельскохозяйственных машин из чугуна, углеродистых сталей, сплавов цветных металлов.

[Вернуться в оглавление](#)

4.3. Ковка металлов

Ковка металла – это изменение размеров и формы исходной заготовки, разогретой до пластического состояния, свободной ковкой на ковочных молотах или ковочных гидравлических прессах при воздействии инструментом. Инструмент – фасонные бойки различной формы. Технологический процессковки состоит из операций:

- подготовки исходного металла;
- нагрева металла перед ковкой до температуры 1200°С;
- собственноковки на молоте или прессе;
- отделки поковки.

Процессковки состоит из чередования в определенной последовательности основных и вспомогательных операций. Каждая операция определяется характером деформирования и применяемым инструментом. К основным операциямковки относятся: осадка, прошивка, обрубка, гибка.

Осадка – операция уменьшения высоты заготовки при увеличении площади ее поперечного сечения. Осаживают заготовки между бойками или подкладными плитами. Разновидностью осадки является высадка, при которой металл осаживают лишь на части длины заготовки (рис. 10).

Протяжка – операция удлинения заготовки или ее части за счет уменьшения площади поперечного сечения. Протяжку производят последовательными ударами или нажатиями на отдельные участки заготовки, примыкающие один к другому, с подачей заготовки вдоль оси протяжки и поворотами ее на 90 градусов вокруг этой оси. При каждом нажатии уменьшается высота сечения, увеличиваются ширина и длина заготовки. Протягивают плоскими и вырезанными бойками (рис. 11).

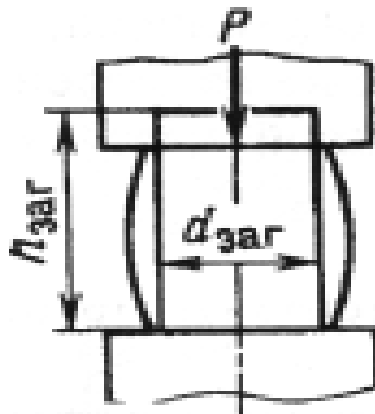


Рис.10. Схема осадки

Протяжку применяют не только для получения поковок с удлиненной осью (валы, рычаги, тяги и т. д.), но и в чередовании с осадкой – для большей уковки металла заготовки. Протяжка имеет ряд разновидностей.

Разгонка – операция увеличения ширины части заготовки за счет уменьшения ее толщины (рис. 12).

Протяжка с оправкой – операция увеличения длины пустотелой заготовки за счет уменьшения толщины ее стенок.

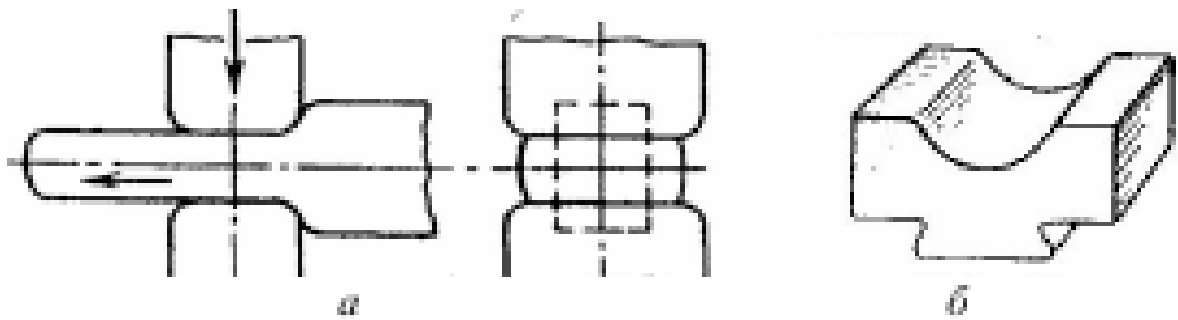


Рис. 11. Схема протягивания плоскими (а) и вырезными (б) бойками

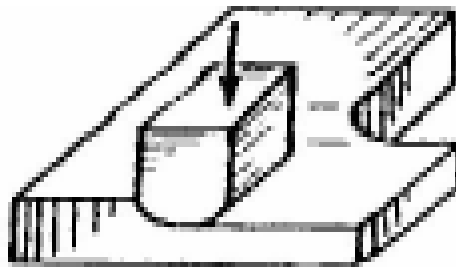


Рис. 12. Разгонка

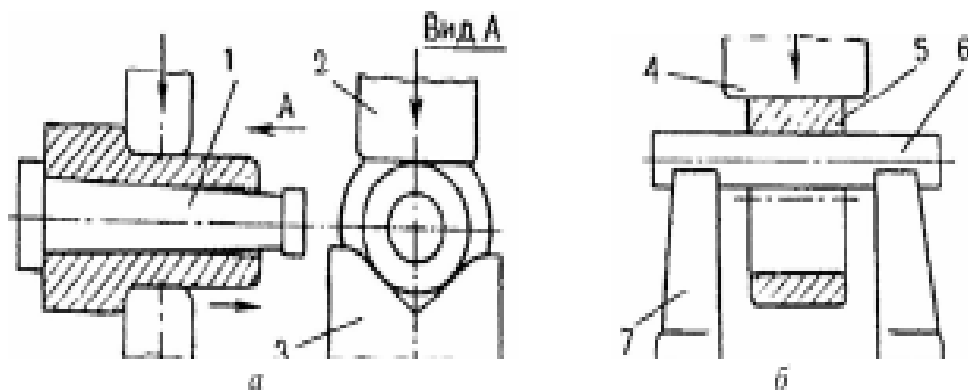


Рис. 13. Протяжка с оправкой (а) и раскатка на оправке (б)

Протяжку выполняют в вырезных бойках (или нижнем вырезном 3 и верхнем плоском 2) на слегка конической оправке 1 (рис. 13,а). Протягивают в одном направлении – к расширяющемуся концу оправки, что облегчает ее удаление из поковки.

Раскатка на оправке – операция одновременного увеличения наружного и внутреннего диаметров кольцевой заготовки за счет уменьшения толщины ее стенок. Заготовка 5 (рис. 13, б) опирается внутренней поверхностью на цилиндрическую оправку 6, устанавливаемую концами на подставках 7, и деформируется между оправ-

кой и узким длинным бойком 4. После каждого нажатия заготовку поворачивают относительно оправки.

Протяжку с оправкой и раскатку на оправке часто применяют совместно. Вначале раскаткой уничтожают бочкообразность предварительно осаженой и прошивой заготовки и доводят ее внутренний диаметр до требуемых размеров. Затем протяжкой с оправкой уменьшают толщину стенок и увеличивают до заданных размеров длину поковки.

Прошивка – операция получения полостей в заготовке за счет вытеснения металла (рис. 14, а). Прошивкой можно получить сквозное отверстие или углубление (глухая прошивка). Инструментом для прошивки служат прошивни (рис. 14, б) сплошные и пустотелые; последними прошивают отверстия большого диаметра (400–900 мм).

Обрубка – операция отделения части заготовки по незамкнутому контуру путем внедрения в заготовку деформирующего инструмента – топора (рис. 15, а).

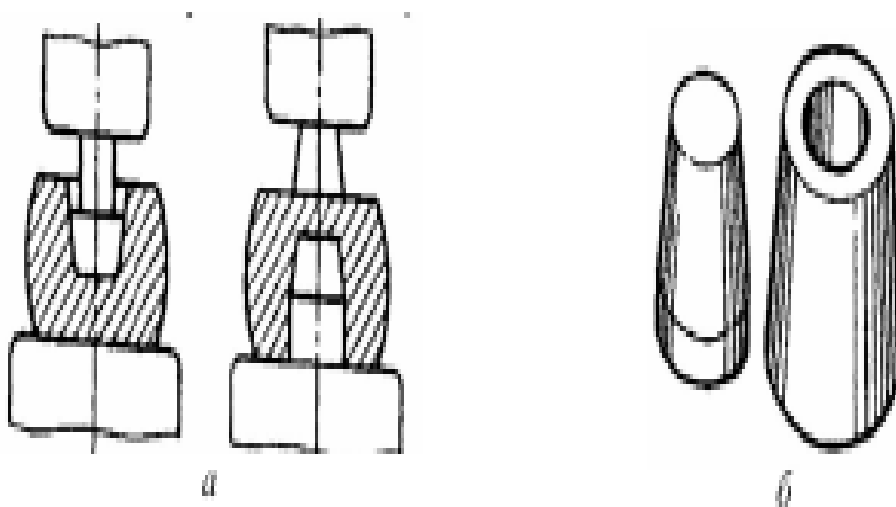


Рис. 14. Прошивка отверстий: а – вид на операцию; б – прошивни

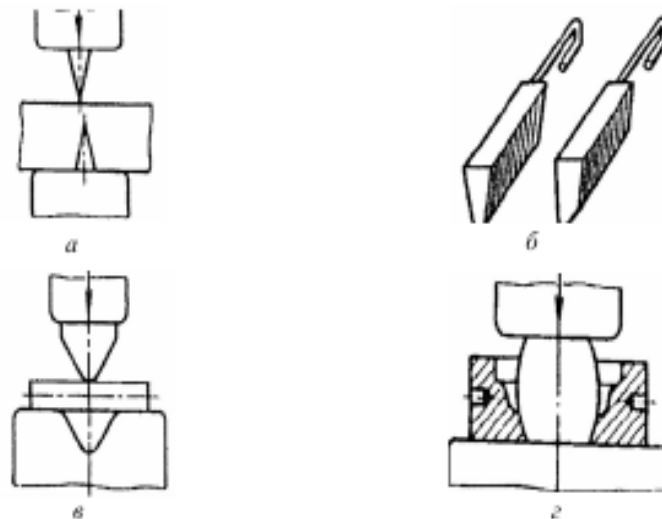


Рис.15. Инструмент для гибки и обрубки: а, б – виды топоров;
в, г – вид на операцию

Обрубку применяют для получения из заготовок большой длины нескольких коротких, для удаления излишков металла на концах поковок, а также прибыльной и донной частей слитков и т. п. Инструмент для обрубки – топоры различной формы (рис. 15, б).

Гибка – операция придания заготовке изогнутой формы по заданному контуру. Этой операцией получают угольники, скобы, крючки, кронштейны и др. Гибка сопровождается искажением первоначальной формы поперечного сечения заготовки и уменьшением его площади в зоне изгиба, называемым утяжкой. Для компенсации утяжки в зоне изгиба заготовке придают увеличенные поперечные размеры. При гибке возможно образование складок по внутреннему контуру и трещин по наружному. Во избежание этого явления по заданному углу изгиба подбирают соответствующий радиус скругления.

Перечисленными операциямиковки трудно изготовить поковки относительно сложной конфигурацией. Поэтому при изготовлении небольшой партии таких поковок применяют так называемую штамповку в подкладных штампах. Подкладной штамп может состоять из одной или двух частей, в которых имеется полость с конфигурацией поковки или ее отдельного участка. В подкладных штампах можно изготавливать головки гаечных ключей, головки болтов, диски со ступицей, втулки с буртом и другие поковки.

[Вернуться в оглавление](#)

4.4. Объемная штамповка

Сутью объемной штамповки является схема деформирования – затекание металла в полость инструмента.

Металлзаготовки заполняет полость специального инструмента-штампа, называемую его ручьем, приобретая его форму и размеры. Течение металла ограничивается поверхностями полостей (а также выступов), изготовленных в отдельных частях штампа. Затеканию металла в полость штампа препятствуют силы трения; схема напряженного состояния – всестороннее неравномерное сжатие. Чем больше отношение глубины к ширине полости, тем большее давление должно быть приложено к металлу для ее заполнения. Так как характер трения металла в процессе штамповки определяется типом штампа, то этот признак можно считать основным для классификации способов штамповки. В зависимости от типа штампа выделяют штамповку в открытых и закрытых штампах.

Штамповка в открытых штампах характеризуется переменным зазором между подвижной и неподвижной частями штампа (рис. 16, а). В этот зазор вытекает часть металла – облой, который закрывает выход из полости штампа и заставляет остальной металл целиком заполнить всю полость. В конечный момент деформирования в облой выжимаются излишки металла, находящиеся в полости, что позволяет не предъявлять высоких требований к точности заготовок по массе. Штамповкой в открытых штампах можно получать поковки практически всех типов.

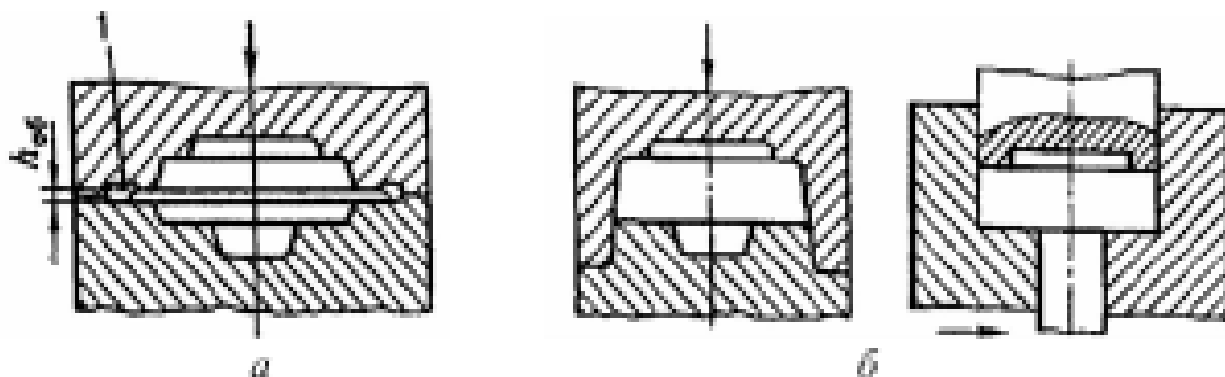


Рис.16. Штамповка в открытых (а)закрытых (б) штампах

Штамповка в закрытых штампах характеризуется тем, что полость штампа в процессе деформирования остается закрытой (рис. 16, б). Зазор между подвижной и неподвижной частями штампа при этом постоянный и небольшой, так что образование облоя в

нем не предусмотрено. При штамповке в закрытых штампах необходимо строго соблюдать равенство объемов заготовки и поковки, иначе при недостатке металла не заполняются углы полости штампа, а при избытке размер поковки по высоте будет больше требуемого.

Существенное преимущество штамповки в закрытых штампах – уменьшение расхода металла, поскольку нет отхода в облой. Поковки, полученные в закрытых штампах, имеют более благоприятную структуру, так как волокна обтекают контур поковки, а не перерезаются в месте выхода металла в облой. При штамповке в закрытых штампах металл деформируется в условиях всестороннего неравномерного сжатия при больших сжимающих напряжениях, чем в открытых штампах. Это позволяет получать большие степени деформации и штамповать малопластичные сплавы.

[Вернуться в оглавление](#)

4.5. Прокат металлов

Прокатка – это ротационное обжатие заготовки вращающимися валками. Силами трения заготовка втягивается между валками, в результате чего меняются её поперечные размеры. Схема технологического процесса прокатки включает: подготовку исходного материала к прокатке; нагрев металла перед прокаткой; собственно прокатку; отделку и контроль качества проката.

Различают следующие виды прокатки: продольная, поперечная и поперечно-винтовая (рис. 17).

Продольной прокаткой изготовляют около 90 всей прокатываемой продукции. При продольной прокатке (рис. 17, а) валки вращаются в разные стороны, а заготовка перемещается перпендикулярно к осям валков, обжимается с уменьшением площади поперечного сечения и увеличением длины.

При поперечной прокатке (рис. 17, б) валки с параллельными осями вращаются в одну сторону, приводя во вращательное движение заготовку 2, которая пластически деформируется вдоль валков.

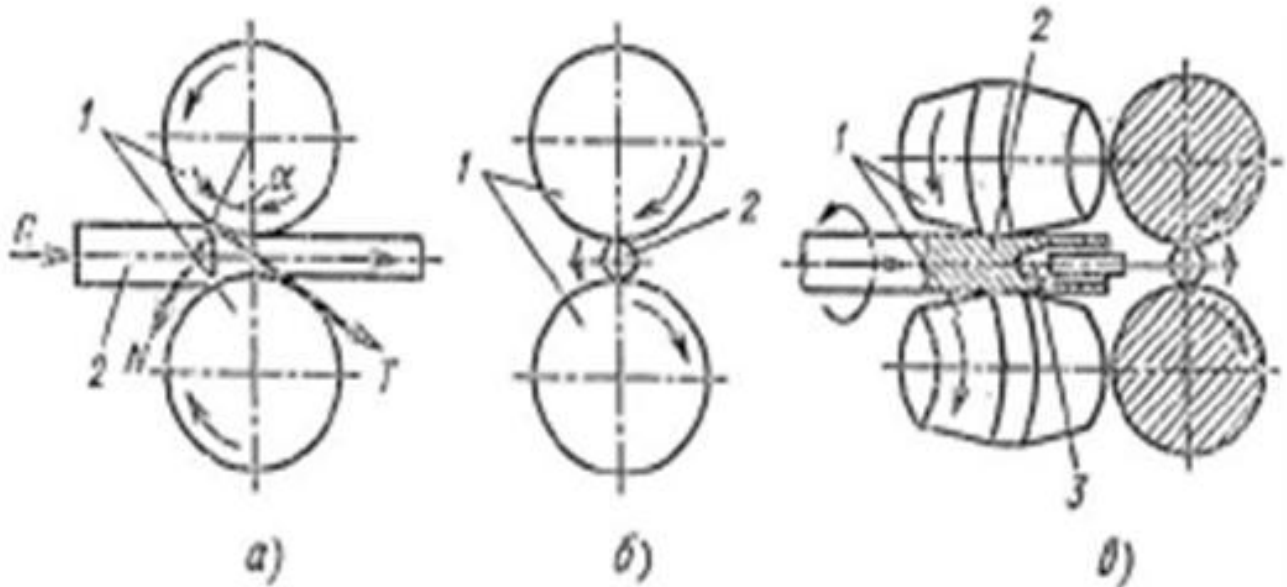


Рис. 17. Основные виды прокатки: а – продольная; б – поперечная; в – поперечно-винтовая

При поперечно-винтовой прокатке (рис. 17, в) валки расположены под углом и, вращаясь в одну сторону, придают заготовке одновременно вращательное и поступательное движения, вследствие чего заготовка втягивается в зазор между валками.

Сортамент проката делится на следующие основные группы: сортовой прокат (рис. 18, а, б), листовой прокат (рис. 18, в), трубы (рис. 18, г) и профили специального назначения (рис. 18, д).

Сортовой прокат подразделяют на простой геометрической формы (круг, квадрат, шестиугольник, прямоугольной формы, треугольник) и фасонный (уголки, швеллеры, двутавровые балки, рельсы и т. д.).

Листовой прокат толщиной свыше 4 мм называют толстолистовыми толщиной менее 4 мм – тонколистовым.

Трубы бывают бесшовные ($D < 820$ мм) и сварные ($D = 5-2500$ мм).

Специальные виды проката: арматурный прокат, кольца, зубчатые колеса, периодические профили и др.

В мелкосерийном и единичном производстве, а также при изготовлении осей и валов с незначительными перепадами ступеней, чаще всего в качестве заготовки используют прокат, так как это са-

мый дешёвый вид заготовки. Однако в результате большого объёма механической обработки до 50% металла уходит в стружку.

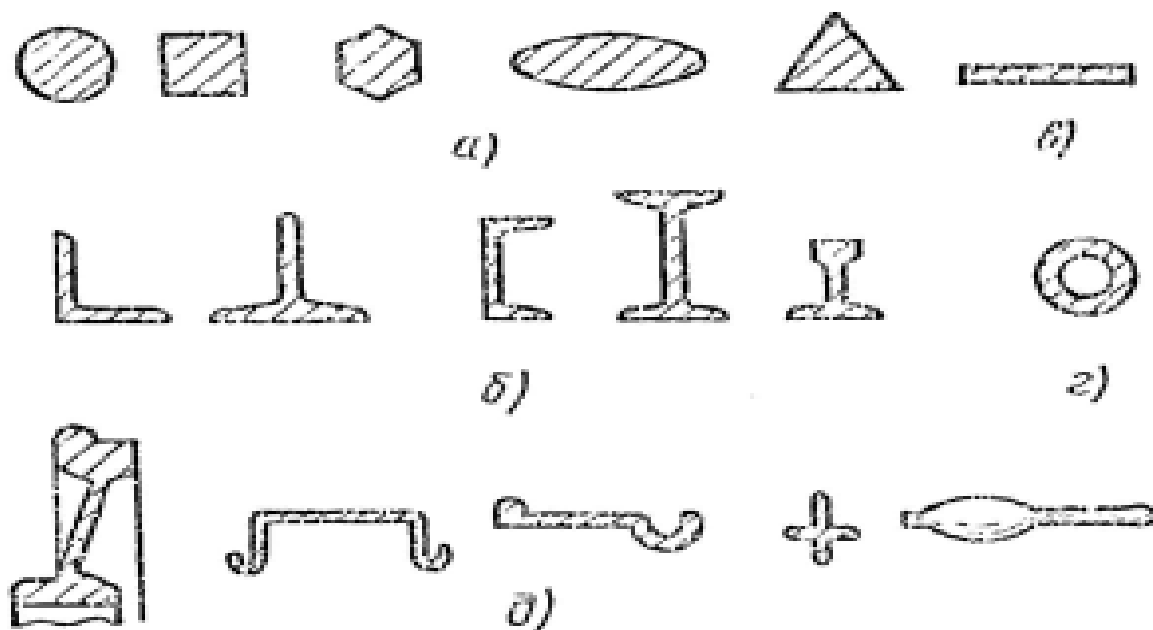


Рис 18. Сортамент проката: а, б – сортовой прокат; в – лист; г – трубы; д – специального назначения

[Вернуться в оглавление](#)

5. ОСНОВЫ ТЕОРИИ БАЗИРОВАНИЯ

5.1. Базирование и базы

При механической обработке на металлорежущих станках деталь определенным образом ориентируется в пространстве. В сборочной единице после сборки детали также некоторым образом ориентированы относительно друг друга.

Базированием называется придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат.

Необходимость базирования возникает при сборке узла (когда детали ориентируют относительно друг друга); обработке на станках (когда деталь необходимо установить на станке в приспособлении с требуемой точностью); измерении.

База – это поверхность, сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащие заготовке или изделию и используемые для базирования.

Иными словами базой является элемент или элементы изделия, положение которых при установке изделия на станке определенным образом ориентируют данное изделие относительно режущего инструмента.

Из теоретической механики известно, что твердое тело в пространстве имеет шесть степеней свободы, т. е. возможность перемещаться и вращаться относительно координатных осей. Накладывая на тело связи, его лишают степеней свободы. Число связей для абсолютно неподвижного тела равно числу степеней свободы, т. е. шести. Связи, исключаящие перемещение детали в направлении самой связи называются двухсторонними. Двухсторонние связи создаются базированием и закреплением заготовки. В технологии машиностроения их называют опорными точками и нумеруют.

Эскиз детали с шестью опорными точками называется схемой базирования. Поверхности, к которым проставляются опорные точки – это базы.

Однако надо иметь в виду, что опорная точка – лишь схематическое изображение, символ связи, обозначающий поверхность. Реально соприкосновение происходит по точкам контакта.

[Вернуться в оглавление](#)

5.2. Типовые схемы базирования

Покажем реализацию правила шести точек на примерах базирования и закрепления некоторых твердых тел.

Призматическое тело.

Прижмем призматическое тело одной опорой на плоскости XOY декартовой системы координат, тем самым создадим одну двухстороннюю связь (опорную точку), лишив возможности перемещения тела вдоль оси Z (рис. 19).

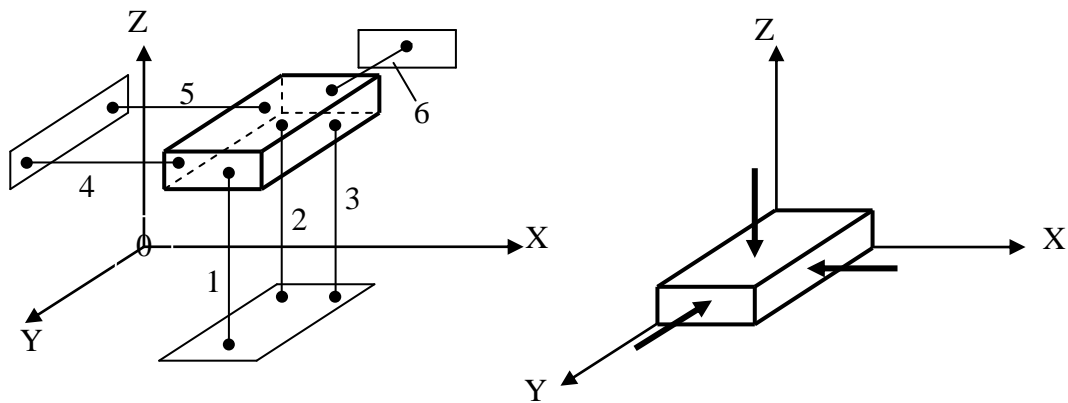


Рис. 19. Базирование призматического тела

Положение тела при контакте с плоскостью в одной точке является неустойчивым. Устойчивое положение будет достигнуто, при размещении тела на трех опорах. Если увеличить число опор, то из-за отклонений от плоскостности опорной грани параллелепипеда, он будет по-прежнему контактировать только с тремя опорами. Поэтому увеличение количества опор лишено смысла. Прижимая тело к трем опорам на плоскости XOY , создаем три опорные точки 1;2;3, тем самым лишаем тело трех степеней свободы.

Теперь прижмем тело к опорам на плоскости YOZ . Для устойчивого положения необходимо иметь на этой плоскости две опоры. В этом случае дополнительно образуются еще две двухсторонних связи 4;5 и общее число опорных точек станет равным пяти. Чтобы лишить тело шестой степени свободы, его необходимо прижать к еще одной опоре, расположенной на плоскости XOZ . Таким образом, возникает шестая двусторонняя связь 6, что лишает тело всех степеней свободы.

Целесообразно, чтобы силы резания, действующие на деталь при механической обработке, приводили к усилению связей. Поэтому детали при механической обработке следует устанавливать так, чтобы силы закрепления и резания действовали в одном направлении. Если эти силы действуют в противоположном направлении, то связи ослабляются. Разрыв связей приводит к смещению заготовки, что может привести к аварийной ситуации (порче изделия, поломке инструмента, травмам и т. д.).

Длинное цилиндрическое тело.

Теперь рассмотрим применение правила шести точек при базировании длинного цилиндрического тела (рис. 20).

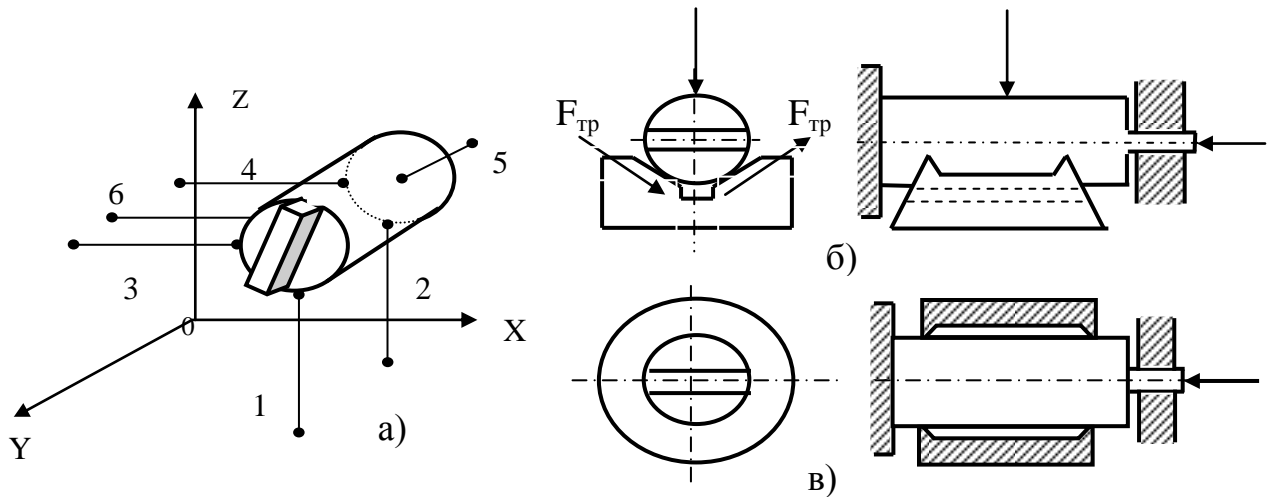


Рис. 20. Базирование длинного цилиндрического тела:
а – базирование в системе координат; б – установка в призмах;
в – установка на оправке

Очевидно, что для устойчивого базирования следует использовать цилиндрическую поверхность. Соединим ее двухсторонними связями 1; 2; 3; 4 с координатными плоскостями XOY и YOZ , что лишает цилиндр четырех степеней свободы (рис.20, а).

В реальных условиях эти связи образуются установкой цилиндра в призме или втулке (рис. 20, б, в). Пятую связь получим соединением торцевой поверхности цилиндра с координатной плоскостью XOZ . Это устранил перемещение цилиндра вдоль оси. Шестую связь, которая препятствует вращению цилиндра вокруг этой оси, можно получить кинематическим или силовым замыканием.

Короткое цилиндрическое тело.

Цилиндрическое тело типа диска будем считать коротким, если его длина существенно меньше диаметра ($l \leq 0,6d$). Достаточную устойчивость детали обеспечивает торцевая поверхность, что дает возможность разместить на ней три опорные точки. Эти точки образуют двухсторонние связи 1; 2; 3 цилиндра с плоскостью XOZ (рис. 21, а).

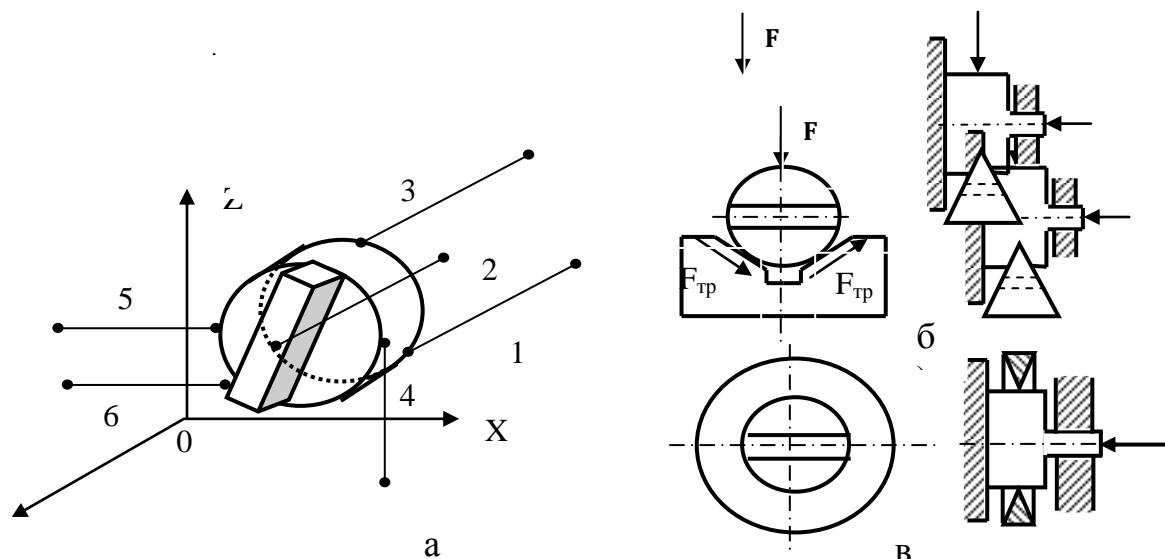


Рис. 21. Базирование короткого цилиндрического тела:
 а – базирование в системе координат;
 б – установка в призме; в – установка на оправке

Соединение цилиндрической поверхности с координатными плоскостями XOY и YOZ двухсторонними связями 4,5 создает дополнительно две опорные точки, что лишает тела еще двух степеней свободы. В реальных условиях эти двухсторонние связи образуются установкой цилиндра в призме (рис. 21, б) или втулке (рис. 21, в). Шестую связь можно создать, как и в предыдущем случае, с помощью шипа.

[Вернуться в оглавление](#)

5.3. Классификация баз

Согласно ГОСТ 21495-76 «Базирование и базы машиностроения» классификация машиностроительных баз производится по назначению, лишаемым степеням свободы и характеру проявления.

По назначению машиностроительные базы подразделяются на конструкторские, измерительные и технологические.

Конструкторской называется база, используемая для определения положения детали или сборочной единицы в изделии. В технической литературе такую базу еще называют сборочной. Однако ГОСТ 21495-76 запрещает использование этого термина.

Конструкторские базы подразделяются на основные и вспомогательные. Основной называется конструкторская база данной детали

или сборочной единицы, используемая для определения их положения в изделии. Вспомогательной называется конструкторская база данной детали или сборочной единицы, используется для определения положения присоединяемого к ним изделия. При сборке основные базы одной детали соприкасаются со вспомогательными базами другой.

Измерительной называется база, используемая для определения относительного положения заготовки или изделия и средств измерения. Иными словами, измерительной базой называется элемент изделия, от которого производится отчет размеров или отклонений размеров при измерительном контроле.

Технологической называется база, используемая для определения положения заготовки или изделия при изготовлении или ремонте. Иными словами это поверхности, которые определяют положение заготовки на станке при механической обработке.

По лишаемым степеням свободы независимо от назначения базы делятся на установочные, направляющие, опорные, двойные направляющие, двойные опорные.

Установочной называется база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их трех степеней свободы – перемещения вдоль одной координатной оси и поворотов вокруг двух других осей.

Направляющей называется база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их двух степеней свободы – перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг другой оси.

Опорной называется база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их одной степени свободы – перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг оси.

Двойной направляющей называется база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их четырех степеней свободы перемещения вдоль двух координатных осей и поворотов вокруг этих осей.

Двойной опорной называется база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их двух степеней свободы – перемещения вдоль двух координатных осей.

Для призматического тела на рис. 19 поверхности с одной, двумя и тремя опорными точками, являются соответственно опорной, направляющей и установочной базами.

Для длинного цилиндрического тела на рис. 20 боковая поверхность является двойной направляющей базой, а торцевая поверхность, а также поверхность шипа являются опорными базами.

Для диска на рис. 21 торцевая поверхность является установочной базой, боковая поверхность – двойной опорной базой, а поверхность шипа – опорной базой.

По характеру проявления базы бывают явные и скрытые.

Явной называется база в виде реальной поверхности, разметочной риски или точки пересечения рисок. Все базы, рассмотренные выше, были представлены реальными поверхностями. Поэтому они относятся к явным базам.

Скрытой называется база в виде воображаемой плоскости, оси или точки.

[Вернуться в оглавление](#)

5.4. Схемы базирования заготовок на станках и в приспособлениях

Чтобы обеспечить необходимую форму, размеры и точность изделия при механической обработке, необходимо правильно решить задачу базирования и закрепления заготовки на станке или в приспособлении. Решение задачи базирования заключается в выборе баз и размещения на них опорных точек. Результаты этого решения оформляются в виде схемы базирования.

Условное изображение опорных точек представлено на рис. 22. В качестве примера на рис. 23 приведена схема базирования призматической детали.

Стандартом установлены следующие правила изображения схемы базирования:

- все опорные точки на схеме изображают условными знаками и нумеруют порядковыми номерами, начиная с базы, на которой располагается наибольшее количество опорных точек

- при наложении в какой-либо проекции одной опорной точки на другую, изображается одна точка, а около нее, проставляют номера совмещенных точек

- число проекций заготовки на схеме базирования должно быть достаточным для четкого представления о размещении опорных точек. На схеме базирования указаны базы с опорными точками, которые символизируют двухсторонние связи. Однако схема базирования не определяет, каким образом и с помощью каких элементов реализована та или иная двухсторонняя связь. Для этой цели в технологической документации по заданной схеме базирования оформляется схема установка, на которую наносят контур изделия, а также условные обозначения опор, зажимов, установочных и установочно-зажимных устройств.

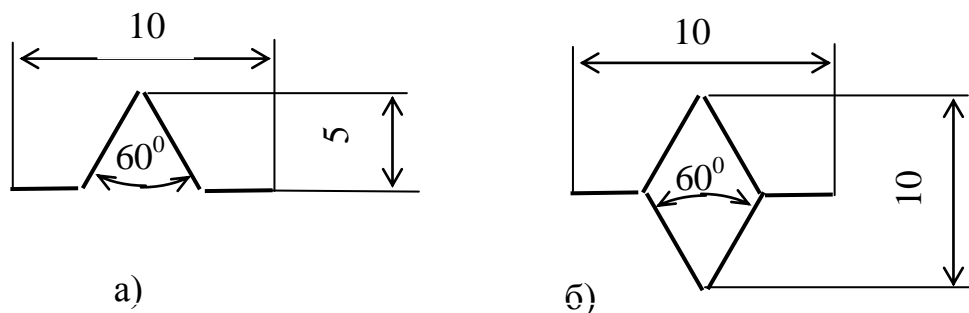


Рис. 22. Условное обозначение опорных точек:

а – вид сбоку; б – вид сверху

а – на виде спереди и с – на виде сверху

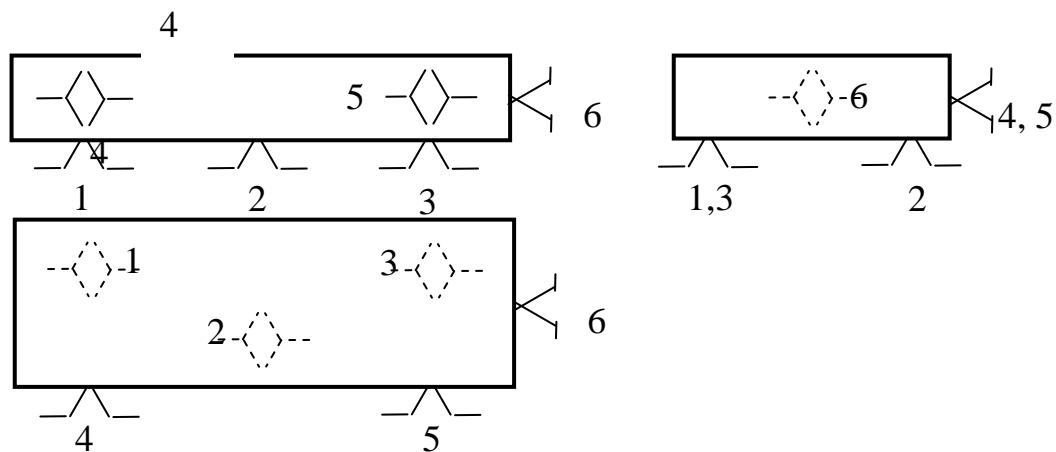


Рис. 23. Схема базирования призматической детали:

1 – 6 – опорные точки.

[Вернуться в оглавление](#)

5.5. Принципы базирования

При базировании заготовок на станке в станочном приспособлении необходимо придерживаться определённых правил, которые изложены далее.

Принцип постоянства баз.

При механической обработке заготовок, особенно сложной конфигурации, возникает необходимость менять их положение. Если при установке в новом положении меняются базы, то возникают отклонения от перпендикулярности, параллельности, соосности и другие погрешности между ранее обработанными и вновь обрабатываемыми поверхностями. Каждая новая смена баз увеличивает эти погрешности. В пределах одной операции, когда обработка ведётся с одного установа, они минимальны.

Таким образом, суть принципа постоянства баз, можно сформулировать следующим образом. При механической обработке изделий для повышения точности расположения поверхностей, число баз на всех операциях должно быть минимальным, и если это, возможно, следует использовать одну и ту же базу. В пределах одной операции необходимо стремиться вести обработку с одного установка.

Принцип совмещения (единства) баз.

Суть этого принципа заключается в том, что при обработке деталей партиями на предварительно настроенных станках, когда заданные на чертеже размеры выдерживаются автоматически, для повышения точности обработки в качестве технологических баз следует выбирать поверхности, которые являются одновременно измерительными и конструкторскими базами. В противном случае, приходится пересчитывать размеры детали, и при этом возникают дополнительные погрешности.

Правило шести точек.

Согласно этому правилу, чтобы осуществить надёжную установку заготовки при механической обработке в общем случае необходимо и достаточно лишить его шести степеней свободы, т. е. создать систему из шести двухсторонних связей. Лишняя точка – это лишняя погрешность.

Определённость и неопределённость базирования.

Определенность базирования – неизменность положения детали относительно сопряженной детали. Определенность базирования предполагает постоянство контакта между поверхностями детали.

Для того, что бы обеспечить это постоянство контакта прикладываются всевозможные силы закрепления: силы упругости материала; силы трения; силы веса детали; силы сжатого воздуха; сжатой жидкости; силы электромагнитного характера. Такой процесс называется силовое замыкание. Для обеспечения правильного силового замыкания необходимы два условия:

- силовое замыкание должно быть выполнено раньше, чем возникнут силы, сдвигающие деталь;
- величина сил зажима должна превышать суммарную величину всех внешних сил.

Для создания силового замыкания используются силы различного характера: силы упругости материала, силы трения, силы веса детали, силы сжатого воздуха, сжатой жидкости, силы электромагнитного характера.

Неопределенность базирования – это единичное или многократное изменение положение детали относительно сопряженных деталей.

[Вернуться в оглавление](#)

6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

6.1. Методы обработки заготовок деталей машин

Основными методами обработки поверхностей деталей машин резанием являются: точение, строгание, сверление, фрезерование, зубонарезание, протягивание, шлифование, притирка, хонингование, супер финиширование и т. д.

Широко распространены методы окончательной обработки металлических заготовок путем пластического деформирования поверхностного слоя без снятия стружки. Методами пластического деформирования являются: обкатывание, раскатывание, накатывание и калибрование поверхностей. Методы обработки резанием и пластическим деформированием основаны на приложении к инструменту и заго-

товке механической энергии с целью изменения формы, размеров и состояния обрабатываемой поверхности.

Во многих отраслях машиностроения успешно внедрены физические и химические методы, обеспечивающие изготовление деталей требуемой конфигурации практически из любых твердых материалов. К этим методам относятся следующие виды обработки: электроэрозионная, электрохимическая, импульсно-механическая, лучевая, плазменная, взрывная.

[Вернуться в оглавление](#)

6.2. Обработка на токарных станках

Обтачивание наружных цилиндрических поверхностей выполняют прямыми, отогнутыми или упорными проходными резцами с продольной подачей; обработку торцов выполняют подрезными резцами; канавок – отрезными резцами. При растачивании отверстий используют расточные упорные и расточные проходные резцы. Для обработки коротких фасонных поверхностей применяют фасонные резцы. Устанавливаются валы в токарных патронах: двух- трех- и четырехкулачковых. Для обеспечения жесткости валы поджимают центром, установленным в пиноле задней бабки, и при необходимости подводят неподвижный или вращающийся люнет.

Схемы обработки заготовок на токарных станках показаны на рис. 24.

[Вернуться в оглавление](#)

6.3. Обработка на вертикально-сверлильных станках

На сверлильных станках выполняют сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание, цекование, зенкование, нарезание резьбы и обработку сложных отверстий.

Сверление сквозного отверстия показано на рис. 25, а. Режущим инструментом служит спиральное сверло. В зависимости от требуемой точности и величины партии обрабатываемых заготовок отверстия сверлят в кондукторе или по разметке.

Рассверливание – процесс увеличения диаметра ранее просверленного отверстия сверлом большего диаметра (рис. 25, б). Диа-

метр отверстия под рассверливание выбирают так, чтобы поперечная режущая кромка в работе не участвовала. В этом случае осевая сила уменьшается.

Зенкерование – обработка предварительно полученных отверстий для придания им более правильной геометрической формы, повышения точности и снижения шероховатости многолезвийным режущим инструментом зенкером (рис. 25, в).

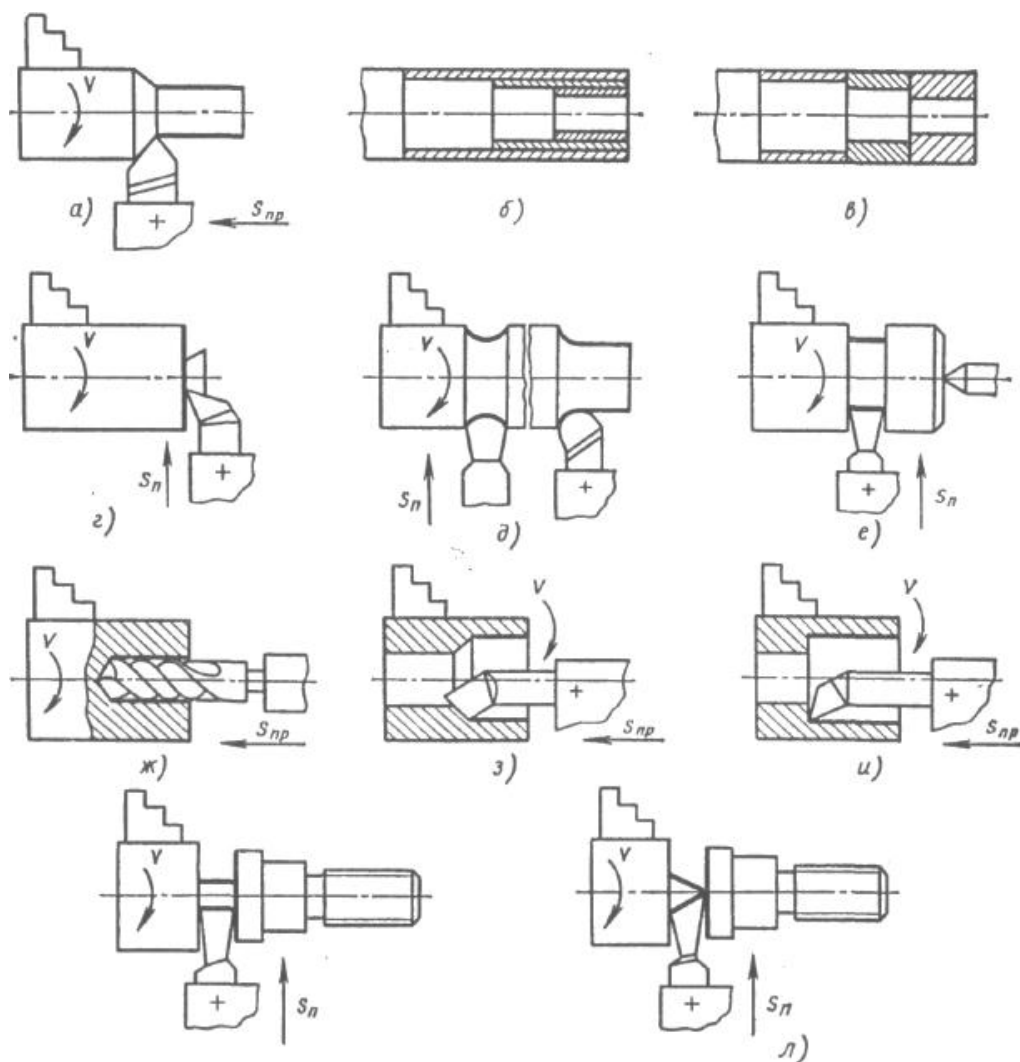


Рис. 24. Схемы обработки заготовок на токарных станках: а – точение наружной цилиндрической поверхности (методы обработки: б – многопроходная; в – однопроходная), г – подрезание торцевой поверхности; д – обработка фасонных поверхностей; е – обработка канавок; ж – сверление отверстия; з, и – растачивание; л – варианты отрезки детали

Развертывание – окончательная обработка цилиндрического или конического отверстия разверткой (обычно после зенкерования)

в целях получения высокой точности и малой шероховатости обработанной поверхности (рис. 25, г, д).

Цекование – обработка торцевой поверхности отверстия торцовым зенкером для достижения перпендикулярности плоской торцевой поверхности к его оси (рис. 25, е).

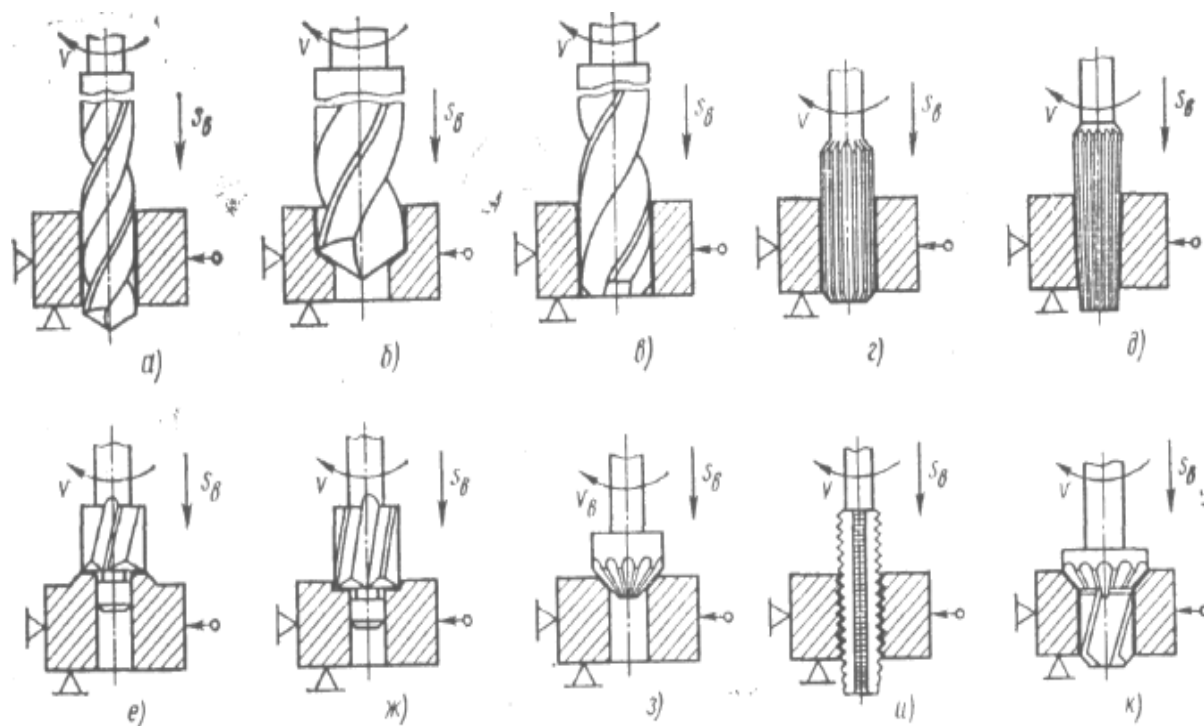


Рис. 25. Схемы обработки отверстий на вертикально-сверлильных станках:
а – сверление; б – рассверливание; в – зенкование; г, д – развертывание;
е – цекование торца; ж, з – зенкование; и – нарезание резьбы;
к – комбинированная обработка

Зенкованием получают в имеющихся отверстиях цилиндрические или конические углубления под головки винтов, болтов, заклепок и других деталей. На рис. 25, ж, з показано зенкование цилиндрического углубления цилиндрическим зенкером (зенковкой) и конического углубления коническим зенкером. Нарезание резьбы – получение на внутренней цилиндрической поверхности с помощью метчика винтовой канавки (рис. 25, и).

Отверстия сложного профиля обрабатывают с помощью комбинированного режущего инструмента (рис. 25, к).

[Вернуться в оглавление](#)

6.4. Обработка на расточных станках

На расточных станках обрабатывают отверстия, наружные цилиндрические и плоские поверхности, уступы, канавки, режут конические отверстия и нарезают внутреннюю и наружную резьбы резцами. Наиболее распространенный вид обработки на расточных станках – растачивание отверстий.

Растачивание цилиндрических отверстий выполняют резцами, установленными на консольной или двухопорной оправке. Использование консольной оправки целесообразно в тех случаях, когда длина обрабатываемого отверстия $L < D$, так как с увеличением длины оправки снижается ее жесткость.

На рис. 26, а показана схема растачивания отверстия небольшой длины двухлезвийным пластинчатым резцом, закрепленным в консольной оправке. Заготовке сообщают продольную подачу. При небольшой длине отверстия, когда возможна работа с короткой жесткой оправкой, растачивают при осевой подаче расточного шпинделя. Растачиванием с продольной подачей заготовки получают более правильное отверстие вследствие постоянного вылета шпинделя.

Отверстия с отношением $L/D > 5$ и соосные отверстия растачивают резцами, закрепленными в двухопорной оправке.

На рис. 26, б показано одновременное растачивание двух соосных отверстий. Оправка с резцами получает главное вращательное движение, а заготовка – продольную подачу в направлении от задней стойки к шпиндельной бабке. Отверстия большого диаметра, но малой длины, растачивают резцом, закрепленным в радиальном суппорте планшайбы (рис. 26, в).

Планшайбе с резцом сообщают главное вращательное движение, а столу с заготовкой – продольную подачу. Отверстия диаметром более 130 мм обрабатывают расточными блоками и головками.

Растачивание параллельных и взаимно перпендикулярных отверстий выполняют с одной установки заготовки. После растачивания первого отверстия перемещают стол в поперечном направлении или шпиндельную бабку в вертикальном направлении на величину, равную межцентровому расстоянию, затем растачивают второе и другие отверстия.

Растачивание конических отверстий осуществляют расточными головками, закрепленными в расточном шпинделе, которому сообщают осевую подачу. Конические отверстия диаметром более 80 мм растачивают резцом с использованием универсального приспособления, смонтированного на радиальном суппорте планшайбы (рис. 26, г).

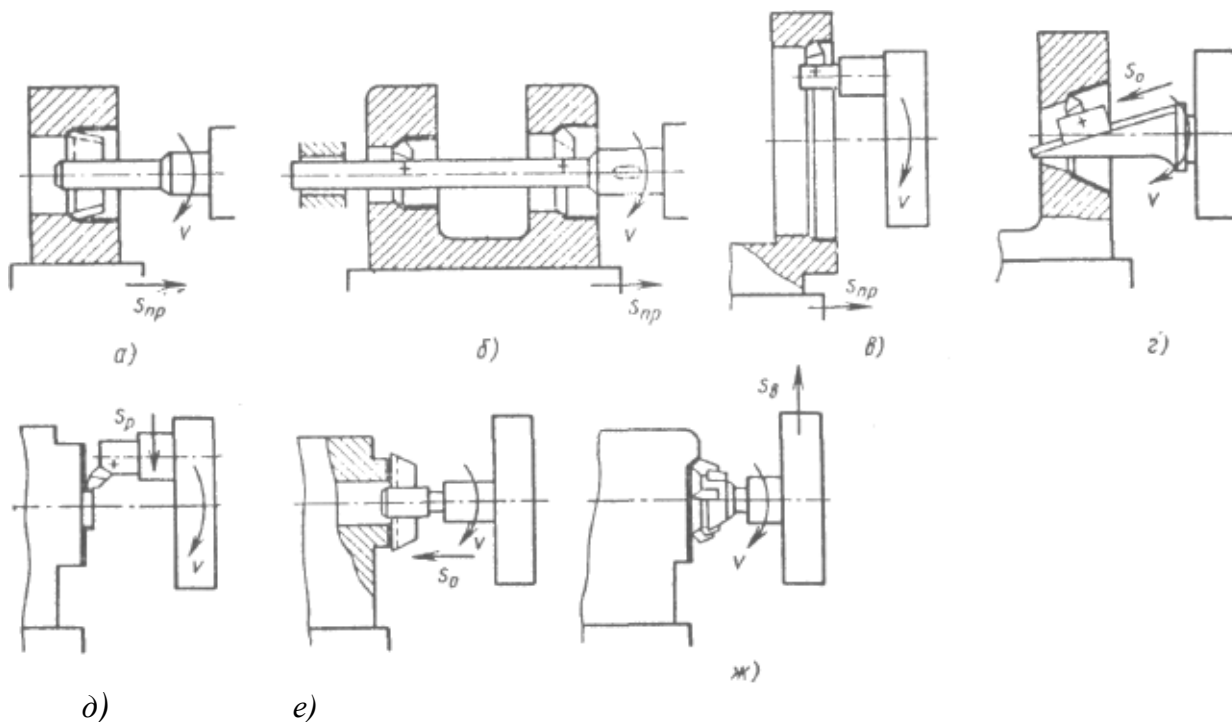


Рис. 26. Схемы обработки заготовок на горизонтально-расточных станках: а – двухлезвийным пластинчатым резцом; б – одновременно 2-х соосных отверстий; в, г, д – резцом, закрепленным на суппорте планшайбы; е – цекование торца; ж – фрезерование торца

Сверление, зенкерование, развертывание, цекование, зенкование и нарезание резьбы метчиками выполняют на расточных станках так же, как и на вертикально-сверлильных. Инструмент закрепляют в расточном шпинделе и сообщают ему главное вращательное движение и осевую подачу. Заготовка, установленная на столе станка, остается неподвижной. Большое значение имеет свободный доступ ко всем элементам детали при обработке и измерении. Обрабатываемые поверхности рекомендуется располагать параллельно или взаимно перпендикулярно. Применение наклонных обрабатываемых поверхностей затрудняет изготовление деталей из-за сложности установки их на станке.

[Вернуться в оглавление](#)

6.5. Обработка на фрезерных станках

Фрезерование – один из высокопроизводительных и распространенных методов обработки поверхностей заготовок многолезвийным режущим инструментом – фрезой.

Технологический метод формообразования поверхностей фрезерованием характеризуется главным вращательным движением инструмента и обычно поступательным движением подачи. Подачей может быть и вращательное движение заготовки вокруг оси вращающегося стола или барабана (карусельно-фрезерные и барабанно-фрезерные станки).

На фрезерных станках обрабатывают горизонтальные, вертикальные и наклонные плоскости, фасонные поверхности, уступы и пазы различного профиля. Особенность процесса фрезерования – прерывистость резания каждым зубом фрезы. Зуб фрезы находится в контакте с заготовкой и выполняет работу резания только на некоторой части оборота, а затем продолжает движение, не касаясь заготовки, до следующего врезания.

На рис. 27 показаны схемы фрезерования плоскости цилиндрической (а) и торцевой (б) фрезами. При цилиндрическом фрезеровании плоскостей работу выполняют зубья, расположенные на цилиндрической поверхности фрезы. При торцовом фрезеровании плоскостей в работе участвуют зубья, расположенные на цилиндрической и торцевой поверхностях фрезы.

Цилиндрическое и торцовое фрезерование в зависимости от направления вращения фрезы и направления подачи заготовки можно осуществлять двумя способами: против подачи (встречное фрезерование), когда направление подачи противоположно направлению вращения фрезы (рис.27, е); по подаче (попутное фрезерование), когда направления подачи и вращения фрезы совпадают (рис. 27, г).

При фрезеровании против подачи нагрузка на зуб фрезы возрастает от нуля до максимума, при этом сила, действующая на заготовку, стремится оторвать ее от стола, что приводит к вибрациям и увеличению шероховатости обработанной поверхности. Преимуществом фрезерования против подачи является работа зубьев фрезы «из-под корки», т. е. фреза подходит к твердому поверхностному слою снизу и отрывает стружку при подходе к точке В.

Недостатком является наличие начального скольжения зуба по наклепанной поверхности, образованной предыдущим зубом, что

вызывает повышенный износ фрезы. При фрезеровании по подаче зуб фрезы сразу начинает срезать слой максимальной толщины и подвергается максимальной нагрузке. Это исключает начальное проскальзывание зуба, уменьшает износ.

При обработке на горизонтально-фрезерном станке заготовку устанавливают на столе в тисках или приспособлении. Заготовка получает подачу в трех направлениях: продольном (перемещение стола по направляющим салазок, поперечном (перемещение салазок по направляющим консоли) и вертикальном (перемещение консоли по направляющим станины).

Горизонтально-фрезерные станки, имеющие поворотную плиту, которая позволяет поворачивать рабочий стол в горизонтальной плоскости и устанавливать его на требуемый угол, называют универсальными.

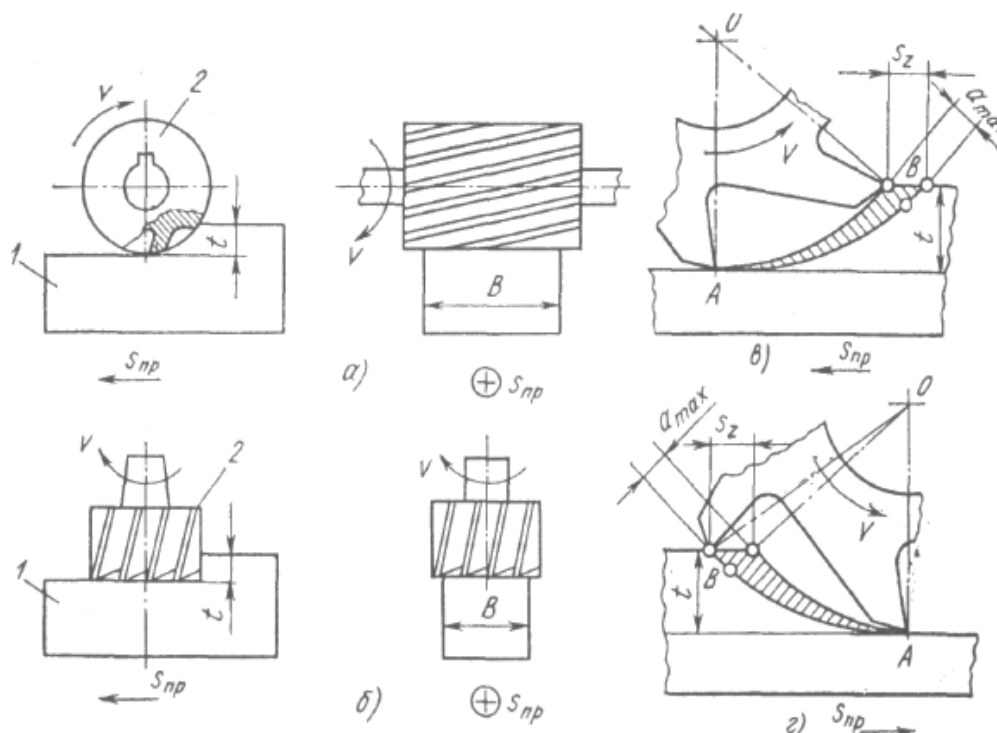


Рис. 27. Схемы фрезерования цилиндрической (а) и торцевой (б) фрезами, против подачи (в) и по подаче (г)

Вертикально-фрезерные станки. Главным является вращательное движение шпинделя. Заготовка, установленная на столе, может получать подачу в трех направлениях: продольном, поперечном и вертикальном. На рис. 28 показаны схемы фрезерования поверхностей на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках. Горизонтальные плоскости фрезеруют на горизонтально-фрезерных станках

цилиндрическими фрезами (рис. 28, а) и на вертикально-фрезерных станках торцовыми фрезами (рис. 28, б). Цилиндрическими фрезами целесообразно обрабатывать горизонтальные плоскости шириной до 120 мм. В большинстве случаев плоскости удобнее обрабатывать торцовыми фрезами вследствие большей жесткости их крепления в шпинделе и более плавной работы, так как число одновременно работающих зубьев торцовой фрезы больше числа зубьев цилиндрической фрезы.

Вертикальные плоскости фрезеруют на горизонтально-фрезерных станках торцовыми фрезами (рис. 28, в) и торцовыми фрезерными головками, а на вертикально-фрезерных станках концевыми фрезами (рис. 28, г).

Наклонные плоскости и скосы фрезеруют торцовыми (рис. 28, д) и концевыми фрезами на вертикально-фрезерных станках, у которых фрезерная головка со шпинделем поворачивается в вертикальной плоскости. Скосы фрезеруют на горизонтально-фрезерном станке одноугловой фрезой (рис. 28, е).

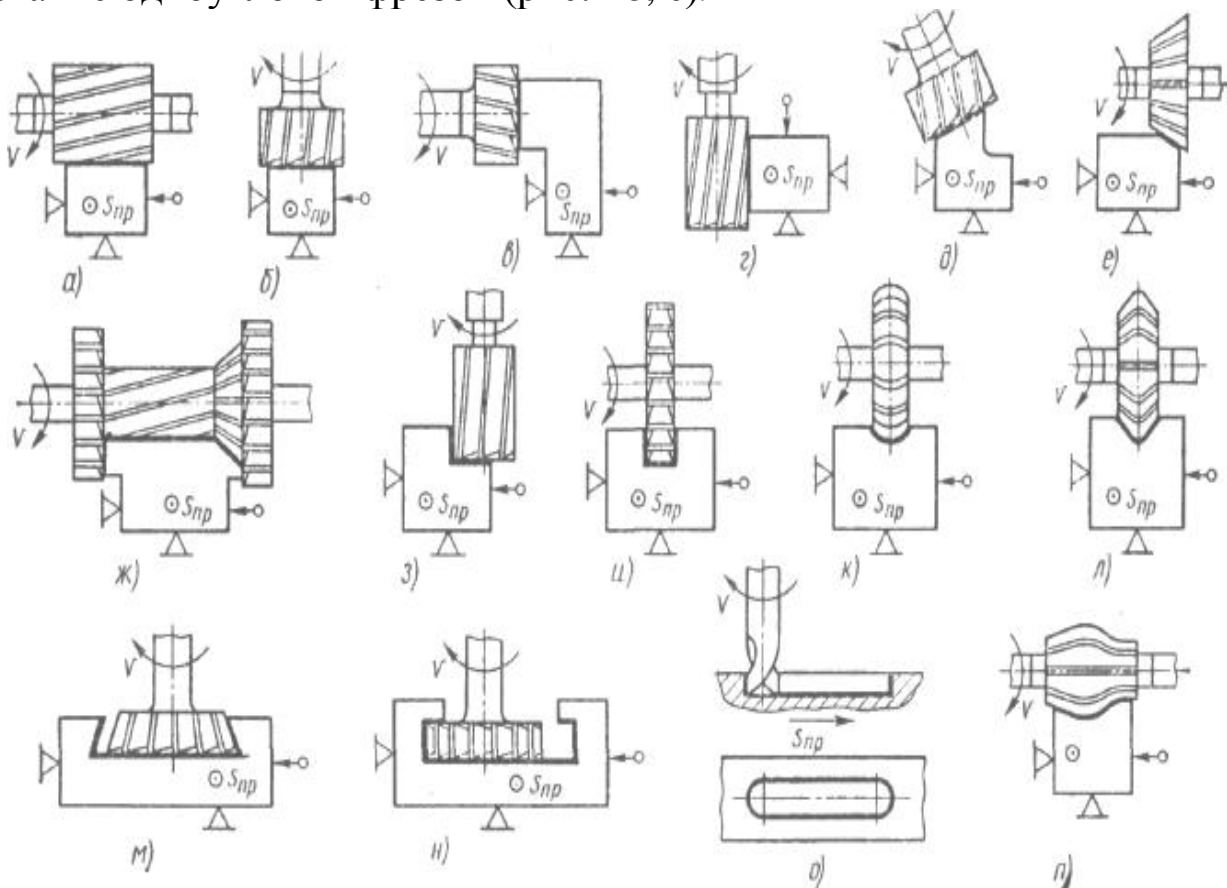


Рис. 28. Схемы обработки заготовок фрезами на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках: а – цилиндрической; б, в – торцовой; г, з – концевой; д – торцовой с поворотом шпинделя; е – угловой; ж – набором фрез; и – дисковой; к, л, м, п – фасонными; н – Т-образной; о – шпоночной

Комбинированные поверхности фрезеруют набором фрез (рис. 28, к-п) на горизонтально-фрезерных станках. Точность взаиморасположения обработанных поверхностей зависит от жесткости крепления фрез по длине оправки. С этой целью применяют дополнительные опоры (подвески), избегают использования несоответствующих по диаметру фрез (рекомендуемое отношение диаметра фрез не более 1,5).

Уступы и прямоугольные пазы фрезеруют концевыми (рис. 28, з) и дисковыми (рис. 28, и) фрезами на вертикально- и горизонтально-фрезерных станках.

[Вернуться в оглавление](#)

6.6. Обработка на протяжных станках

Протягивание—высокопроизводительный процесс обработки многолезвийными инструментами (протяжками) – применяется в серийном и массовом производстве для обработки круглых и фасонных отверстий, пазов, зубчатых колес с внутренним зацеплением, шлицев и наружных поверхностей.

Процесс протягивания состоит в том, что инструмент 1 (протяжка) получает перемещение в горизонтальном (рис. 29, а) или вертикальном (рис. 29, б) направлении относительно неподвижно закрепленной на станке заготовки 2. Зубья протяжки выполнены так, что каждый последующий выше предыдущего на величину толщины срезаемого слоя; делятся они на режущие и калибрующие. За один ход инструмента срезается весь припуск. При протягивании достигается точность обработки IT6, а шероховатость обработанной поверхности Ra 0,8-1,6.

Соответственно схемам протягивания протяжные станки бывают горизонтальные и вертикальные. Внутри станины станка помещается гидравлический привод. При подаче масла в цилиндр шток приводит в движение протяжку.

Скорость резания при протягивании – это путь, проходимый зубьями протяжки относительно обрабатываемой заготовки в минуту.

Поступательное движение протяжке сообщают до тех пор, пока она не выйдет из отверстия заготовки. После окончания протягивания заготовка падает в корыто, протяжка извлекается из ка-

ретки, последняя возвращается в исходное положение (холостой ход a_x) и цикл обработки повторяется

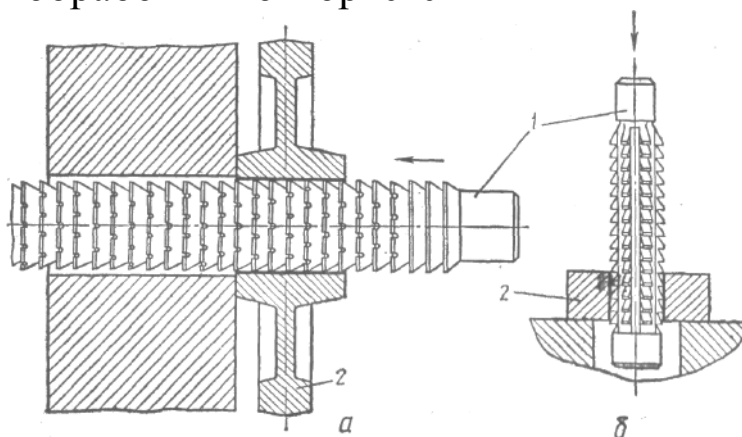


Рис. 29. Схемы протягивания: а – на горизонтально-протяжном станке; б – на вертикально-протяжном станке

Протяжные станки для внутреннего протягивания оснащаются механизмами автоматического подвода и отвода протяжек, что позволяет исключить тяжелые ручные вспомогательные движения, связанные с переустановкой протяжек после окончания каждого цикла (рабочего хода).

Отверстия различной геометрической формы протягивают на горизонтально-протяжных станках для внутреннего протягивания. Размеры протягиваемых отверстий составляют 5–250 мм.

Цилиндрические отверстия протягивают круглыми протяжками после сверления, растачивания или зенкерования. Применяют также протягивание отверстий, полученных при литье и штамповке, без предварительной их обработки. Обычно длина отверстий не превышает трех диаметров.

Если торец отверстия в заготовке не обработан, то для ее установки применяют приспособления со сферической опорной поверхностью (рис. 30, а). Заготовка в этом случае может самоустанавливаться (центрироваться) по оси протяжки. В тех случаях, когда после предыдущей обработки получен торец детали, перпендикулярный к оси протягиваемого отверстия, заготовка опирается на жесткую (неподвижную) поверхность.

Многогранные отверстия (треугольные, квадратные и т. п.) протягивают многогранными протяжками. Исходной поверхностью для протягивания служит круглое отверстие.

На рис. 30, б приведена схема протягивания квадратного отверстия.

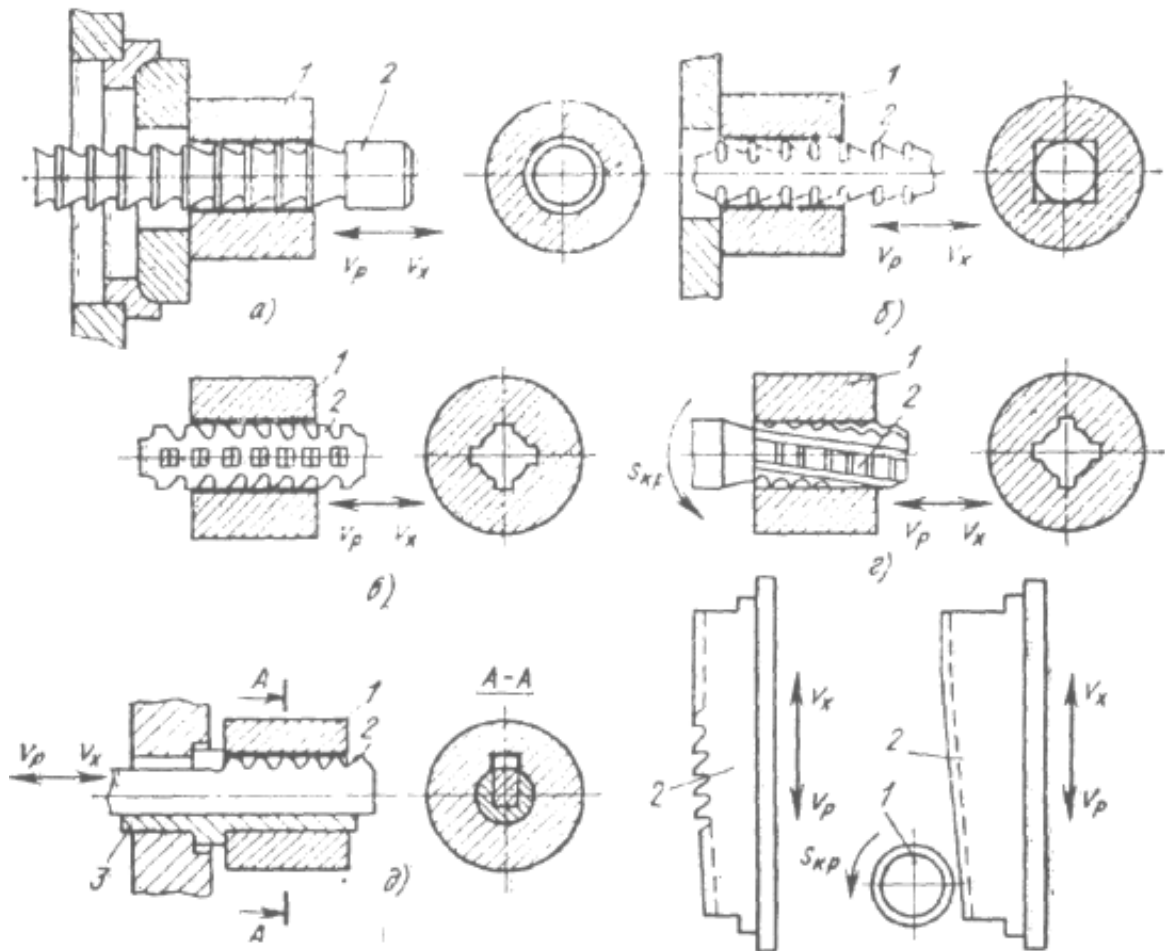


Рис. 30. Обработка заготовок протяжками: а – круглой; б – квадратной; в, г – шлицевой; д – шпоночной

Шлицевые отверстия с различным профилем шлицев протягивают многошлицевыми протяжками, формирующими одновременно весь профиль отверстия. На рис. 30, в приведена схема протягивания прямых шлицев. Винтовые шлицы протягивают протяжкой, режущие зубья которой расположены по винтовой линии, с приспособлением, обеспечивающим дополнительное вращение протяжки (рис. 30, г) или заготовки.

Шпоночные и другие пазы протягивают протяжками, форма зубьев которых в поперечном сечении соответствуют профилю протягиваемого паза. Шпоночные пазы протягивают плоской шпоночной протяжкой (рис. 30, д).

[Вернуться в оглавление](#)

7.ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

7.1. Основные принципы построения технологического процесса

При разработке технологических процессов в основу положены два принципа: технический и экономический. Технический принцип предполагает обеспечение выполнения всех требований рабочего чертежа и технических условий на обработку конкретного изделия. По экономическому принципу изготовление изделия проводится с минимальными затратами труда и издержками производства.

Таким образом, технологический процесс изготовления должен выполняться с полным использованием технических возможностей средств производства при наименьших затратах времени, минимальной себестоимости.

Из нескольких возможных вариантов технологического процесса изготовления изделия, равноправных с точки зрения технического принципа, выбирают наиболее эффективный, производительный и рентабельный вариант. Многообразие элементов, факторов, обуславливающих проектирование технологического процесса, затрудняет возможность создания общих правил построения. Однако, обобщая опыт промышленности, выделены некоторые положения, которые необходимо учитывать при проектировании технологических процессов:

- процесс должен обеспечивать выполнение требований к изделию при минимальных затратах и наибольшей производительности;

- первыми при механической обработке следует выполнять те операции, на которых удаляется наибольший припуск в связи с тем, что в этом случае перераспределяются напряжения, возникающие при изготовлении заготовок и происходит деформация в начале технологического процесса, которая на последующих операциях исправляется, т. е. достигается необходимая форма и точность. Так же при снятии значительного припуска могут быть выявлены дефекты металла заготовки и такую заготовку не пускают на дальнейшую обработку;

- выполнение механической обработки, на которой значительно уменьшается жёсткость детали, следует проводить после тех, в которых жёсткость уменьшается незначительно;

- рекомендуется выполнять черновую и чистовую обработку в различных операциях и на различных станках, так как в одной операции может быть затруднено достижение заданной точности.

Кроме названных положений, соблюдение которых желательно, существуют другие правила, например принцип размещения термообработки в технологическом процессе, принцип предпочтительной операции и др.

[Вернуться в оглавление](#)

7.2. Исходные данные для проектирования

Исходными данными при разработке технологических процессов являются: рабочий чертёж (определяющий материал, конструктивные формы и размеры детали), технологические условия на изготовление (характеризуют точность, структуру, термообработку, балансировку и пр.); программа выпуска; срок выполнения.

При разработке технологических процессов используют справочные и нормативные материалы: каталоги и паспорта оборудования и приспособлений; ГОСТ и нормативы на режущий инструмент и измерительные приборы, нормативы на точность, шероховатости, расчёты припусков, режимов резания и техническое нормирование времени; тарифно-квалификационные справочники; другие вспомогательные материалы.

[Вернуться в оглавление](#)

7.3. Служебное назначение детали

Подробное изучение рабочего чертежа, технических условий на изготовление и условий работы детали в изделии – всё это предшествует проектированию технологического процесса. Проверяется достаточность проекций, разрезов, правильность простановки размеров, изучаются требования на точность и шероховатость поверхностей и другие требования.

При завышенных классах точности и чистоты, усложняется технологический процесс изготовления и по согласованию с кон-

структором вводятся соответствующие коррективы. При контроле чертежа выявляются возможности улучшения технологичности конструкции детали. Например, возможно уменьшение размеров обрабатываемых поверхностей, что снижает трудоёмкость механической обработки; повышение жёсткости детали, что даёт возможность многоинструментальной обработки; облегчение подвода и отвода режущего инструмента, что уменьшает основное и вспомогательное время; унификацию размеров пазов, канавок, отверстий и других элементов, что сокращает номенклатуру размерных и профильных инструментов и уменьшает время обработки; обеспечение надёжности и удобства базирования заготовки; возможность совмещения установочных и измерительных баз; удобство многоместной обработки заготовок. При улучшении технологичности конструкции значительно снижается трудоёмкость и повышается рентабельность процессов механической обработки.

[Вернуться в оглавление](#)

7.4. Технологическая подготовка производства

Проектирование технологических процессов отличается трудоёмкостью и характеризуется многовариантностью решений. Проектирование выполняют в нескольких стадий. Вначале составляют предварительные наброски технологического процесса, далее их уточняют и конкретизируют на основе детальных технологических расчётов. Приемлемое решение принимают после разработки и сравнения нескольких технологических вариантов.

В условиях массового производства технологический процесс разрабатывают подробно для всех оригинальных деталей изделия. На нормализованные и стандартные детали используют типовые процессы. В единичном производстве ограничиваются сокращённой разработкой, так как подробная экономически не оправдана. Исключения составляют сложные и дорогие детали (например, в тяжёлом машиностроении). В условиях серийного производства составляют групповые технологические процессы. На оригинальные детали разрабатывают индивидуальные процессы.

Процесс проектирования состоит из комплекса взаимосвязанных этапов, которые рекомендуется выполнять в определённой последовательности:

- определение типа производства и методов работы;
- выбор метода получения заготовки и установление предъявляемых к ней требований; выбор установочных баз;
- выбор маршрута обработки отдельных поверхностей;
- составление маршрута обработки детали в целом;
- предварительное выделение операций;
- установление технологических допусков и предельных размеров заготовки по технологическим переходам;
- уточнение содержания операций;
- выбор оборудования, инструментов и приспособлений.
- установление режимов резания;
- выявление настроечных размеров;
- уточнение схем установки, закрепления заготовки для обработки технического задания на конструирование приспособления;
- установление норм времени и квалификации рабочих;
- оформление технологической документации.

[Вернуться в оглавление](#)

7.5. Выбор методов обработки поверхностей детали

На начальной стадии разработки ТП составляют перечень технологических переходов, которые могут быть применены для достижения заданной чертежом точности и шероховатости. Учитывая, что каждому методу обработки соответствует определённые точность и качество поверхности (кавалитет и шероховатость), метод окончательной обработки (последнего перехода) подсказывается рабочим чертежом.

Вид (конфигурация) и точность заготовки облегчает определение первого технологического перехода.

Пример:

- в исходной заготовке есть отлитое отверстие, поэтому переход сверления отсутствует и обработка выполняется растачиванием или зенкерованием;
- заготовка для гладкого вала – калиброванный прокат. Обтачивание не требуется – сразу шлифование.

Зная содержание первого и последнего переходов устанавливают промежуточные, при этом исходят из того, что каждому мето-

ду окончательной обработки предшествуют несколько предварительных (менее точных).

Пример:

- чистовому развёртыванию отверстия предшествует предварительное, а предварительному развёртыванию – чистовое зенкерование или сверление.

Число вариантов маршрута обработки может быть довольно большим. Выбор варианта производится приближённо, оценивая трудоёмкость по нормативным вариантам. Более точно маршрут обработки определяют при сравнении суммарной себестоимости обработки всего изделия (детали).

[Вернуться в оглавление](#)

7.6. Проектирование маршрута обработки

Цель составления технологического маршрута дать общий план обработки детали, наметить содержание операций, выбрать тип оборудования. Задача сложная и многовариантная. При её решении следует руководствоваться следующей примерной схемой:

1. Рассматривают процесс изготовления как операции черновой, чистовой и отделочной обработки. Это позволяет:

- своевременно выявить дефекты материала уже на стадии черновой обработки (брак);

- увеличить разрыв времени между черновой и последующей обработкой для снижения влияния термических и механических остаточных деформаций в материале;

- снизить требования и квалификацию рабочих на начальных стадиях ТП;

- уменьшить риск случайного повреждения окончательно обработанных поверхностей.

2. Сначала обрабатывают установочные поверхности, затем остальные в последовательности, обратной точности. В конце маршрута выносят обработку легкоповреждаемых поверхностей, например резьбы.

3. Если есть термическая обработка, то маршрут расчленяют на две части: до и после термообработки. Это необходимо для устранения коробления.

4. В первую очередь необходимо обработать ту поверхность, относительно которой на чертеже заданы другие поверхности детали.

5. Вспомогательные операции и второстепенные (сверление местных отверстий, снятие фасок, прорезка канавок и т. п.) выполняют на стадии чистовой обработки.

6. Обработку зубьев колёс, нарезание шлицев, обработку пазов и т. д. выделяют как самостоятельные операции.

7. Необходимо учесть возможность объединения операций, выполняемых на одном станке.

8. Исходя из условий конкретного производства, учитывают при составлении маршрута: наличие специализированных цехов, соответствие такту выпуска (массовое производство). Для тяжёлых заготовок предусматривают минимум перестановок.

9. Всемерно применять принципы типизации ТП.

10. В маршруте обработки указывают также операции контроля для своевременного предупреждения появления брака. Различают сплошные и выборочные контрольные операции. Методы контроля: пассивный и активный.

[Вернуться в оглавление](#)

7.7. Проектирование технологических операций

При разработке структуры операций механической обработки стремятся к наиболее экономичным вариантам.

С этой целью стремятся к перекрытию элементов основного t_0 и вспомогательного t_B времени и, как следствие, повышая производительность процесса. Имеются следующие схемы построения операций, отличающиеся:

- числом одновременно устанавливаемых заготовок: одноместные и многоместные;
- числом участвующих в обработке инструментов: одноинструментальные и многоинструментальные;
- порядком использования инструментов – последовательная, параллельная и параллельно- последовательная.

Путём сочетания указанных схем достигают различных схем обработки.

Средства контроля выбирают исходя из их метрологических показателей и их соответствия требуемой точности изготавливаемого изделия, производительности контроля.

Погрешность контроля (T – допуск размера):

- ответственные детали $0,085T$;
- менее ответственные детали $0,12...0,25T$;
- неответственные детали $0,305T$.

Число контрольных операций выбирается из соображений минимального влияния на себестоимость при обеспечении минимума брака.

Выбор схемы построения операций в значительной степени зависит от программы выпуска, например: при единичном – одноступенчатая, одноинструментальная, последовательная; при серийном, массовом – многоступенчатая, многоинструментальная, параллельная или параллельно-последовательная.

Оценку эффективности построения операции производят по коэффициенту совмещения оперативного времени.

[Вернуться в оглавление](#)

7.8. Определение припусков на обработку

Исходная заготовка отличается от детали тем, что на всех обрабатываемых поверхностях предусмотрен припуск – слой материала, подлежащий удалению с поверхности заготовки в процессе обработки для получения заданной точности и шероховатости. Материал, оставленный в выемках, пазах и отверстиях отливок и поковок образует напуск, также удаляемый при обработке. Напуском является также слой материала проката, превышающий размеры заготовки с учётом припуска на обработку. Припуски разделяют на общие – удаляемые в течение всего процесса обработки и межоперационные (промежуточные), удаляемые при выполнении отдельных операций. Межоперационный припуск определяется разностью размеров заготовки, полученных на смежных предшествующем и выполняемом переходах.

Общий припуск равен сумме межоперационных припусков по всем технологическим операциям.

Припуски могут быть симметричными (для тел вращения) и асимметричными – (призматические детали).

Различают номинальный, минимальный и максимальный припуск.

Минимальный припуск, т. е. наименьший слой металла, снимаемый при обработке, есть разность между наименьшим размером заготовки и наименьшим размером после выполнения данного перехода. Максимальный припуск равен номинальному припуску минус допуск на выполнение данного перехода.

Номинальный припуск – разность между номинальными размерами поверхности после предшествовавшего и после данного перехода.

Максимальный припуск – разность между наименьшим размером поверхности после выполнения предшествовавшего перехода и наименьшим её размером после выполнения данного перехода.

Существуют нормативные данные, суммируя которые можно получить величину минимального припуска. Имеются так же ГОСТы на значения общих припусков на обработку отливок и поковок. При оценке величины общего припуска учитываются факторы:

- размер и конструктивные формы;
- материал и способ получения заготовки;
- величина дефектного слоя;
- погрешность установки;
- степень деформации.

Обычно технологические промежуточные допуски на охватываемую поверхность (шейка вала) назначают в минус, а на охватывающую (отверстия) – в плюс. В любом случае промежуточный допуск направлен в тело металла.

Минимальный припуск – минимальная необходимая толщина слоя материала для выполнения данной операции. Он является исходной величиной при расчёте припусков.

Припуски на обработку определяются двумя методами:

1. Опытно-статистический – при котором значения общих и промежуточных припусков определяют по справочным таблицам, составленным на основе обобщения производственного опыта. Недостаток метода – нет учёта конкретных условий построения ТП. Полученные припуски, как правило, завышены, так как ориентируются на полное отсутствие брака;

2. Расчётно-аналитический метод (профессор В.М. Кован), согласно которому промежуточный припуск должен быть таким, чтобы при его снятии устранялись погрешности обработки и дефекты

поверхностного слоя, полученные на предшествующем переходе, а так же погрешности установки на данном переходе.

[Вернуться в оглавление](#)

7.9. Выбор оборудования и технологической оснастки

Металлорежущие станки с технологических позиций классифицируются следующим образом:

1. Станки общего назначения, т. е. с наибольшими технологическими возможностями (горизонтально и вертикально фрезерные, токарно-винторезные, вертикально-радиально-сверлильные);

2. Станки повышенной производительности. У этой группы возможности ограничены по технологическому принципу (продольно-фрезерные, токарные полуавтоматы, безцентрошлифовальные и т. д.);

3. Станки определённого назначения, т. е. станки на определённую технологическую операцию (станки для нарезания цилиндрических или конических зубчатых колес и т. д.);

4. Специализированные – любой из первых трёх групп, но приспособленный на одну технологическую операцию в массовом производстве (изменен угол наклона шпинделя и т. д.);

5. Агрегатные станки, многошпиндельные (сверление, фрезерование, растачивание отверстий в корпусах и т. д.);

6. Специальные – конструируются по особому заказу в единичном экземпляре, на определённой технологической операции для определённой заготовки.

При выборе оборудования следует учитывать следующие факторы:

- соответствие рабочей зоны станка габаритам детали, например: диаметр заготовки над станиной; расстояний между центрами; диаметр заготовки над суппортом и т. д. – для токарно-винторезных станков, расстояние от торца шпинделя до стола – для сверлильных станков и т. д.;

- возможность достижения требуемой точности и шероховатости;

- соответствие мощности, жёсткости и кинематических данных наилучшим режимам выполнения операции;

- обеспечение требуемой производительности в соответствии с заданной программой;
- соответствие техники безопасности и промышленной санитарии;
- соответствие оборудования заданной программе по критерию себестоимости.

Выбор приспособлений зависит в основном от типа производства и программы выпуска:

- единичное, мелкосерийное – универсальные приспособления (тиски, кулачковые патроны, делительные головки и т. д.);
- серийное – универсальные, переналаживаемые;
- массовое – специальные приспособления.

Выбор режущего инструмента ориентируется на стандартный инструмент, с учётом метода обработки, материала детали, размера и конфигурации, качества поверхности, программы выпуска.

Выбор измерительных средств определяется в первую очередь соответствием требуемой точности изготавливаемой детали.

- единичное, мелкосерийное – универсальные инструменты (микрометры, штангенциркули, нутромеры, индикаторы и т. д.).
- серийное, массовое – калибры, шаблоны, автоматические измерительные средства.

[Вернуться в оглавление](#)

7.10. Расчет режимов резания

От правильного выбора режимов резания зависит качество поверхности, точность, производительность обработки.

Параметры режимов резания рассчитывают в следующем порядке:

1. Назначают глубину резания t . Глубина резания t – расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностью, измеренное в перпендикулярном направлении к последней, в миллиметрах (мм). Глубину t выбирают из того, как выгоднее работать с возможно меньшим числом проходов:

- при черновом точении t определяется величиной операционного пропуска, который снимают за один проход;
- при чистовом точении t определяется заданной точностью и шероховатостью.

Рекомендации: до $Ra > 2,5$ $\text{мкм} \cdot t = 0,5 \dots 2$ мм; при $Ra < 2,5$ мкм $t = 0,1 \dots 0,4$ мм.

2. Назначают подачу S . Подача S – величина перемещения инструмента относительно обрабатываемой детали или этой детали относительно инструмента в направлении движения подачи за определённый промежуток времени (за один оборот детали или инструмента, за один рабочий ход инструмента и т. д.).

Измеряется в миллиметрах в минуту (мм/мин), мм/об, мм/зуб. Подача может быть продольной – вдоль оси обрабатываемой детали, поперечной – поперек этой оси, наклонённой под углом к этой оси, вертикальной или круговой.

Подача также выбирается максимальной, для уменьшения технологического времени. Подачу S назначают максимально допустимую, в зависимости от материала, жёсткости, СПИД, глубины резания, размеров детали. Выбранное значение подачи корректируют по паспортным данным станка.

3. Рассчитывают скорость резания V .

Скорость резания V – величина перемещения режущей кромки в единицу времени относительно обрабатываемой поверхности. Измеряется в метрах в минуту, метрах в секунду (м/мин, м/с). Определяют v по формулам теории резания или по таблицам нормативных материалов.

Для точения:

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

где t – глубина резания, мм; S – подача, мм/об; T – стойкость резца, мин; C_v , x , y , m – табличные коэффициенты, зависящие от условий обработки; K_v – поправочный коэффициент на скорость.

4. Рассчитывают частоту вращения шпинделя n , об/мин.

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot d},$$

где V – скорость резания, м/мин; d – наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм.

5. Производят проверку станка по мощности, кВт

Затрачиваемая мощность на резание определяется по формуле

$$N_{\text{ДАС}} = \frac{P_z V}{1020 \times 60},$$

где P_z – тангенциальная (окружная) сила резания, Н; определяется по формуле

$$P_z = 10C_p t^x S^y V^n K_p,$$

где C_p , x , y , n – эмпирические коэффициенты и показатели степеней; K_p – поправочный коэффициент на мощность

Расчетное значение мощности $N_{рез}$ сравнивается с мощностью станка $N_{ст}$, при этом должно соблюдаться условие

$$N_{рез} \leq N_{ст} \times \eta,$$

где η – КПД привода станка для определенной скорости вращения шпинделя.

[Вернуться в оглавление](#)

7.11. Расчет норм времени

Все полезное время работы, связанное с технологической операцией, выражается в виде штучного или штучно-калькуляционного времени.

Штучное время определяется для массового производства и представляет сумму следующих составляющих:

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{ор} + T_{тех} + T_{пер},$$

где T_o – время выполнения основной работы, часто называемое машинным временем; T_v – вспомогательное время, которое включает закрепление заготовки, пуск станка, подвод инструмента, контроль и т. п.; $T_{ор}$ – время организационного обслуживания рабочего места, затрачивается на осмотр и опробование оборудования, раскладку и уборку инструмента, смазку и чистку станка; $T_{тех}$ – время технического обслуживания, затрачивается на регулировку и подналадку станка в процессе работы, замену затупившегося инструмента, правку шлифовального круга, удаление стружки; $T_{пер}$ – время перерывов на личные потребности рабочего.

Сумма основного и вспомогательного времени называется операционным временем:

$$T_{оп} = T_o + T_v.$$

При технологическом нормировании подробно рассчитывают только основное и вспомогательное время.

Основное время рекомендуется находить расчетно-аналитическим методом на основании принятых режимов резания.

Вспомогательное время берут по нормативным таблицам. Прочие элементы штучного времени определяют упрощенно и берут в процентах от операционного времени (4–8 %).

При серийном производстве определяется штучно-калькуляционное время:

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{N},$$

где $T_{\text{пз}}$ – подготовительно-заключительное время. Оно затрачивается один раз на всю партию при подготовке деталей. В его состав входит ознакомление с технической документацией, получение инструктажа, подготовка рабочего места, наладка оборудования, приспособлений и инструментов. Задается по соответствующим нормативам. Упрощенно допускается брать 10–20 мин; N – число деталей в запускаемой партии.

Основное время зависит от выбранного режима резания и размеров обрабатываемой поверхности заготовки. Для большинства видов обработки на металлорежущих станках справедлива следующая формула:

$$T_0 = \frac{l + l_1 + l_2}{Sn} i,$$

где l – длина обрабатываемой поверхности, мм; l_1 – величина врезания инструмента, мм; l_2 – величина перебега инструмента, мм; S – подача инструмента, мм/об; n – частота вращения шпинделя, об/мин; i – число проходов инструмента (рис. 31).

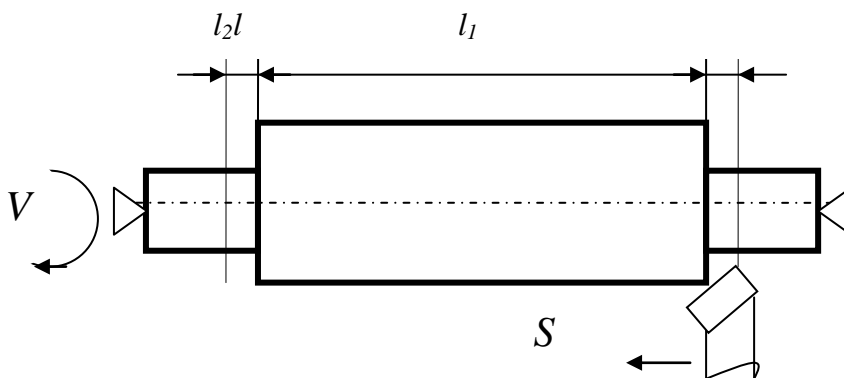


Рис. 31. Величины l , l_1 , l_2 при точении

Вспомогательное время состоит из затрат времени на отдельные приемы:

$$T_{\text{в}} = T_{\text{у}} + T_{\text{п}} + T_{\text{к}},$$

где $T_{\text{у}}$ – время на установку и снятие детали; $T_{\text{п}}$ – время перехода; $T_{\text{к}}$ – время на контрольные измерения, мин.

Отдельные элементы вспомогательного времени приведены в соответствующих нормативах.

[Вернуться в оглавление](#)

8. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

8.1. Технология изготовления валов

В технологии машиностроения в понятие «валы» принято включать собственно валы, оси, пальцы, штоки, колонны и другие подобные детали машин, образованные наружными поверхностями вращения при значительном преобладании длины над диаметром. Конструктивное разнообразие валов вызывается различным сочетанием цилиндрических, конических, а также зубчатых (шлицевых), резьбовых поверхностей. Валы могут иметь шпоночные пазы, лыски, осевые и радиальные отверстия.

Технологические задачи формулируются в соответствии с рекомендациями и охватывают требованиями к точности детали по всем их параметрам.

Точность размеров. Точными поверхностями валов являются, как правило, его опорные шейки, поверхности под детали, передающие крутящий момент. Обычно они выполняются по 6-7-му квалитетам.

Точность формы. Наиболее точно регламентируется форма в продольном и поперечном сечениях у опорных шеек под подшипники качения. Отклонения от круглости и профиля в продольном сечении не должен превышать 0,25...0,5 допуска на диаметр в зависимости от типа и класса точности подшипника.

Точность взаимного расположения поверхностей. Для большинства валов главным является обеспечение соосности рабочих поверхностей, а также перпендикулярности рабочих торцов базовым поверхностям. Как правило, эти величины выбираются по V–VII степеням точности.

Качество поверхностного слоя. Шероховатость базовых поверхностей обычно составляет $Ra = 3,2...0,4$ мкм, рабочих торцов $Ra = 3,2...1,6$ мкм, остальных поверхностей $Ra = 12,5...6,3$ мкм. Валы могут быть сырыми и термообработанными. Твёрдость поверхностных слоёв, способ термообработки могут быть весьма разнообразными в зависимости от конструктивного назначения валов. Если значение твёрдости не превышает НВ 200...230, то заготовки подвергают нормализации, отжигу или термически не обрабатывают. Для увеличения износостойкости валов повышают твёрдость их рабочих поверхностей. Часто это достигается поверхностной закалкой токами высокой частоты, обеспечивающей твёрдость HRC 48...55. Поверхности валов из малоуглеродистых марок стали подвергают цементации на глубину 0,7...1,5 мм с последующей закалкой и отпуском. Таким способом можно достичь твёрдости HRC 55...60.

Технологичность валов.

К технологичности валов предъявляются некоторые специфические требования:

1. Перепады диаметров ступенчатых валов должны быть минимальными. Это позволяет уменьшить объём механической обработки при их изготовлении и сократить отходы металла. По этой причине конструкция вала с канавками и пружинными кольцами более технологична конструкции вала с буртами.

2. Длины ступеней валов желательно проектировать равными или кратными длине короткой ступени, если токарная обработка валов будет осуществляться на многорезцовых станках. Такая конструкция позволяет упростить настройку резцов и сократить их холостые перемещения.

3. Шлицевые и резьбовые участки валов желательно конструировать открытыми или заканчивать канавками для выхода инструмента. Канавки на валу необходимо задавать одной ширины, что позволит прорезать их одним резцом.

4. Валы должны иметь центровые отверстия. Запись в технических требованиях о недопустимости центровых отверстий резко снижает технологичность вала. В таких случаях принято удлинять заготовку для нанесения временных центров, которые срезают в конце обработки.

Материалы и заготовки валов.

Валы, в основном, изготавливают из конструкционных и легированных сталей, к которым предъявляются требования высокой

прочности, хорошей обрабатываемости, малой чувствительности к концентрации напряжений, а также повышенной износостойкости. Этим требованиям, в определённой степени, отвечают стали марок 35, 40, 45, 40Г, 40ХН и др. Достаточно редко валы отливают из чугуна.

В технических требованиях на изготовление валов, прежде всего, указываются твёрдость материала или необходимость соответствующей термической обработки. Если значение твёрдости не превышает НВ 200...230, то заготовки подвергают нормализации, отжигу или термически не обрабатывают. Для увеличения износостойкости валов повышают твёрдость их рабочих поверхностей. Часто это достигается поверхностной закалкой токами высокой частоты, обеспечивающей твёрдость HRC 48...55. Поверхности валов из малоуглеродистых марок стали подвергают цементации на глубину 0,7...1,5 мм с последующей закалкой и отпуском. Таким способом можно достичь твёрдости HRC 55... 60.

Производительность механической обработки валов во многом зависит от вида заготовки, её материалов, размера и конфигурации, а также от характера производства. Заготовки получают отрезкой от горячекатаных или холоднотянутых нормальных прутков и непосредственно подвергают механической обработке.

Прокат круглого сечения поступает на машиностроительные заводы в виде многометровых прутков, из которых в заготовительных цехах нарезаются заготовки необходимой длины.

В наибольшей мере указанным требованиям отвечают отрезные круглопильные станки, применяемые в серийном и массовом производствах. В качестве режущего инструмента в них применяются пильные диски, оснащённые сегментами из быстрорежущей стали. Таким диском можно разрезать прокат диаметром до 240 мм или пакет прутков меньшего диаметра. Торцы заготовок после отрезки имеют шероховатость $Ra = 25$ мкм.

В мелкосерийном и единичном производствах применяются более простые, но менее производительные отрезные ножовочные станки. Тонкие ножовочные полотна дают узкий пропилен, но вследствие малой жёсткости не обеспечивают высокой перпендикулярности торцов заготовок.

Резка прутков и труб из высокотвёрдых, закалённых сталей наиболее эффективна на абразивно-отрезных станках, оснащённых тонкими, толщиной 3...6 мм абразивными кругами на бакелитовой

или вулканитовой связках. Благодаря высокой скорости вращения, достигающей 80 м/с, круги быстро разрезают пруток, образуя ровный срез с шероховатостью $Ra = 3,1...6,3$ мкм. Во избежание пережога торцов зона резания обильно поливается охлаждающей жидкостью.

В сравнении с перечисленными другие методы резки применяются реже. К ним относятся: резка на токарно-отрезных станках отрезными резцами, на фрезерных станках прорезными фрезами, резка фрикционными пилами. Фрикционная пила представляет собой тонкий стальной диск, которому сообщается скорость вращения выше 100 м/с. В месте контакта с заготовкой выделяющаяся вследствие трения теплота расплавляет металл прутка, что обеспечивает высокую производительность процесса. Однако оплавление торцов заготовок снижает их качество. К наиболее производительным методам относятся рубка прутков на прессах и резка ножницами. Существенным недостатком этих методов, ограничивающим их применение, является смятие концов заготовок.

На машиностроительные заводы прокат поступает с заметными отклонениями от прямолинейности оси. Для устранения кривизны прутки перед резкой подвергают правке (рис. 34). Для этой цели служат правильно-калибровочные станки. Нарезанные заготовки перед началом обработки, а иногда и в процессе дальнейшей обработки также приходится подвергать правке. Такую правку обычно проводят на прессах.

Заготовки такого вида применяют в основном в мелкосерийном и единичном производстве, а также при изготовлении валов с небольшим количеством ступеней и незначительными перепадами их диаметров.

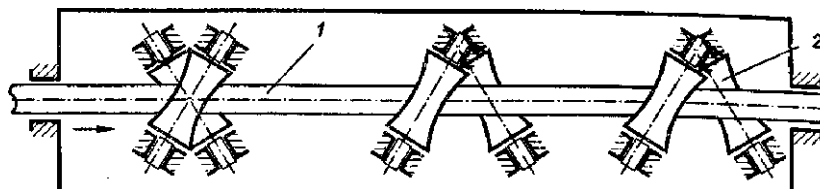


Рис. 34. Схема правильно-рихтовочного устройства станка

В производстве с более значительным масштабом выпуска, а также при изготовлении валов более сложной конфигурации с большим количеством ступеней, значительно различающихся по диаметру, заготовки целесообразно получать методом пластической

деформации. Эти методы (ковка, штамповка, периодический прокат, обжатие на ротационно-ковочных машинах, электровысадка) позволяют получать заготовки по форме и размерам наиболее близкие к готовой детали (рис. 32), что значительно повышает производительность механической обработки и снижает металлоёмкость изделия.

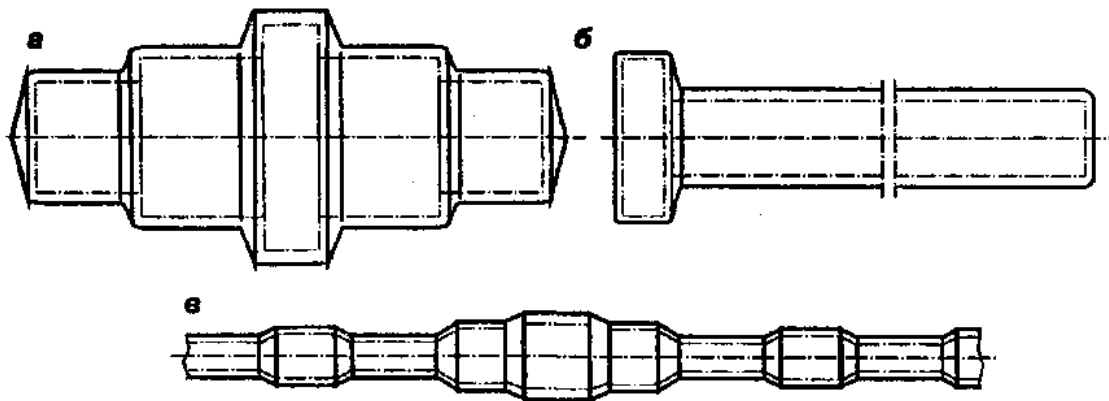


Рис. 32. Заготовки, полученные различными методами: а – штамповкой в штампах; б – штамповкой на горизонтально-ковочной машине; в – поперечно-винтовой прокаткой

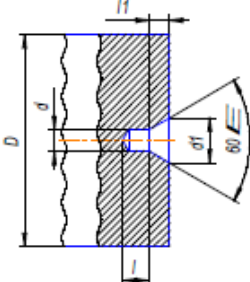
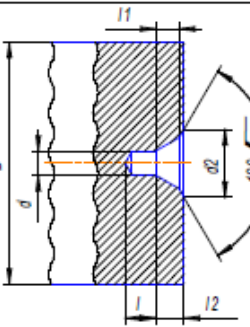
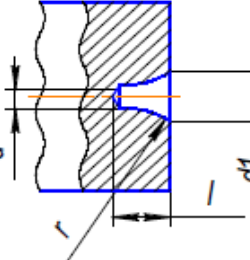
Основные схемы базирования.

Основными базами подавляющего большинства валов являются поверхности его опорных шеек и торцы (рис. 33). Для установки заготовок используют патроны: самоцентрирующиеся двух-, трёх- и четырёхкулачковые; магнитные. Часто за технологические базы принимают поверхности центровых отверстий с обоих торцов заготовки, что позволяет обрабатывать почти все наружные поверхности вала на постоянных базах с установкой его в центрах. При этом может возникать погрешность базирования, влияющая на точность взаимного расположения шеек, равная величине несовпадения оси центровых отверстий и общей оси опорных шеек. Для исключения погрешности базирования при выдерживании длин ступеней от торца вала необходимо в качестве технологической базы использовать торец заготовки. Используются следующие центры: вращающиеся, плавающие, рифлёные, сферические, задний срезанный центр и т. д.

Форма и размеры центровых отверстий стандартизованы. Существует несколько типов центровых отверстий, из которых для валов чаще всего применяются три типа: тип А – без предохранитель-

ного конуса, тип *B* – с предохранительным конусом, тип *R* – с дугообразными образующими (табл. 4).

Таблица 4
Форма и размеры центровочных отверстий

Эскиз	Обозначение	Назначение
	Тип <i>A</i> (без предохранительного конуса)	Изделия, после изготовления которых необходимость в центровых отверстиях отпадает
	Тип <i>B</i> (с предохранительным конусом)	Изделия, в которых центровые отверстия являются базой для многократного использования либо сохраняются в готовых изделиях
	Тип <i>R</i> (с дугообразными образующими)	Изделия повышенной точности

Маршрут обработки вала.

Рассмотрим основные операции механической обработки для изготовления вала с типовыми конструктивными элементами и требованиями к ним.

005 Заготовительная.

Для заготовок из проката: рубка прутка на прессе или обрезка прутка на фрезерно-отрезном или другом станке. Для заготовок, получаемых методом пластического деформирования, – штамповать или ковать заготовку.

010 Правильная (применяется для проката).

Правка заготовки на прессе. В массовом производстве может производиться до отрезки заготовки. В этом случае правится весь пруток на правильно-калибровочном станке.

015 Термическая.

Улучшение, нормализация.

020 Подготовка технологических баз.

Обработка торцов и сверление центровых отверстий. В зависимости от типа производства операцию производят:

- в единичном производстве (подрезку торцов и центрование выполняют на универсальных токарных станках последовательно за два установка);

- в серийном производстве (подрезку торцов выполняют отдельно от центрования на продольно-фрезерных или горизонтально-расточных станках, а центрование – на одностороннем или двустороннем центровальном станке). Могут применяться фрезерно-центровальные полуавтоматы последовательного действия с установкой заготовки по наружному диаметру в призмы и базированием в осевом направлении по упору (рис. 33);

- в массовом производстве (применяют фрезерно-центровальные станки барабанного типа, которые одновременно фрезеруют и центруют две заготовки без съема их со станка). Форму и размеры центровых отверстий назначают в соответствии с их технологическими функциями по стандарту.

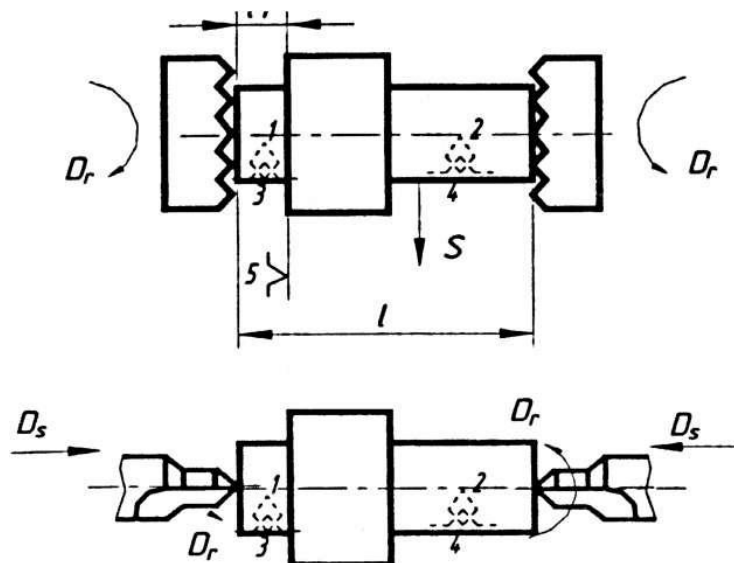


Рис. 33. Схема выполнения фрезерно-центровальной операции
025 Токарная (черновая)

Для нежестких валов (отношение длины к диаметру более 12) обработка шеек под люнеты.

Выполняется за два установа на одной операции или каждый установ выносится как отдельная операция. Производится точение наружных поверхностей (с припуском под чистовое точение и шлифование) и канавок. Это обеспечивает получение точности IT12, шероховатости Ra 6,3. В зависимости от типа производства операцию выполняют:

- в единичном производстве на токарно-винторезных станках;
- в мелкосерийном на универсальных токарных станках с гидросуппортами и станках с ЧПУ;
- в серийном на копировальных токарных станках, горизонтальных многорезцовых, вертикальных одношпиндельных полуавтоматах и станках с ЧПУ;
- в крупносерийном и массовом на многошпиндельных многорезцовых полуавтоматах; мелкие валы могут обрабатываться на токарных автоматах.

030 Токарная (чистовая).

Аналогичная приведенной выше. Производится чистовое точение шеек (с припуском под шлифование). Обеспечивается точность IT11...10, шероховатость Ra 3,2.

035 Фрезерная.

Фрезерование шпоночных канавок, шлицев, зубьев, всевозможных лысок.

Шпоночные пазы в зависимости от конструкции обрабатываются либо дисковой фрезой (если паз сквозной) на горизонтально-фрезерных станках, либо шпоночной фрезой (если паз глухой) на вертикально-фрезерных станках. В серийном и массовом производствах для получения глухих шпоночных пазов применяют шпоночно-фрезерные полуавтоматы, работающие "маятниковым" методом.

Шлицевые поверхности на валах чаще всего получают методом обкатывания червячной фрезой на шлицефрезерных или зубофрезерных станках. При диаметре шейки вала более 80 мм шлицы фрезеруют за два рабочих хода.

040 Сверлильная.

Сверление всевозможных отверстий.

045 Резьбонарезная.

На закаливаемых шейках резьбу изготавливают до термообработки. Если вал не подвергается закалке, то резьбу нарезают по-

сле окончательного шлифования шеек (для предохранения резьбы от повреждений).

050 Термическая.

Закалка объемная или местная, согласно чертежу детали.

055 Исправление центров (центрошлифовальная).

Перед шлифованием шеек вала центровые отверстия, которые являются технологической базой, подвергают исправлению путем шлифования конусным кругом на центрошлифовальном станке за два установка (рис. 34).

060 Шлифовальная.

Шейки вала шлифуют на круглошлифовальных или бесцентрошлифовальных станках. Шлицы шлифуются в зависимости от центрирования:

- по наружной поверхности – наружное шлифование на круглошлифовальных станках и шлифование боковых поверхностей на шлицешлифовальном полуавтомате одновременно двумя кругами и делением;

- по поверхности внутреннего диаметра – шлифование боковых поверхностей шлицев и шлифование внутренних поверхностей по диаметру либо профильным кругом одновременно, либо в две операции.

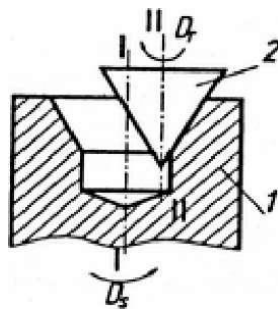


Рис. 34. Схема шлифования центрального отверстия:

1 – заготовка; 2 – шлифовальный круг

065 Моечная.

Промывка деталей на моечной машине.

070 Контрольная.

075 Нанесение антикоррозионного покрытия.

Наличие или отсутствие каких-либо конструктивных элементов (например, крепежных резьбовых отверстий в торце вала) приведет к включению (или исключению) в маршрут дополнительных операций.

Типовые методы обработки поверхностей вала.

Цилиндрические поверхности вала обрабатывают на различных станках: токарной группы (токарно-винторезные, токарно-карусельные, токарно-револьверные, одношпиндельные и многошпиндельные полуавтоматы и автоматы, станки для тонкого точения и др.); шлифовальной группы (круглошлифовальные, бесцентрово-шлифовальные, притирочные, полировальные и т. п.). Станки этих групп применяют как обычные, так и с числовым программным управлением (ЧПУ).

Для точения цилиндрических поверхностей и поверхностей, прилегающих к ним и ограничивающих их длину (торцы, уступы, канавки, радиусы и т. д.), применяют проходные, подрезные (прямые и отогнутые), отрезные, канавочные и другие резцы с напайными пластинами из быстрорежущей стали или твёрдых сплавов и композиционных материалов.

При токарной обработке различают:

- черновое точение (или обдирочное) – с точностью обработки 1Т13... 1Т12 с шероховатостью поверхности до $Ra = 6,3$ мкм;
- получистовое точение – 1Т12... 1Т11 и шероховатость до $Ra = 1,6$ мкм;
- чистовое точение – 1Т10... 1Т8 и шероховатость до $Ra = 0,4$ мкм.

При черновом обтачивании, как и при любой черновой обработке снимают до 70% припуска. При этом назначают максимально возможные глубину резания t и подачу S .

К методам чистовой обработки относятся: тонкое точение и различные методы шлифования. Они, как правило, позволяют обеспечить требуемые точность размеров, формы, взаимного расположения и, в большинстве случаев, качество поверхностного слоя.

Тонкое точение применяется, главным образом, для отделки деталей из цветных металлов и сплавов (бронза, латунь, алюминиевые сплавы и другие) и отчасти для деталей из чугуна и закалённых сталей (HRC 45...60). Объясняется это тем, что шлифование цветных металлов и сплавов значительно труднее, чем стали и чугуна, вследствие быстрого засаливания кругов. Кроме того, имеются некоторые детали, шлифование которых не допускается из-за возможного шаржирования поверхности.

Тонкое точение обеспечивает получение наружных цилиндрических поверхностей вращения правильной геометрической формы

с точным пространственным расположением осей и является высокопроизводительным методом.

При тонком точении используются алмазные резцы или резцы, оснащённые твёрдым сплавом (ТЗОК4, синтетические сверхтвёрдые материалы типа оксидная керамика ВОК60 и оксидно-нитридная керамика «кортинит» гексанит-Р, эльбор-Р.

Тонкое точение характеризуется незначительной глубиной резания ($t = 0,05 \dots 0,2$ мм), малыми подачами ($S = 0,02 \dots 0,2$ мм/об) и высокими скоростями резания ($V = 120 \dots 1000$ м/мин). Точность размеров 1Т5...1Т6; $Ra = 0,8 \dots 0,4$ мкм.

Подготовка поверхности под тонкое точение сводится к чистой обработке с точностью 1Т8...1Т9. Весь припуск снимается за один рабочий ход. Применяются станки особо высокой точности, жёсткости и виброустойчивости. На этих станках не следует выполнять другие операции.

Обработка шпоночных соединений. Наибольшее распространение в машиностроении получили призматические и сегментные шпонки.

Установка валов при обработке пазов обычно производится на призмах или в центрах рис. 35. Шпоночные пазы изготавливаются различными способами на горизонтально-фрезерных или вертикально-фрезерных станках общего назначения или специальных.

Сквозные и закрытые с одной стороны пазы для сегментных шпонок изготавливаются фрезерованием дисковыми фрезами (рис. 35, а). Пазы для призматических шпонок изготавливаются концевыми фрезами за один или несколько рабочих ходов (рис. 35, б).

Фрезерование концевой фрезой за один рабочий ход производится таким образом, что сначала фреза при вертикальной подаче проходит на полную глубину паза, а потом включается продольная подача, с которой шпоночный паз фрезеруется на полную длину. Вследствие того, что фреза работает в основном своей периферической частью, диаметр которой после заточки несколько уменьшается, то в зависимости от числа переточек фреза даёт неточный размер паза по ширине.

В серийном производстве для получения по ширине точных пазов применяются специальные шпоночно-фрезерные станки с маятниковой подачей, работающие концевыми двуспиральными фрезами с торцовыми режущими кромками. При этом способе фреза врежется на $0,1 \dots 0,3$ мм и фрезерует паз на всю длину, затем опять

врезается на ту же глубину, как и в предыдущем случае, и фрезерует паз опять на всю длину, но в другом направлении (рис. 35).

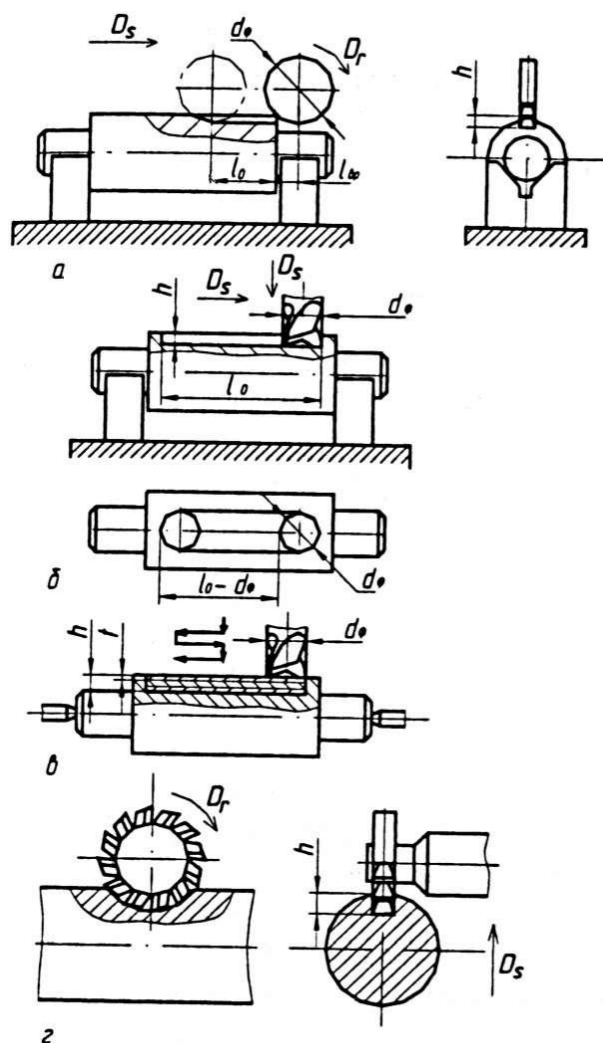


Рис. 35. Методы фрезерования шпоночных пазов:
 а – дисковой фрезой с продольной подачей; б – концевой фрезой с продольной подачей; в – шпоночной фрезой с маятниковой подачей;
 г – дисковой фрезой с вертикальной подачей

Обработка шлицевых соединений. Различают шлицевые соединения прямоугольного, эвольвентного и треугольного профиля. Сопряжённые детали центрируются тремя способами (рис. 36).

- центрированием втулки (или зубчатого колеса) по наружному диаметру D шлицевых выступов вала;
- центрированием втулки (или зубчатого колеса) по внутреннему диаметру шлицев вала d (т. е. по дну впадины);
- центрированием втулки (или зубчатого колеса) по боковым сторонам b шлицев.

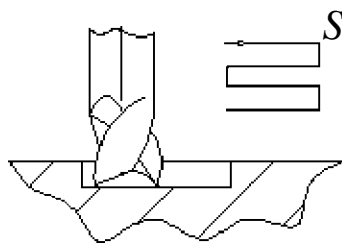


Рис. 35. Фрезерование шпоночного паза с использованием маятниковой подачи



Рис. 36. Виды центрирования шлицевых соединений:
 а – по наружному диаметру D ; б – по внутреннему диаметру d ;
 в – по боковым поверхностям шлицев b

Центрирование по D наиболее технологично, но его использование ограничивается в основном неподвижными шлицевыми соединениями, не требующими повышенной твёрдости. Центрирование по d применяется в тех случаях, когда элементы шлицевого соединения используются для подвижных сопряжений, подвергнутых закалке. Центрирование по b применимо в случае передачи больших крутящих моментов с реверсированием вращения.

Технологический процесс изготовления шлицев валов зависит от того, какой принят способ центрирования вала и втулки. Приведём в качестве примера маршруты обработки шлицев на валах соответственно не подвергаемых и подвергаемых термообработке:

- черновая токарная обработка, чистовая токарная обработка и шлифование цилиндрических поверхностей под нарезание шлицев, нарезание шлицев, снятие заусенцев и промывка;

- черновая токарная обработка, чистовая токарная обработка, нарезание шлицев с припуском под шлифование, фрезерование канавок для выхода круга при шлифовании центрирующей поверхно-

сти внутреннего диаметра (если на первой операции применяется фреза без усиков), термическая обработка, шлифование поверхностей шлицев, снятие заусенцев и промывка.

Шлицы на валах и других деталях изготавливаются различными способами, к числу которых относятся: фрезерование, строгание (шлицестрогание), протягивание (шлицепротягивание), накатывание (шлиценакатывание), шлифование.

Фрезерование шлицев на валах небольших диаметров (до 100 мм) обычно фрезеруют за один рабочий ход, больших диаметров – за два рабочих хода. Черновое фрезерование шлицев, в особенности больших диаметров, иногда производится фрезами на горизонтально-фрезерных станках, имеющих делительные механизмы (рис. 37).

Фрезеровать шлицы можно способом, изображенным на рис. 41, в, позволяющим применять более дешёвые фрезы, чем фреза, изображённая на рис. 37, а.

Более производительным способом является одновременное фрезерование двух шлицевых канавок двумя дисковыми фрезами специального профиля (рис. 37, в).

Чистовое фрезерование шлицев дисковыми фрезами производится только в случае отсутствия специального станка или инструмента, так как оно не даёт достаточной точности по шагу и ширине шлицев.

Более точное фрезерование шлицев производится методом обкатки при помощи шлицевой червячной фрезы (рис. 37, г). Фреза, помимо вращательного движения, имеет продольное перемещение вдоль оси нарезаемого вала. Этот способ является наиболее точным и наиболее производительным.

Окончательная обработка шлицев по методу обкатки производится чистовым фрезерованием червячными шлицевыми фрезами высокого класса точности.

При центрировании втулки (или зубчатого колеса) по внутреннему диаметру шлицев вала как червячная, так и дисковая фреза должна иметь "усики", вырезающие канавки у основания шлица, чтобы не было заедания во внутренних углах; эти канавки необходимы также при шлифовании по боковым сторонам и внутреннему диаметру.

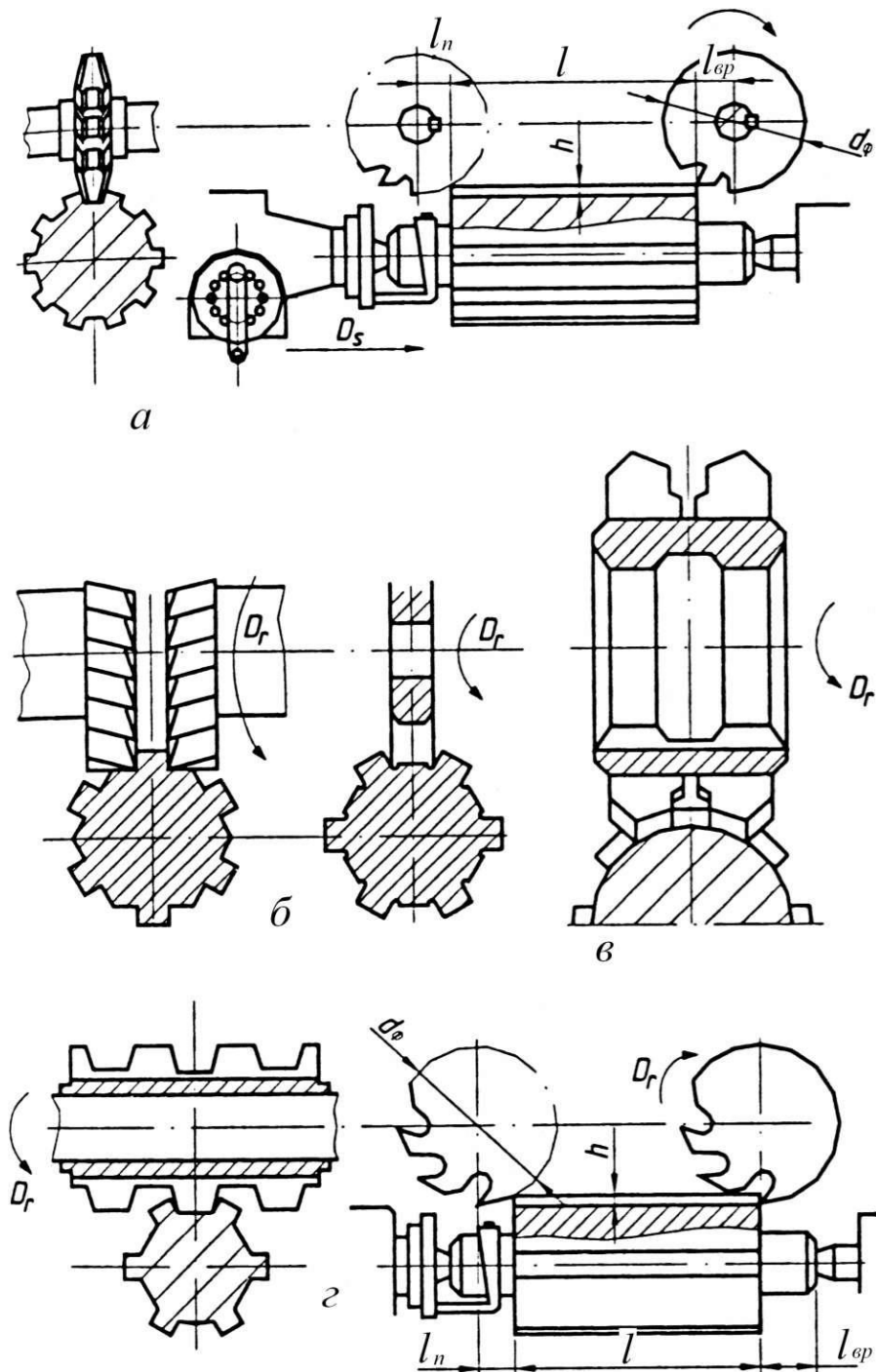


Рис. 37. Способы фрезерования шлицев:

а – дисковой модульной фрезой; б – торцевыми или дисковыми фрезами;
в – специальными дисковыми фрезами (наборными); г – червячной фрезой

Шлицестрогание реализуется, как правило, на специальных станках-полуавтоматах, которые могут работать как отдельно, так и будучи встроенными в автоматическую линию. Этим методом чаще всего обрабатываются сквозные шлицы или шлицы, у которых предусмотрен выход для резцов.

Шлицестрогание обеспечивает шероховатость поверхности $Ra = 3,2...0,8$ мкм. Шлицепротягивание обеспечивает шероховатость поверхности $Ra = 1,6...0,8$ мкм.

Шлифование шлицев осуществляется следующим образом.

При центрировании шлицевых валов по наружному диаметру шлифуют только наружную цилиндрическую поверхность вала на обычных круглошлифовальных станках; шлифование впадины (т. е. по внутреннему диаметру шлицев вала) и боковых сторон шлицев не применяется.

Если шлицевые валы после чернового фрезерования прошли термическую обработку в виде улучшения или закалки, то после этого они не могут быть профрезерованы начисто; их необходимо шлифовать по поверхностям впадины (т. е. по внутреннему диаметру) и боковых сторон шлицев. Наиболее производителен способ шлифования фасонным кругом (рис. 38, а), но при таком способе шлифовальный круг изнашивается неравномерно ввиду неодинаковой толщины снимаемого слоя у боковых сторон и впадины вала, поэтому требуется частая правка круга.

Шлифовать шлицы можно в две отдельные операции (рис. 38, б); в первой шлифуют только впадины (по внутреннему диаметру), а во второй – боковые стороны шлицев. Для уменьшения износа шлифовального круга после каждого хода стола вал поворачивается, и, таким образом, шлифовальный круг обрабатывает впадины постепенно, одну за другой.

Для объединения двух операций шлифования в одну применяются станки, на которых шлицы шлифуются одновременно тремя кругами: один шлифует впадину, а два других – боковые поверхности шлицев (рис. 38, в).

Нарезание резьбы. В машиностроительном производстве применяют цилиндрические резьбы: крепёжные и ходовые, а также конические резьбы. Основной крепёжной резьбой является метрическая резьба треугольного профиля с углом профиля 60° .

Ходовые резьбы бывают с прямоугольным и трапецеидальным профилем; последние бывают однозаходные и многозаходные.

Резьба может быть наружная и внутренняя.

Наружную резьбу можно изготавливать различными инструментами: резцами, гребёнками, плашками, самораскрывающимися резьбонарезными головками, дисковыми и групповыми фрезами, шлифовальными кругами, накатным инструментом. Для изготовле-

ния внутренней резьбы применяют: резцы, метчики, раздвижные метчики, групповые фрезы, накатные ролики.

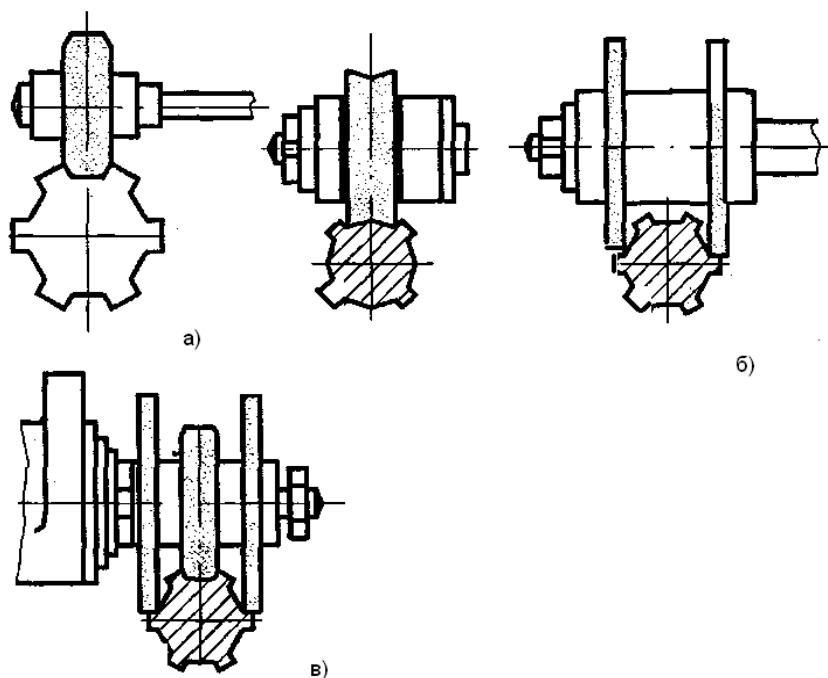


Рис. 38. Схема шлифования шлицев на валах: а – фасонным кругом; б – в две операции; в – тремя кругами

Нарезание резьб осуществляется на резьбонарезных и резьбофрезерных станках и полуавтоматах, гайконарезных автоматах, резьбонакатных, резьбошлифовальных, токарных и других станках.

Нарезание резьбы резцами и резьбовыми гребёнками можно производить на токарных станках. Это малопроизводительный процесс, так как обработка осуществляется за несколько рабочих ходов и требует высокой квалификации рабочего. Достоинством метода является универсальность оборудования, инструмента и возможность получить резьбу высокой точности. На токарных станках нарезают точные резьбы на ответственных деталях, а также нестандартные резьбы и резьбы большого диаметра. Для повышения точности резьбы осуществляют как черновые, так и чистовые рабочие ходы разными резцами. Различают два способа нарезания треугольной резьбы: с радиальным движением подачи; с движением подачи вдоль одной из сторон профиля.

Первый способ более точный, но менее производительный, поэтому рекомендуется черновые рабочие ходы делать вторым способом, а чистовой – первым (рис. 39, а).

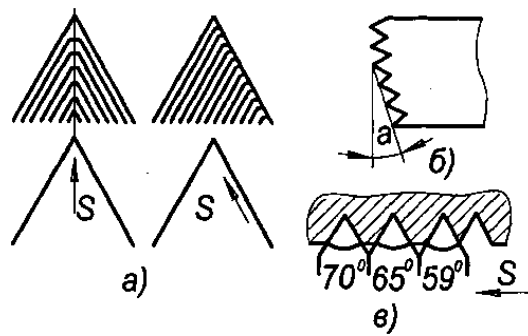


Рис. 39. Схемы нарезания резьбы:
 а – с радиальной подачей и с подачей вдоль одной из сторон;
 б – расположение зубьев резьбовой гребёнки; в – набором резцов

Конструкции некоторых типов резьбовых резцов приведены на рис. 40.

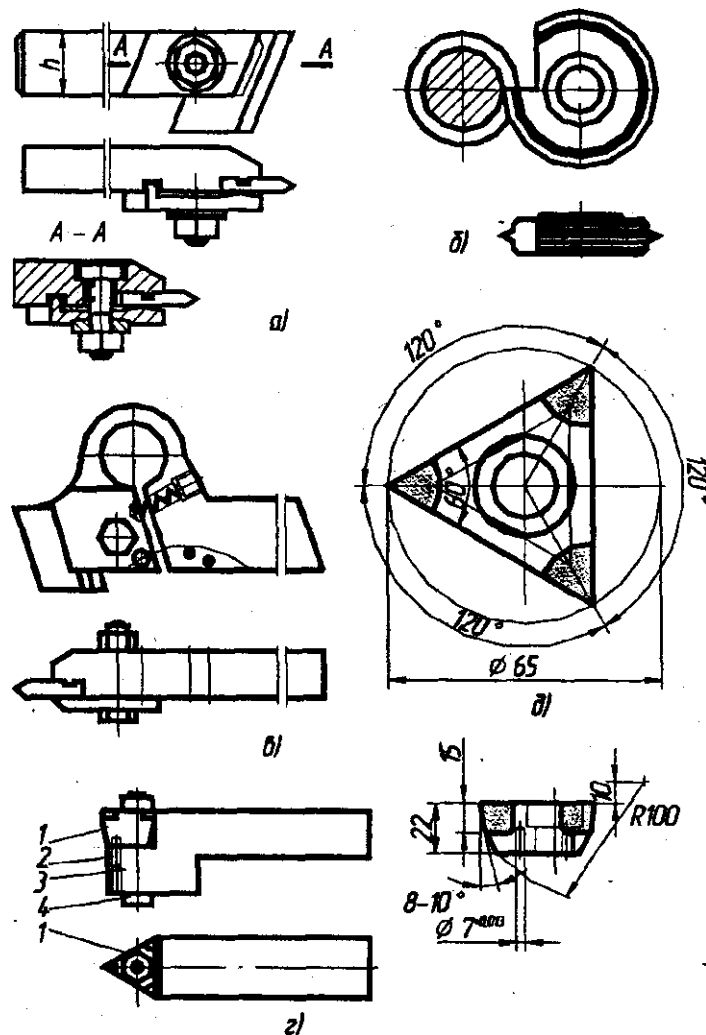


Рис. 40. Резцы для нарезания резьбы:
 а – призматические; б – круглые; в – с пружинной державкой;
 г – с трёхрезцовой головкой; д – трёхрезцовая пластина

В крупносерийном и массовом производствах используется нарезание резьбы вращающимися резцами, так называемым вихревым методом. При этом заготовка закрепляется в центрах токарно-винторезного станка или в патроне. В процессе работы она медленно вращается. В специальной головке, установленной на суппорте станка, закрепляется резец. Головка, вращающаяся с большой скоростью от специального привода, расположена эксцентрично относительно оси нарезаемой резьбы. Таким образом, при вращении головки резец, закреплённый в ней, описывает окружность, диаметр которой больше наружного диаметра резьбы (рис. 41).

Периодически (один раз за каждый оборот головки) резец соприкасается с обрабатываемой поверхностью по дуге и за каждый оборот головки прорезает на заготовке серповидную канавку, имеющую профиль резьбы.

За каждый оборот вращающейся заготовки головка перемещается вдоль оси детали на величину шага резьбы. Головку наклоняют относительно оси детали на величину угла подъёма винтовой линии резьбы. При вихревом нарезании резьбы скорость резания, соответствующая скорости вращения резца $V = 150...400$ м/мин, круговая подача $S = 0,2...0,8$ мм за один оборот резца.

Внутренние резьбы нарезают обычно машинными метчиками на резьбонарезных, сверлильных, револьверных, а также на агрегатных станках, полуавтоматах и автоматах в зависимости от масштаба производства.

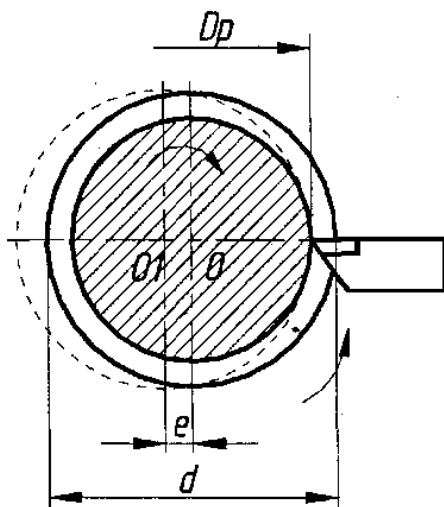


Рис. 41. Схема вихревого нарезания резьбы

В массовом и крупносерийном производстве получили широкое распространение метчики сборной конструкции (резьбонарезные головки).

Основной недостаток всех типов плашек – это необходимость свинчивания их по окончанию резания, что снижает производительность и несколько ухудшает качество резьбы.

Плашками нарезают резьбу как вручную, так и на различных станках токарной, сверлильной, резьбонарезной групп. Круглые плашки устанавливают на станках в специальных патронах и закрепляют тремя-четырьмя винтами. Нарезание плашками – малопродуктивный процесс.

Нарезание наружной резьбы резьбонарезными самооткрывающимися головками значительно точнее, производительнее и отличается большей точностью, чем ранее рассмотренные методы; оно находит широкое применение в серийном и массовом производстве. Вращающиеся головки используют на токарных автоматах и полуавтоматах.

Отделочные операции.

Тонкое (алмазное) точение применяется главным образом для отделки деталей из цветных металлов и сплавов (бронза, латунь, алюминиевые сплавы и пр.) и частично для деталей из чугуна и закаленных сталей (HRC45...60). Объясняется это тем, что шлифование цветных металлов и сплавов значительно труднее, чем стали и чугуна, вследствие быстрого засаливания кругов. Кроме того, имеются некоторые детали, шлифование которых не допускается из-за возможного шаржирования поверхности.

При тонком точении используются алмазные резцы или резцы, оснащенные твердым сплавом (ТЗ0Т4, синтетические сверхтвердые материалы типа оксидная керамика В0К60 $\{Al_2O_3 + TiC\}$ и оксидно-нитридная керамика «кортинит» $\{Al_2O_3 + TiN\}$, гексанит-Р, эльбор-Р).

Тонкое точение характеризуется незначительной глубиной резания ($t = 0,05...0,2$ мм), малыми подачами ($S = 0,02.0,2$ мм/об) и высокими скоростями главного движения резания ($V = 120...1000$ м/мин). Точность размеров IT5...IT6; $Ra = 0,8...0,4$ мкм.

Подготовка поверхности под тонкое точение сводится к чистой обработке с точностью IT9...IT10. Весь припуск снимается за один рабочий ход. Применяются станки особо высокой точности,

жесткости и виброустойчивости. На этих станках не следует выполнять другие операции.

Шлифование – основной метод чистовой обработки наружных цилиндрических поверхностей. Шейки валов шлифуют в две операции: предварительное и чистовое шлифование. После чистового шлифования точность размера IT6, шероховатость $Ra = 1,6...0,4$ мкм. Как правило, все наружные цилиндрические поверхности с точностью выше IT8 и шероховатостью $Ra = 1,6...0,4$ мкм подвергают после чистового точения шлифованию.

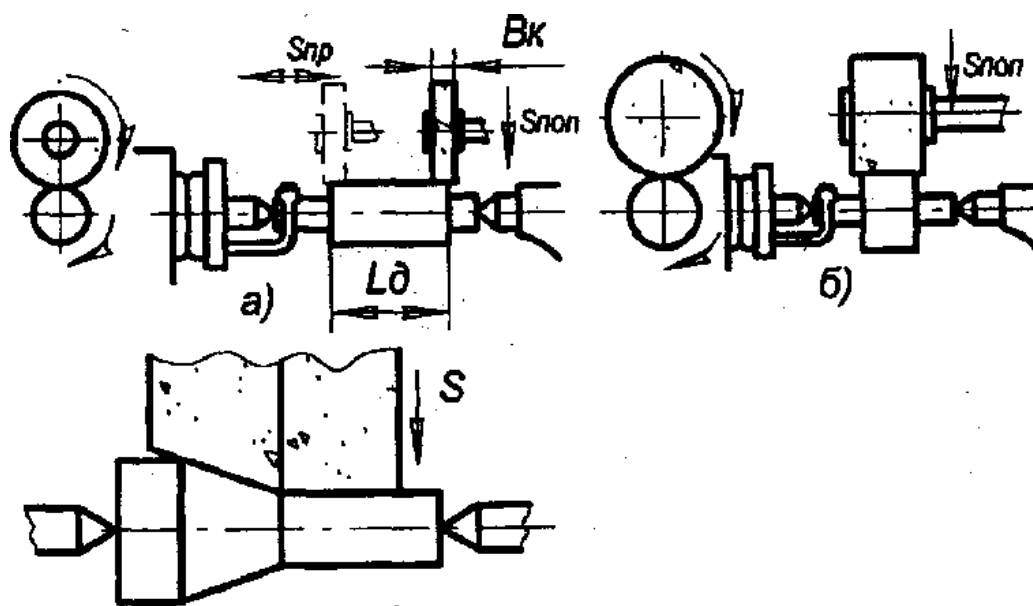


Рис. 42. Схемы круглого наружного шлифования:
а – с продольной подачей; б – с поперечной подачей

Заготовке сообщается вращение с окружной скоростью $V = 10...50$ м/мин, которая зависит от диаметра обработки заготовки. Окружная скорость шлифовального круга (скорость главного движения резания) $V = 30...60$ м/с. Подача S и глубина резания варьируются в зависимости от способов шлифования. Различают следующие разновидности шлифования: продольное – с продольным движением подачи (рис. 42, а); и врезное – с поперечным движением подачи (рис. 42, б).

Притирка осуществляется между двумя чугунными (свинцовыми, медными) притирами.

Диски вращаются в разные стороны. Детали закладываются в сепаратор, закрепленный на кривошипе. Достижимая точность процесса IT6, $Ra = 0,05...0,025$ мкм.

Суперфиниширование – отделочная обработка различных поверхностей деталей, в том числе цилиндрических, абразивными брусками. В результате суперфиниширования шероховатость поверхности снижается до $Ra = 0,1...0,016$ мкм, увеличивается относительная опорная длина профиля поверхности с 20 до 90%. Существенного изменения размеров и макрогеометрии поверхности не наблюдается. Обработка производится мелкозернистыми (зернистость не ниже 320) брусками с добавлением смазочного вещества (смесь керосина с маслом) при небольшой скорости (до 2,5 м/с) и с весьма малыми давлениями инструмента на поверхность детали (0,1...0,3 МПа – для заготовок деталей из стали; 0,1...0,2 МПа – для заготовок деталей из чугуна и 0,05...0,1 МПа – для заготовок деталей из цветных металлов).

Полирование предназначено для уменьшения параметров шероховатости поверхности без устранения отклонений размеров и формы деталей. При окончательном полировании достигается (при малых давлениях резания 0,03...0,2 МПа) параметр шероховатости Ra , равный 0,1...0,01 мкм. Абразивными инструментами являются эластичные круги (войлок, ткань, кожа и т. п.), покрытые полировальными пастами, шлифовальные шкурки и свободные абразивы (обработка мелких заготовок в барабанах и виброконтейнерах). В качестве абразивных материалов применяют электрокорунд, карбиды кремния, бора, окись хрома, железа, алюминия, пасты ГОИ, алмазные и эльборовые шкурки и др.

[Вернуться в оглавление](#)

8.2. Технология изготовления втулок

К деталям класса втулок относятся втулки, гильзы, стаканы, вкладыши, т. е. детали, образованные наружными и внутренними поверхностями вращения, имеющие общую прямолинейную ось.

Технологические задачи. Отличительной технологической задачей является обеспечение concentричности наружных поверхностей с отверстием и перпендикулярности торцов к оси отверстия.

Также необходимо выполнить следующие технические требования:

- точность размеров: диаметры наружных поверхностей выполняют по h6, h7; отверстия по H7, реже по H8, для ответственных сопряжения по H6;

- точность формы: в большинстве случаев особые требования к точности формы поверхностей не предъявляются, т. е. погрешность формы не должна превышать определённой части поля допуска на размер.

- точность взаимного расположения: concentricity наружных поверхностей относительно внутренних поверхностей 0,015...0,075 мм; разностенность не более 0,03...0,15 мм; перпендикулярность торцовых поверхностей к оси отверстия 0,2 мм на радиусе 100 мм, при осевой нагрузке на торцы отклонения от перпендикулярности не должно превышать 0,02...0,03 мм.

- качество поверхностного слоя: шероховатость внутренних и наружных поверхностей вращения соответствует $Ra = 1,6...3,2$ мкм, торцов $Ra = 1,6...6,3$ мкм, а при осевой нагрузке $Ra = 1,6...3,2$ мкм. Для увеличения срока службы твердость исполнительных поверхностей втулок выполняется HRC 40...60.

Материалы и заготовки для втулок.

В качестве материалов для втулок служат: сталь, латунь, бронза, серый и ковкий антифрикционный чугун, специальные сплавы, металлокерамика, пластмассы.

Заготовками для втулок с диаметром отверстия до 20 мм служат калиброванные или горячекатаные прутки, а также литые стержни. При диаметре отверстия больше 20 мм применяются цельнотянутые трубы или полые заготовки, отлитые в песчаные или металлические формы, используют также центробежное литьё и литьё под давлением. Заготовкой для втулки большого диаметра является поковка или штамповка, в зависимости от числа деталей в партии.

Основные схемы базирования и схемы обработки.

Как уже говорилось, основная технологическая задача при обработке втулок и дисков заключается в достижении concentricity наружных поверхностей отверстию и перпендикулярности торцов к оси отверстия. Существуют три схемы базирования и получения concentricity наружных поверхностей отверстию и перпендикулярности торцов к его оси при обработке втулок и дисков:

- базирование по наружной цилиндрической поверхности и обработка наружной поверхности, отверстия и торца за один установ;

- базирование по обработанному отверстию на оправке, при этом ведется обработка наружной поверхности и торцов;
- базирование по обработанной наружной поверхности и обработка внутренней поверхности и торцов.

Маршрут обработки втулки.

Рассмотрим основные операции механической обработки для изготовления втулки с типовыми конструктивными элементами и требованиями к ним.

ТП обработки за один установ

005 Токарная

Подрезка торца у прутка, подача прутка до упора, зацентровка торца под сверление, сверление отверстия, точение черновое наружной поверхности со снятием фасок на свободном торце, точение канавок, предварительное развёртывание, окончательное развёртывание, отрезка. При обработке втулки из трубы вместо сверления производят зенкерование или растачивание отверстия. Выполняется на токарно-револьверном, одношпиндельном или многошпиндельном токарном автомате.

010 Сверлильная

Снятие фасок с противоположного торца втулки на вертикально-сверлильном или токарном станке.

015 Сверлильная

Сверление отверстий, нарезка резьбы на вертикально или радиально-сверлильном станке.

020 Контрольная

ТП обработки за два установка

005 Заготовительная

Резка заготовки из проката или трубы или штамповка.

010 Токарная

В зависимости от типа производства выполняется за одну операцию и два установка (единичное) или за две операции (серийное и массовое).

Первый установ (базирование по наружной поверхности к торцу в патроне) – подрезка свободного торца, сверление и зенкерование или растачивание отверстия (с припуском под шлифование), растачивание канавок и фасок.

Второй установ (базирование по отверстию и торцу на оправке) – подрезка второго торца, точение наружных поверхностей (с

припуском под шлифование), точение канавок и фасок. В зависимости от типа производства операция выполняется:

- в единичном производстве – на токарно-винторезных станках;
- в серийном – на токарно-револьверных станках и станках с ЧПУ;
- в массовом – на токарно-револьверных, одношпиндельных или многошпиндельных токарных полуавтоматах.

015 Сверлильная

Сверление, зенкерование отверстий, нарезка резьбы. Производится на вертикально-сверлильных станках, сверлильных станках с ЧПУ, агрегатных станках.

020 Термическая

Закалка согласно чертежу.

025 Внутришлифовальная

Шлифование отверстия на внутришлифовальном станке. Деталь базируется по наружному диаметру и торцу в патроне.

030 Круглошлифовальная

Шлифование наружных поверхностей и торца на круглошлифовальном или торцекруглошлифовальном станках.

035 Контрольная

При обработке тонкостенных втулок (толщина стенки менее 5 мм) возникает дополнительная задача закрепления заготовки на станке без её деформаций. В этом случае лучше устанавливать заготовку на оправке по отверстию и базовому торцу.

Типовые методы обработки поверхностей втулки.

Сверление отверстий. Для неглубоких отверстий используются стандартные свёрла диаметром 0,30...80 мм.

Существуют два метода сверления:

- вращается сверло (станки сверлильно-расточных групп);
- вращается заготовка (станки токарной группы).

Обработку отверстий диаметром до 25...40 мм осуществляют спиральными свёрлами за один переход, при обработке отверстий больших диаметров (до 80 мм) – за два и более перехода сверлением и рассверливанием или другими методами. Для сверления отверстий диаметром свыше 80 мм применяют свёрла или сверлильные головки специальных конструкций. На многих корпусных деталях, фланцах, крышках имеется много небольших отверстий (для кре-

пёжных болтов, шпилек), точность и шероховатость которых определяется точностью, достигаемой сверлением. Такие отверстия обрабатывают на станках с применением кондукторов. При этом достигаемая точность диаметральных размеров – IT11...IT10. При обработке глубоких отверстий ($L/D > 10$) трудно обеспечить направленность оси отверстия относительно её внутренней цилиндрической поверхности. Чем больше длина отверстия, тем больше увод инструмента. Для борьбы с уводом сверла или искривлением оси отверстия применяются следующие способы:

- применение малых подач, тщательная заточка сверла;
- применение предварительного засверливания (зацентровки);
- сверление с направлением спирального сверла с помощью кондукторной втулки;
- сверление вращающейся заготовки при невращающемся или вращающемся сверле. Это самый радикальный способ устранения увода сверла, так как создаются условия для самоцентрирования сверла;
- сверление специальными свёрлами при вращающейся или неподвижной заготовке.

К специальным свёрлам относятся:

- полукруглые – разновидность ружейных свёрл одностороннего резания, которые применяются для обработки заготовок из материалов, дающих хрупкую стружку (латунь, бронза, чугун);
- ружейные – одностороннего резания с внешним отводом СОЖ и внутренним отводом (эжекторные) с пластинами из твёрдого сплава (припаянными или неперетачиваемыми с механическим креплением), предназначенные для высокопроизводительного сверления;
- трепанирующие (кольцевые) свёрла – для сверления отверстий диаметром 80 мм и более, длиной до 50 мм.

Они вырезают в сплошном металле кольцевую поверхность, а остающуюся после такого сверления внутреннюю часть в форме цилиндра можно использовать как заготовку для изготовления других деталей.

Зенкерование отверстий – предварительная обработка литых, штампованных или просверленных отверстий под последующее развёртывание, растачивание или протягивание. При обработке отверстий по IT13-11 зенкерование может быть окончательной операцией. Зенкерованием обрабатывают цилиндрические углубления

(под головки винтов, гнезд под клапаны и др.), торцовые и другие поверхности.

Режущим инструментом при зенкеровании является зенкер. Зенкеры изготавливают цельными с числом зубьев 3...8 и более, диаметром 3...40 мм; насадными, диаметром 32...100 мм и сборными регулируемые, диаметром 40...120 мм. Зенкерование является производительным методом: повышает точность предварительно обработанных отверстий, частично исправляет искривление оси после сверления. Для повышения точности обработки используют приспособления с кондукторными втулками. Зенкерованием обрабатывают сквозные и глухие отверстия. Зенкеры исправляют, но не устраняют полностью оси отверстия, достигаемая шероховатость $Ra = 12,5...6,3$ мкм.

Развёртывание отверстий – чистовая обработка отверстий с точностью до IT7. Развёртыванием обрабатывают отверстия тех же диаметров, что и при зенкеровании. Развёртки рассчитаны на снятие малого припуска. Они отличаются от зенкеров большим числом (6...14) зубьев. Развёртыванием достигается высокая точность диаметральных размеров и формы, а также малая шероховатость поверхности. Следует отметить, что обработанное отверстие получается несколько большего диаметра, чем диаметр самой развёртки. Такая разбивка может составлять 0,005...0,08 мм.

Развёртки обычно не применяют для развёртывания больших по диаметру, коротких, глухих и прерывистых отверстий.

Для развёрток из твёрдых сплавов рекомендуются следующие режимы: для чугуна $V = (7...20)$ м/мин; $S = (2...7)$ мм/об; $t = 0,15$ мм, в качестве СОЖ используется керосин, (достигаемая точность размеров IT6; шероховатость $Ra = 1,6$ мкм); для стали – $V = (4...10)$ м/мин; $S = (2...4)$ мм/об; $t = (0,1...0,15)$ мм (при использовании СОЖ по точности достигаются те же результаты, что и при обработке чугунных заготовок).

Фаски в отверстиях обрабатываются зенковками (рис.43,а). Цилиндрические углубления и торцевые поверхности под головки болтов и гаек выполняются на сверлильных станках цековками в виде насадных головок с четырьмя зубьями (рис. 43, б) или в виде специальных пластин (рис. 43, в) с направляющей цапфой, служащей для получения соосности с обработанными отверстиями.

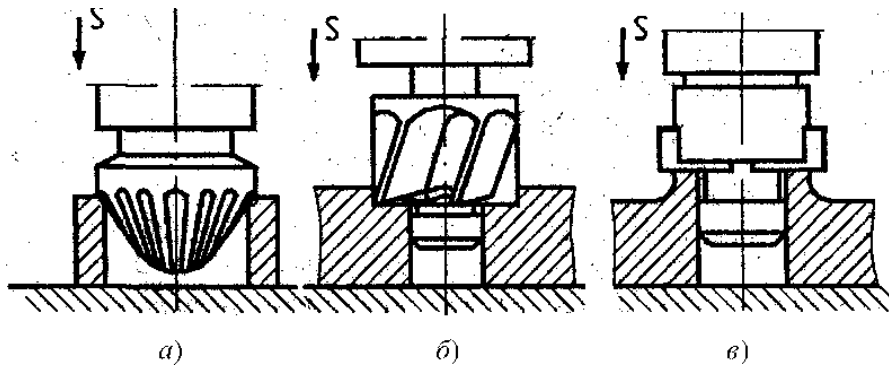


Рис. 43. Обработка вспомогательных элементов в отверстиях: а – зенковками; б – цековками; в – цековками со специальными пластинами

Растачивание основных отверстий (определяющих конструкцию детали) производится на горизонтально-расточных, координатно-расточных, радиально-сверлильных, карусельных и агрегатных станках, многоцелевых обрабатывающих центрах, а также в некоторых случаях и на токарных станках. Существуют два основных способа растачивания: растачивание, при котором вращается заготовка (на станках токарной группы), и растачивание, при котором вращается инструмент (на станках расточной группы).

Типичными для токарных станков операциями являются растачивание одиночного отверстия и растачивание соосных отверстий универсальным методом и резцом (резцами).

Типичными для расточных станков операциями являются растачивание одиночного отверстия, соосных отверстий и растачивание отверстий с параллельными осями. Существуют три основных способа растачивания отверстий на горизонтально-расточных станках:

- растачивание консольными оправками (рис. 44, а);
- растачивание борштангами-скалками использованием опоры задней стойки (рис. 44, б);
- растачивание в кондукторах при шарнирном соединении расточных справок со шпинделем станка (рис. 44, в).

Растачивание борштангами с использованием задней опоры, стойки (способ 2) применяется при изготовлении крупных тяжёлых деталей, имеющих отверстия в противоположных стенках или при обработке отверстий, имеющих длину, значительно превышающую их диаметры. В этом случае опора задней стойки и шпиндель должны быть соосны. Выверка производится в вертикальной и горизон-

тальной плоскостях, при этом значительно возрастает вспомогательное время.

Растачивание борштангой с передним и задним направлением (способ 3) производится с помощью кондукторного приспособления, обеспечивающего двойное направление инструмента и полностью определяющего относительное положение инструмента и заготовки. Инструмент или оправка в этом случае соединяются со станком шарнирно. При этом не требуется точного относительного положения шпинделя и направляющих элементов приспособления, что приводит к сокращению времени на настройку.

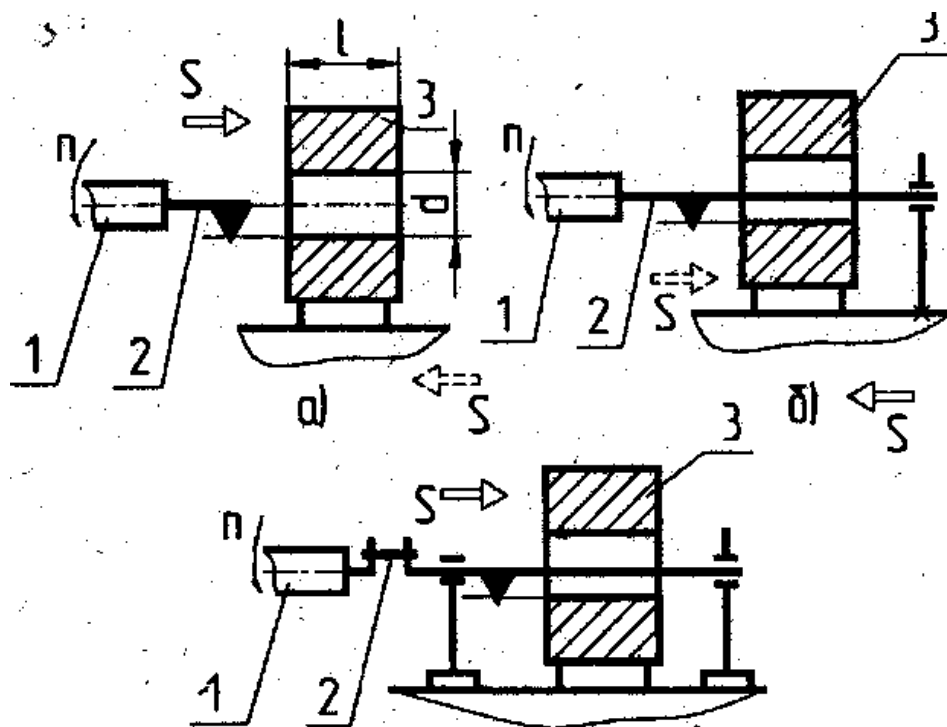


Рис. 44. Схемы растачивания отверстий на горизонтально-расточных станках:
a – консольными оправками; *б* – борштангами с опорой на заднюю стойку;
в – борштангами, установленными в кондукторе

Протягивание отверстий применяют в массовом, крупносерийном и серийном производствах. Протягивание является одним из прогрессивных способов обработки металлов резанием и в отношении производительности и достигаемых точности и шероховатости. По сравнению с развёртыванием, например, протягивание производительнее в 8–9 раз и выше. Протягивание осуществляется многолезвийным инструментом протяжкой, которая протягивается через обрабатываемое отверстие. Внутренним протягиванием обрабатывают различные отверстия: круглые (цилиндрические), шлицевые, многогранные и др. При протягивании на протяжных станках

заготовку устанавливают на жёсткой или шаровой опоре, если торец детали не перпендикулярен оси отверстия. Для протягивания применяют горизонтальные и вертикальные протяжные станки-полуавтоматы. Горизонтальные протяжные полуавтоматы применяются для внутреннего протягивания. Вертикальные полуавтоматы используют как для внутреннего, так и наружного протягивания; они занимают в 2–3 раза меньше площади, чем горизонтальные. Припуск под протягивание при обработке цилиндрических отверстий составляет 0,5–1,5 мм на диаметр отверстия. Прошиванием называют аналогичную протягиванию обработку более коротким инструментом-прошивкой. При прошивании инструмент испытывает напряжения сжатия, а при протягивании – растяжения, поэтому прошивку выполняют относительно небольшой длины (250...400 мм).

Для обработки отверстий применяют внутреннее шлифование, хонингование, притирку.

Внутреннее шлифование применяют для окончательной обработки отверстий закалённых деталей или в тех случаях, когда невозможно применить другие, более производительные методы обработки. Оно осуществляется на внутришлифовальных станках и бесцентрово-внутришлифовальных автоматах. Отверстия обрабатывают на проход и методом врезания (короткие отверстия). Внутреннее шлифование имеет свои технологические особенности. Чистовым шлифованием обеспечивается точность размеров отверстий IT6–IT7; шероховатость поверхности $Ra = 0,8...3,2$ мкм. При длительном выхаживании достигается $Ra = 0,4$ мкм.

Припуски на шлифование отверстий зависят от диаметра отверстия и его длины и рекомендуются 0,07...0,25 мм для диаметра до 30 мм; 0,18...0,75 для диаметра до 250 мм. Наиболее распространённым методом является шлифование на проход с продольным движением подачи. Это шлифование обеспечивает точность размеров, формы и, при соответствующем базировании, точность взаимного расположения обработанных поверхностей.

Различают три основных вида внутреннего шлифования (рис. 45): во вращающейся заготовке; в неподвижной заготовке (планетарное); бесцентровое.

Шлифование отверстия во вращающейся заготовке (рис. 49, а) осуществляется так же, как шлифование наружных поверхностей

тел вращения. Наиболее распространённые схемы шлифования отверстий во вращающейся заготовке приведены на рис. 45.

Для шлифования торца детали после шлифования отверстия в ней целесообразно пользоваться станками, имеющими помимо круга для шлифования отверстия круг для шлифования торца. Это обеспечивает соблюдение строгой перпендикулярности торцевой поверхности и оси отверстия за счёт обработки за один установ.

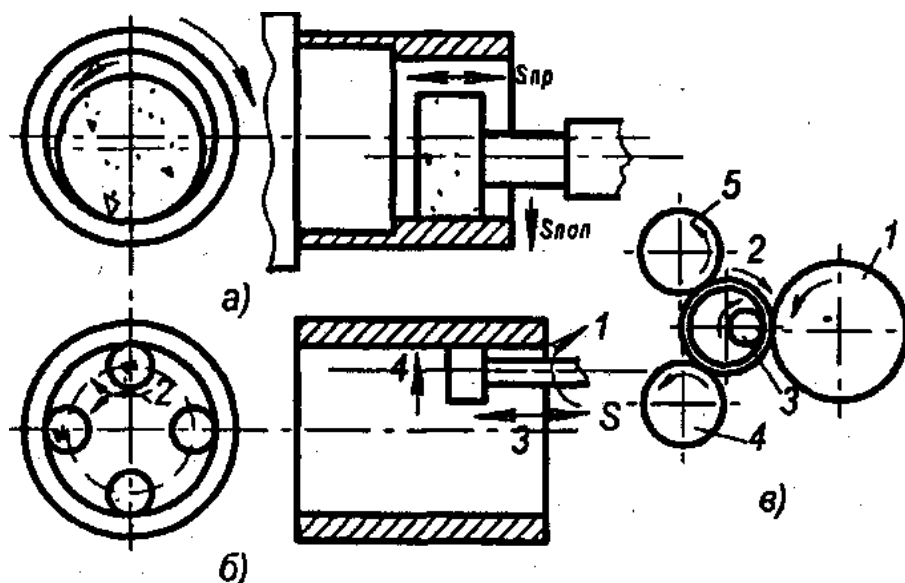


Рис. 45. Виды внутреннего шлифования:

а – во вращающейся заготовке; б – планетарное; в – бесцентровое

Шлифование отверстия в неподвижной заготовке применяют при обработке отверстий в крупных заготовках, которые трудно вращать (рис. 45, б). При этом методе заготовка устанавливается на стол станка и остаётся неподвижной во время обработки. Шпиндель и шлифовальный круг имеют четыре движения: 1 – вращение вокруг своей оси; 2 – планетарное движение по окружности внутренней поверхности заготовки; 3 – возвратно-поступательное движение вдоль оси заготовки; 4 – поперечное перемещение (поперечное движение подачи). Этот метод менее производителен, чем первый.

Хонингование является одним из методов отделочной обработки отверстий. Процесс осуществляется с помощью хонинговальных головок (хонов) со вставными абразивными брусками. Хонингование выполняется вертикально- и горизонтально-хонинговальных станках. Хонинговальная головка совершает совмещённое движение: вращательное и возвратно-поступательное при постоянном давлении абразивных брусков на обрабатываемую поверхность в

среде смазочно-охлаждающей жидкости (рис. 46). В процессе хонингования абразивные бруски удаляют слой металла толщиной $0,3...0,5$ мкм; за один двойной рабочий ход при общем припуске $0,01...0,07$ мм для стали и $0,02...0,20$ мм для чугуна. При этом снимаются как микронеровности, оставшиеся после предыдущей операции, так и некоторая часть основного металла, что позволяет устранять конусообразность, овальность, бочкообразность.

Притирка–доводка, внутренних поверхностей. Этот метод аналогичен притирке наружных цилиндрических поверхностей. Притирка и хонингование, в отличие от внутреннего шлифования, не исправляют погрешностей расположения, так как обрабатывающий инструмент базируется по обрабатываемой поверхности.

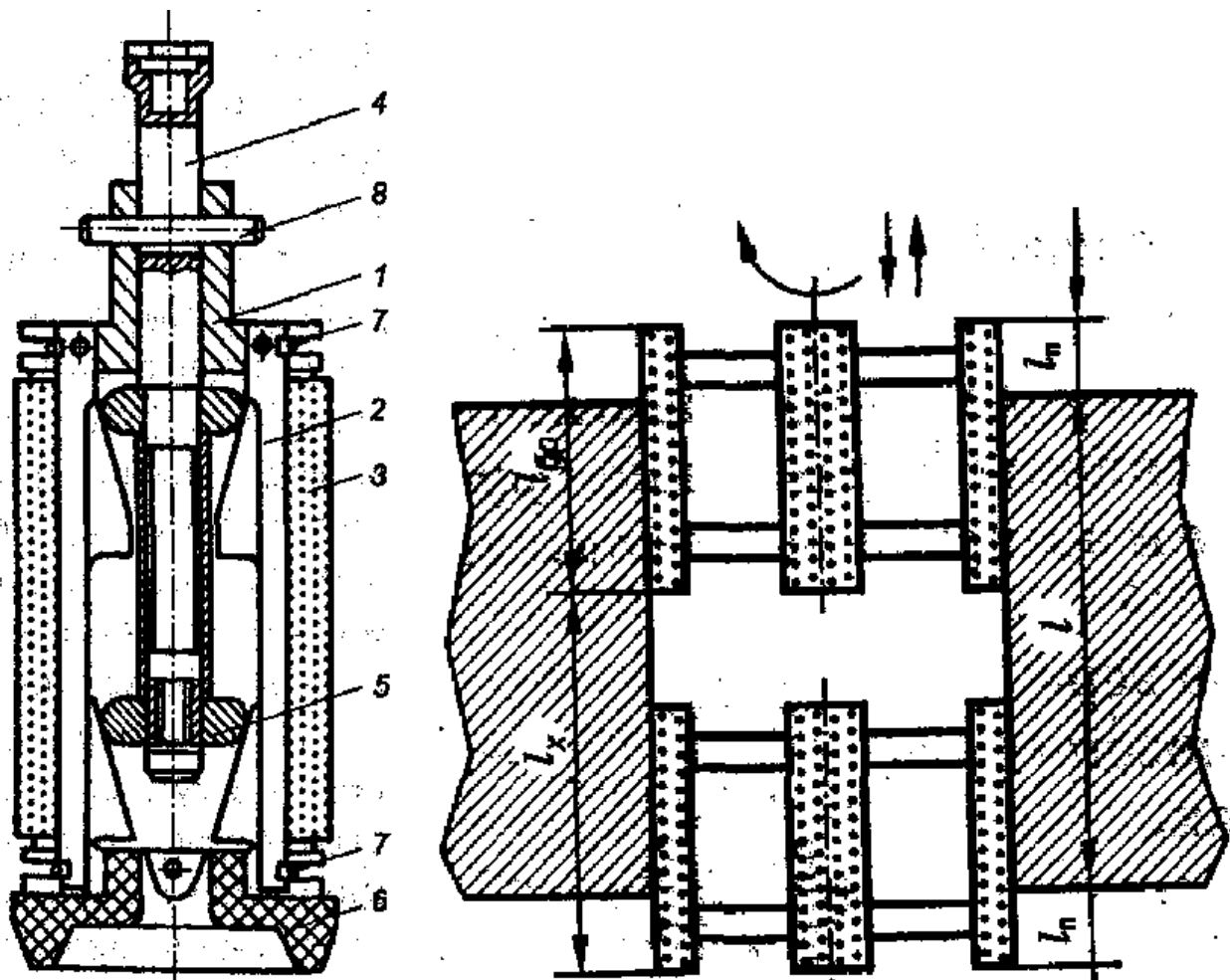


Рис. 46. Хонингование: а – схема хонинговальной головки:

1 – корпус, 2 – колодки, 3 – абразивные круги, 4 – стержень, 5 – нажимная шайба, 6 – конус, 7 – круговые пружины, 8 – палец; б – схема вертикального перемещения брусков хонинговальной головки: $l_{ор}$ – длина бруска, l – длина отверстия заготовки, l_n – перебег брусков, l_x – длина рабочего хода брусков

[Вернуться в оглавление](#)

8.3. Технология изготовления зубчатых колес

Характеристика зубчатых колес.

В современных машинах различают следующие зубчатые передачи:

- силовые, предназначенные для передачи крутящего момента с изменением частоты вращения валов;
- кинематические, служащие для передачи вращательного движения между валами при относительно небольших крутящих моментах.

Зубчатые передачи, используемые в различных механизмах и машинах, делят на следующие виды:

- цилиндрические;
- конические;
- червячные;
- смешанные;
- гиперболоидные (винтовые и гипоидные).

Наибольшее распространение получили цилиндрические, конические и червячные передачи (рис. 47). Цилиндрические зубчатые колеса изготавливают с прямыми и косыми зубьями, реже – с шевронными. Стандарт устанавливает 12 степеней точности цилиндрических зубчатых колёс (в порядке убывания точности): с 1 по 12. В машиностроении используют степени точности с 5 по 10.

У цилиндрических колёс зубья выполняют прямыми, спиральными или шевронными.

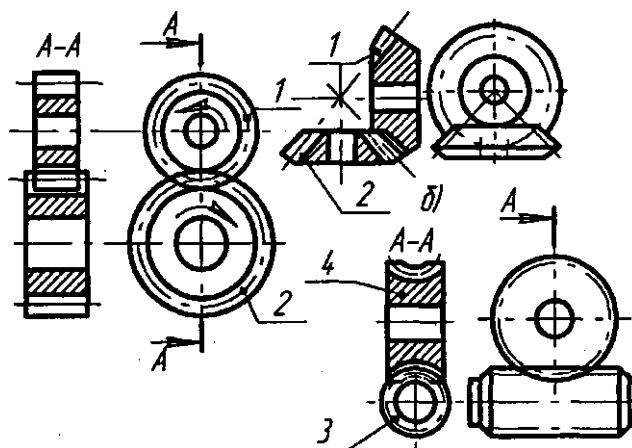


Рис. 47. Виды зубчатых передач:

- а – цилиндрическая; б – коническая; в – червячная; 1 – шестерня;
2 – зубчатое колесо; 3 – червяк; 4 – червячное колесо

Конструктивно зубчатые колеса выполняют:

- цилиндрические и конические без ступицы и со ступицей, с гладким или шлицевым отверстием;
- многовенцовые блочные;
- цилиндрические, конические и червячные типа фланца;
- цилиндрические и конические с хвостовиком;
- валы-шестерни.

Обработка зубчатых колёс разделяется на два этапа: обработка до нарезания зубьев и обработка зубчатого венца. Задачи первого этапа соответствуют в основном аналогичным задачам, решаемым при обработке деталей классов: диски (зубчатое колесо плоское без ступицы), втулки (со ступицей) или валов (вал-шестерня). Операции второго этапа обычно сочетают с отделочными операциями обработки корпуса колеса.

Технологические задачи.

Точность размеров. Самым точным элементом зубчатого колеса является отверстие, которое выполняется обычно по 7-му качеству, если нет особых требований.

Точность взаимного расположения. Несоосность начальной окружности зубчатого колеса относительно посадочных поверхностей допускается не более 0,05...0,1 мм. Неперпендикулярность торцов к оси отверстия или вала (биение торцов) обычно принимается не более 0,01...0,015 мм на 100 мм диаметра (рис. 48).

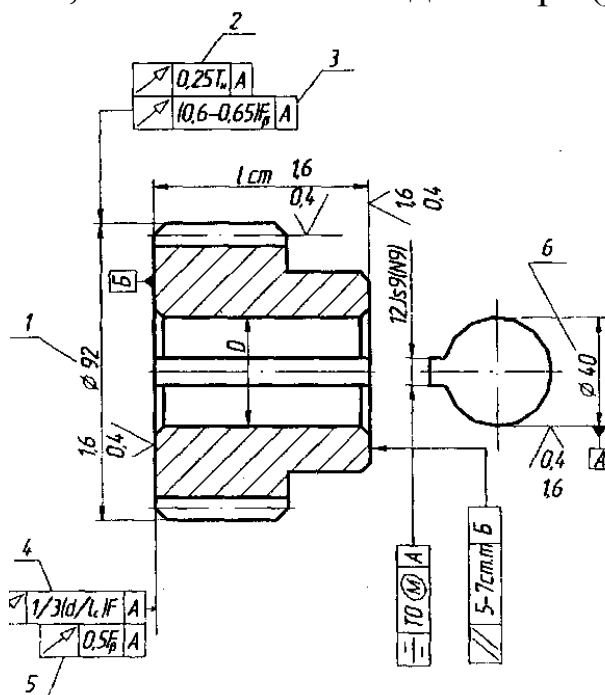


Рис. 48. Зубчатое колесо с типовыми требованиями к точности его изготовления

Твёрдость рабочих поверхностей. В результате термической обработки поверхностная твёрдость зубьев цементируемых зубчатых колёс должна быть в пределах HRC 45...60 при глубине слоя цементации 1..2 мм. При цианировании твёрдость HRC 42...53, глубина слоя должна быть в пределах 0,5...0,8 мм. Твёрдость незакаливаемых поверхностей обычно находится в пределах HB 180...270.

Материалы и заготовки.

В качестве материалов для зубчатых колес служат: стали 45, 40X, 35XM, 18XГТ; для крупных колес используют сталь 20X; для крупных слабонагруженных – серый чугун. Червячные колеса работают в условиях сильного износоотрениия, поэтому зубчатый венец делают из бронзы, цветных сплавов; а ступицу в целях удешевления колеса из конструкционной стали.

Различают основные виды заготовок зубчатых колёс при разных конструкциях и серийности выпуска:

- заготовка из проката;
- поковка, выполненная свободной ковкой на ковочном молоте;
- штампованная заготовка в подкладных штампах, выполненных на молотах или прессах; штампованная заготовка в закреплённых штампах, выполненных на молотах, прессах и горизонтально-ковочных машинах.

Заготовки, получаемые свободной ковкой на молотах, по конфигурации не соответствуют форме готовой детали, но структура металла благодаря ковке улучшается по сравнению с заготовкой, отрезанной пилой от прутка.

Штамповка заготовок в закрытых штампах имеет ряд преимуществ: снижается расход металла из-за отсутствия облоя, форма заготовки ближе к готовой детали, снижается себестоимость, экономия металла составляет от 10 до 30%. Однако отмечается повышенный расход штампов.

Штамповка на прессах имеет большее преимущество перед штамповкой на молотах: получается точная штамповочная заготовка, припуски и напуски меньше на 30 %, по конфигурации заготовка ближе к готовой детали. На прессах можно штамповать с прошиванием отверстия.

Штамповкой на горизонтально-ковочных машинах изготавливают заготовки зубчатых колёс с хвостовиком или с отверстием.

Основные схемы базирования.

Выбор базовых поверхностей зависит от конструктивных форм зубчатых колёс и технических требований. У колёс со ступицей (одновенцовых и многовенцовых) с достаточной длиной центрального базового отверстия ($L/D > 1$) в качестве технологических баз используют: двойную направляющую поверхность отверстия и опорную базу в осевом направлении – поверхность торца.

У одновенцовых колёс типа дисков ($L/D < 1$) длина поверхности отверстия недостаточна для образования двойной направляющей базы. Поэтому после обработки отверстия и торца установочной базой для последующих операций служит торец, а поверхность отверстия – двойной опорной базой. У валов-шестерен в качестве технологических баз используют, как правило, поверхности центральных отверстий.

На первых операциях черновыми технологическими базами являются наружные необработанные «чёрные» поверхности. После обработки отверстия и торца их принимают в качестве технологической базы на большинстве операций. Колёса с нарезанием зубьев после упрочняющей термообработки при шлифовании отверстия и торца (исправление технологических баз) базируют по эвольвентной боковой поверхности зубьев для обеспечения наибольшей точности начальной окружности и посадочного отверстия.

Для обеспечения наилучшей концентричности поверхностей вращения колеса применяют следующие варианты базирования. При обработке штампованных и литых заготовок на токарных станках за одну установку заготовку крепят в кулачках патрона за чёрную поверхность ступицы или чёрную внутреннюю поверхность обода. При обработке за две установки заготовку сначала крепят за чёрную поверхность обода и обрабатывают отверстие, а при второй установке заготовки на оправку обрабатывают поверхность обода и другие поверхности колеса.

Маршрут обработки зубчатого колеса 7-й степени точности (рис. 49).

005 Заготовительная

Для заготовок из проката – резка проката, для штампованных заготовок – штамповка.

Штампованные заготовки целесообразно выполнять с проширными отверстиями, если их диаметр более 30 мм и длина не более

3-х диаметров. Заготовки из чугуна и цветных сплавов (иногда из сталей) получают литьем.

010 Токарная

Точить торец обода и торец ступицы с одной стороны начерно, точить наружную поверхность обода до кулачков патрона начерно, расточить начерно на проход отверстие (или сверлить и расточить при отсутствии отверстия в заготовке), точить наружную поверхность ступицы начерно, точить фаски. *Технологическая база* – наружная поверхность обода и торец, противолежащий ступице (закрепление в кулачках токарного патрона).

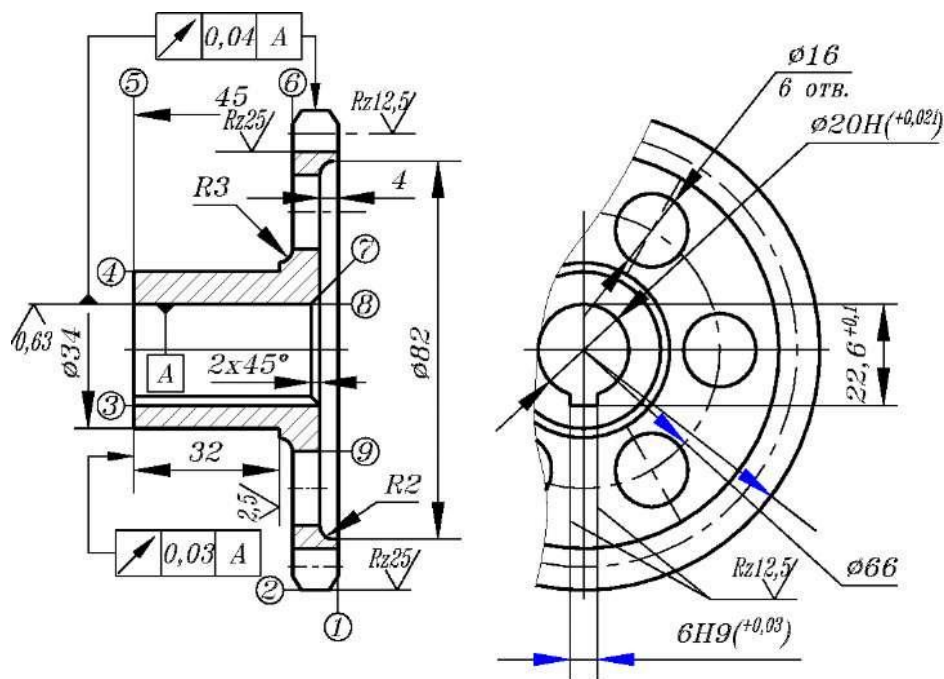


Рис. 49. Колесо зубчатое

Оборудование:

- единичное производство – токарно-винторезный станок;
- мелко- и среднесерийное – токарно-револьверный, токарный с ЧПУ;

- крупносерийное и массовое – одношпиндельный или многошпиндельный токарный полуавтомат (для заготовки из прутка – прутковый автомат).

015 Токарная

Точить базовый торец обода (противолежащий ступице) начерно, точить наружную поверхность обода на оставшейся части начерно, расточить отверстие под шлифование, точить фаски. *Технологическая база* – обработанные поверхности обода и торец.

Оборудование – то же (см. операцию 010).

020 Протяжная (долбежная)

Протянуть (долбить в единичном производстве) шпоночный паз или шлицевое отверстие

Технологическая база – отверстие и базовый торец колеса. Оборудование – горизонтально-протяжной или долбежной станки. Применяются варианты чистового протягивания отверстия на данной операции вместо чистового растачивания на предыдущей операции.

Шпоночные пазы в отверстиях втулок зубчатых колёс, шкивов и других деталей обрабатываются в единичном и мелкосерийном производствах на долбежных станках, а в крупносерийном и массовом – на протяжных станках. На рис. 50 показано протягивание шпоночного паза в заготовке зубчатого колеса на горизонтально-протяжном станке. Заготовка 1 насаживается на направляющий палец 4, внутри которого имеется паз для направления протяжки 2. Когда канавка протягивается за 2-3 рабочих хода, то под протяжку помещают подкладку 3.

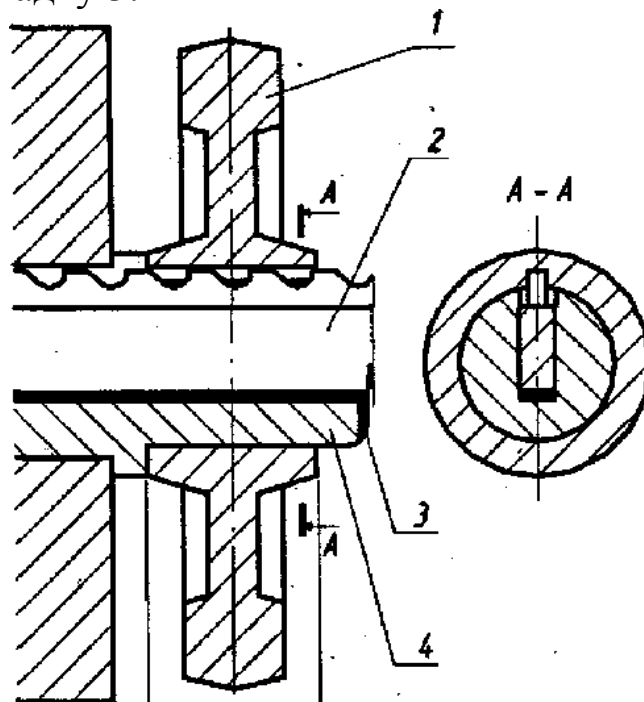


Рис. 50. Протягивание шпоночного паза в отверстии большого торца (со стороны ступицы)

025 Токарная

Точить базовый и противоположащие торцы, наружную поверхность венца начисто. *Технологическая база* – поверхность отверстия (реализуется напрессовкой на оправку, осевое положение на оправке фиксируется путём применения подкладных колец при запрессовке заготовки). Необходимость данной операции вызывается требованием обеспечения соосности поверхностей вращения колеса. Оборудование – токарно-винторезный (единичное производство), токарный с ЧПУ (серийное) или токарный многорезцовый полуавтомат.

030 Зубофрезерная

Фрезеровать зубья начерно (обеспечивается 8-я степень точности). *Технологическая база* – отверстие и базовый торец (реализуется оправкой и упором в торец). Оборудование – зубофрезерный полуавтомат.

035 Зубофрезерная

Фрезеровать зубья начисто (обеспечивается 7-я степень точности).

040 Шевинговальная

Шевинговальная операция повышает на единицу степень точности зубчатого колеса. Операции применяют для термообрабатываемых колёс с целью уменьшения коробления зубьев, так как снимается поверхностный наклёпанный слой после фрезерования. *Технологическая база* – отверстие и базовый торец (реализуется оправкой). Оборудование – зубошевинговальный станок.

045 Термическая

Калить заготовку или зубья (ТВЧ) или цементировать, калить и отпустить – согласно техническим требованиям. Наличие упрочняющей термообработки, как правило, приводит к снижению точности колеса на одну единицу.

050 Внутришлифовальная

Шлифовать отверстие и базовый торец за один установ. Обработка отверстия и торца за один установ обеспечивает их наибольшую перпендикулярность. *Технологическая база* – рабочие эвольвентные поверхности зубьев (начальная окружность колеса) и торец, противоположащий базовому. Реализация базирования осуществляется специальным патроном, у которого в качестве установочных элементов используют калибровочные ролики или зубчатые секторы. Необходимость такого базирования вызвана требованием обес-

печения равномерного съёма металла и зубьев при их последующей отделке с базированием по отверстию на оправке. Оборудование – внутришлифовальный станок.

При базировании колеса на данной операции за наружную поверхность венца для обеспечения соосности поверхностей вращения необходимо ввести перед или после термообработки круглошлифовальную операцию для шлифования наружной поверхности венца и торца, противолежащего базовому (желательно за один установ на оправке). *Технологическая база* – отверстие и базовый торец. Оборудование – круглошлифовальный или торцекругло-шлифовальный станки. Необходимость отделки наружной поверхности венца колеса часто вызывается также и тем, что контроль основных точностных параметров зубьев производится с использованием этой поверхности в качестве измерительной базы.

055 Плоскошлифовальная

Шлифовать торец, противолежащий базовому (если необходимо по чертежу). *Технологическая база* – базовый торец. Оборудование – плоскошлифовальный станок с прямоугольным или круглым столом.

060 Зубошлифовальная

Шлифовать зубья. *Технологическая база* – отверстие и базовый торец. Оборудование – зубошлифовальный станок (обработка обкаткой двумя тарельчатыми или червячными кругами или копированием фасонным кругом). При малом короблении зубьев при термообработке (например, при азотировании вместо цементации) операция зубошлифования может быть заменена зубохонингованием или вообще отсутствовать.

Наличие зубошлифовальной или зубохонинговальной операции определяется наличием и величиной коробления зубьев при термообработке. Двукратное зубофрезерование и шевингование зубьев до термообработки может обеспечить 6-ю степень точности. При потере точности во время термообработки на одну степень конечная 7-я степень точности будет достигнута. Введение отделочной операции зубошлифования или зубохонингования необходимо только при уменьшении точности колеса при термообработке больше, чем на одну степень.

065 Контрольная

Применяются варианты техпроцесса с однократным зубофрезерованием, но с двукратным зубошлифованием.

Наличие упрочняющей термообработки приводит, как правило, к снижению степени точности колёс на одну единицу, что требует введения дополнительной отделочной операции. Для незакаливаемых зубчатых колёс шевингование является последней операцией; перед термообработкой шевингуют зубья в целях уменьшения деформации колеса в процессе термообработки и повышения степени на одну единицу.

Типовые методы обработки зубьев зубчатых колес

Предварительное нарезание зубьев.

Различают два метода зубонарезания: копирование и обкатку. Оба метода используют на различных зубообрабатывающих станках.

Нарезание зубчатых колёс методом копирования. Осуществляется на фрезерных вертикальных и горизонтальных станках. Нарезание зубьев по методу копирования осуществляют модульной дисковой или модульной концевой фрезой. Нарезание, по существу, представляет собой разновидность фасонного фрезерования. Режущие кромки зубьев дисковой или концевой фрезы изготовляют по форме впадины между зубьями колеса, и при фрезеровании они копируют форму впадины, создавая, таким образом, две половины профилей двух соседних зубьев. После нарезания одной впадины заготовка поворачивается на один зуб с помощью делительного механизма, и фреза снова проходит по новой впадине между зубьями, и т. д. (рис. 51).

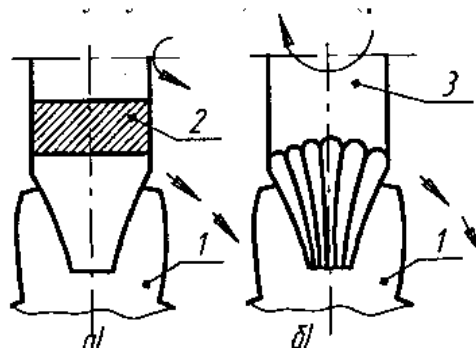


Рис. 51. Схемы фрезерования цилиндрических колёс методом копирования: а – дисковой фрезой; б – концевой фрезой; 1 – заготовка; 2 – дисковая фреза; 3 – концевая фреза

В массовом производстве применяют зубодолбежные резцовые головки, работа которых основана на методе копирования. Производительность такого метода очень высока, точность зависит от точности резцовой головки.

Нарезание зубчатых колёс методом обкатки. При методе обкатки заготовка и инструмент воспроизводят движение пары сопряжённых элементов зубчатой или червячной передачи. Для этого либо инструменту придаётся форма детали, которая могла бы работать в зацеплении с нарезаемым колесом (зубчатое колесо, зубчатая рейка, червяк), либо инструмент выполняют таким образом, чтобы его режущие кромки описывали в пространстве поверхность профиля зубьев некоторого зубчатого колеса или зубчатой рейки, которые называют соответственно производящим колесом или производящей рейкой. В процессе взаимного обкатывания заготовки и инструмента режущие кромки инструмента, постепенно удаляя материал из нарезаемой впадины заготовки, образуют на ней зубья.

Нарезание зубьев цилиндрических зубчатых колёс методом обкатки производится с помощью следующих инструментов: червячных фрез (зубофрезерование); дисковых долбяков (зубодолбление) и долбяков в виде гребёнок-реек (зубострогание).

Зубонарезание червячными фрезами. Для нарезания зубьев этим методом требуются универсальные зубофрезерные станки и специальный режущий инструмент – червячные фрезы. Станки выпускают с вертикальной или горизонтальной осями вращения фрезы. Метод является высокопроизводительным.

Фрезу на станке устанавливают таким образом, чтобы её ось была повернута под углом подъёма винтовой линии витков фрезы (рис. 52).

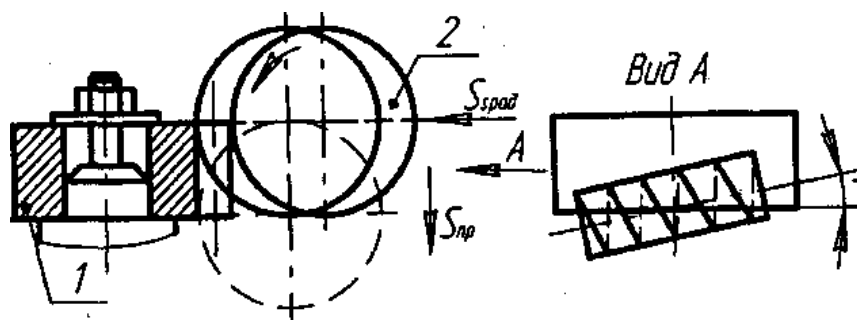


Рис. 52. Схема фрезерования зубьев червячной фрезой

Червячная фреза, кроме вращения, совершает поступательное движение подачи вдоль образующей цилиндра нарезаемого колеса, в результате чего колесо обрабатывается по всей его ширине. В зависимости от модуля устанавливают число рабочих ходов фрезы: для $m = 2 \dots 2,5$ мм – один рабочий ход, для $m > 2 \dots 2,5$ мм – два рабочих хода и более. Повышения производительности при зубофре-

зеровании достигают путём увеличения диаметра фрезы (повышается стойкость инструмента), жёсткости её установки, использования специальных инструментальных материалов, в том числе твёрдосплавных, композиционных, применения многозаходных червячных фрез и увеличения числа одновременно нарезаемых колёс.

Формообразование зубьев червячных колёс осуществляется обычно червячными фрезами по схеме, приведенной на рис. 53. Этот способ является наиболее распространённым в серийном производстве.

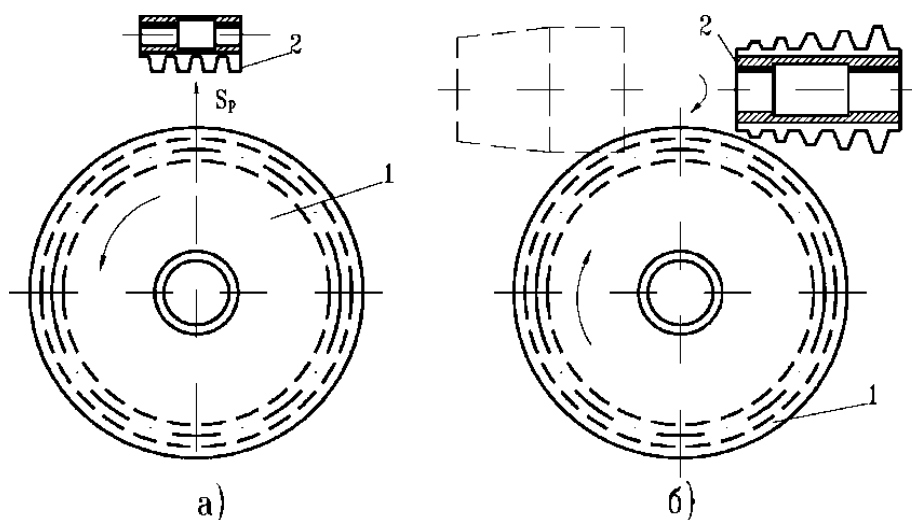


Рис. 53. Схема нарезания зубьев червячных колёс:
а – способ радиальной подачи; б – способ тангенциальной подачи;
1 – нарезаемое червячное колесо; 2 – фреза

Зубодолбление. Режущим инструментом является долбяк, представляющий собой зубчатое колесо с эвольвентным профилем зубьев. В процессе нарезания долбяк и нарезаемое зубчатое колесо находятся в относительном движении зацепления (без зазора), т. е. их окружные скорости на начальных окружностях равны, а частота вращения и число зубьев связаны передаточным отношением

$$i = n_{\text{и}}/n_{\text{з}} = z / z_{\text{и}},$$

где $n_{\text{и}}, n_{\text{з}}$ – соответственно частота вращения инструмента и заготовки колеса; $z, z_{\text{и}}$ – соответственно число зубьев заготовки колеса и инструмента.

Нарезание зубьев долблением осуществляется на зубодолбёжных станках. Обработка за один рабочий ход применяется для зубчатых колёс: с $m = 1 \dots 2$ мм – за один рабочий ход; с $2 < m < 4$ – за два рабочих хода; с $m > 4$ мм – за три рабочих хода. Кроме отмечен-

ных обстоятельств, зубодолбление является единственным методом для нарезания колёс с внутренним зацеплением (при средних и малых диаметрах), а также при обработке зубчатых венцов в блочных шестернях.

Зубострогание. Этот метод применяют для обработки зубьев конических колес. Он основан на зацеплении колеса и рейки, воспроизводимом инструментом – зубострогальным резцом. Обработка колёс осуществляется на станках двух типов: с вертикальной и горизонтальной осью заготовки. Станки последнего типа применяют также для обработки колёс с неразрывным шевронным зубом. У зубострогания производительность меньше, чем у зубофрезерования червячной фрезой и зубодолбления.

Накатывание зубчатых поверхностей имеет большие преимущества перед способами обработки резанием: повышает производительность в 5–30 раз; увеличивает износостойкость и прочность зубьев; значительно уменьшает отходы металла и др. Различают горячее и холодное накатывание. Горячее накатывание применяют для профилей с модулем больше 2 мм; холодное накатывание рекомендуется для мелкозубчатых колёс с модулем до 1,5...2 мм. Может применяться и комбинированное накатывание для средних и крупных модулей (основная пластическая деформация проводится в горячем состоянии, а окончательное профилирование – в холодном). Горячее накатывание производится как с радиальной, так и с продольной подачей. Схема накатки с продольной подачей аналогична холодному накатыванию.

Схема накатывания с радиальным движением подачи показана на рис. 54.

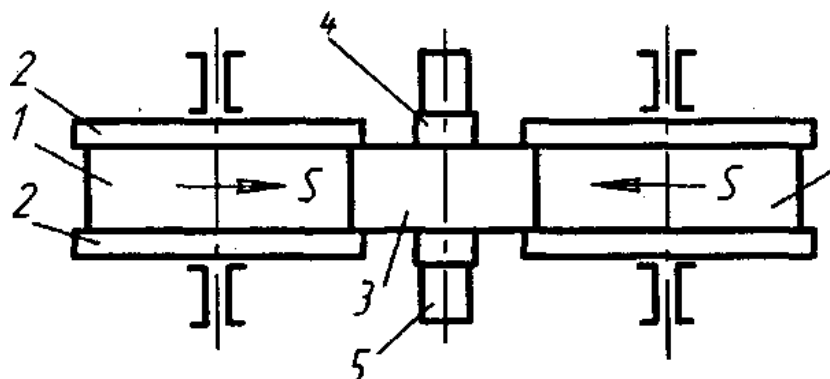


Рис. 54. Схема горячего накатывания зубьев: 1 – накатники; 2 – реборды; 3 – заготовка; 4 – переходная втулка; 5 – оправка

Перед накатыванием заготовку нагревают до 1000–1200 °С, затем устанавливают на оправку специального станка и производят накатывание вращающимися накатниками.

Отделочная обработка зубьев.

Основными видами отделочных работ являются: шевингование, хонингование, шлифование и притирка.

Шевингованием называется процесс тонкой отделки (исправление ошибок в шаге, угла подъёма винтовой линии, профиля эвольвенты, эксцентриситета окружности) незакалённых зубьев зубчатого колеса, осуществляемой специальным инструментом (шевером). Для шевингования прямозубых колёс применяют дисковый шевер с косыми зубьями, наклонёнными к оси под углом 10...15°, а для обработки косозубых колёс – прямозубые и косозубые шеверы с углом скрещивания осей зубчатого колеса и шевера в пределах 10...15°. Это необходимо для создания скольжения зубьев шевера вдоль зубьев колеса и соскабливания шевером тонкой стружки (толщиной 0,001...0,005 мм). Направление вращения шевера периодически изменяют для обработки зубьев с двух сторон. Для шевингования достаточно в качестве предварительной обработки ограничиться полустовым нарезанием зубьев на зубофрезерном станке с оставлением припуска 0,1...0,2 мм на сторону. Шевингование – высокопроизводительный способ чистовой обработки зубчатых колёс 6-й и 7-й степени точности, который примерно в 10 раз дешевле зубошлифования.

Шлифование зубьев применяют для получения особо высокой точности (5-6-я степень) закалённых зубчатых колёс. После термической обработки перед шлифованием зубьев в зубчатых колесах производят шлифование базового центрального отверстия и торца с базированием по делительной окружности при помощи специальных патронов. При необходимости второй торец шлифуют на плоскошлифовальном станке. Шлицевые отверстия с центрированием по наружному диаметру калибруют прошивками на прессе. После обработки отверстия производится шлифование зубьев копированием фасонным кругом (рис. 60, а) и обкаткой двумя (рис. 60, б) или одним (рис. 60, в) шлифовальным кругом. Припуск на шлифование оставляют 0,1...0,3 мм на толщину зуба (в зависимости от модуля и требуемой точности). Шлифовальные круги периодически правят специальным автоматическим устройством. Существует также способ шлифования зубьев методом обкатки червяч-

ным шлифовальным кругом (рис.55, г), который производит шлифование профиля зуба.

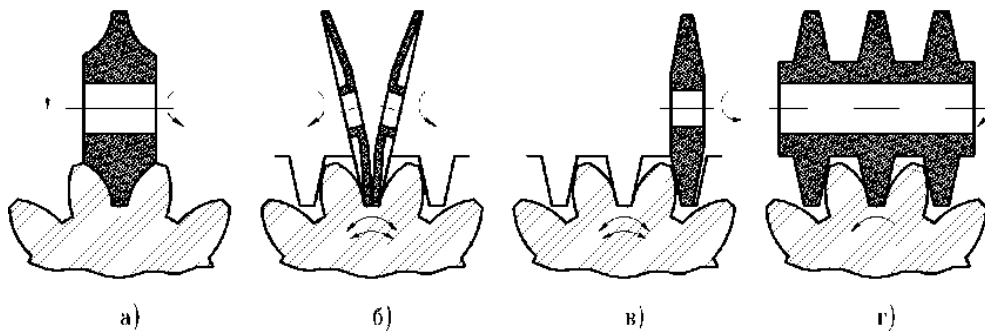


Рис.55. Методы шлифования зубьев: а – фасонным кругом; б – двумя тарельчатыми кругами; в – в две операции; г – червячным кругом

Хонингование применяют для чистовой отделки зубьев, как правило, закалённых цилиндрических колёс внешнего и внутреннего зацеплений. Процесс осуществляется на зубохонинговальных станках с помощью зубчатого абразивного инструмента – хона. Зубчатые хоны представляют собой прямозубые или косозубые колёса, обычно состоящие из стальной ступицы и абразивного венца того же модуля, что и обрабатываемое колесо. Частота вращения хона 180...200 мин, скорость подачи стола 180...210 мм/мин. Время хонингования зубчатого колеса 30...60 с. Хонингование позволяет уменьшить параметры шероховатости и тем самым повысить долговечность зубчатой передачи.

Притирку зубьев производят в тех случаях, когда конструкция зубчатых колёс не позволяет осуществить шлифования. Иногда притирку применяют после шлифования, в основном для устранения дефектов, полученных при шлифовании (прижогов, внутренних напряжений и т. п.). Притираемое колесо вращается в зацеплении с шестернёй-притиром, имеющим тот же модуль (рис. 56, а). Притир обычно выполняют по 5-й степени точности из мелкозернистого серого чугуна и перед работой смазывают пастой, состоящей из абразивного порошка и масла. Направление вращения периодически изменяется специальным механизмом для того, чтобы были обработаны обе стороны зуба.

На зубопритирочном станке обрабатываемое зубчатое колесо 2 находится в зацеплении с тремя притирами 1, 3 и 4. Ось одного притира параллельна оси обрабатываемого колеса. Оси притиров 1 и 4 расположены относительно оси обрабатываемого колеса под уг-

лом $3...4^\circ$, что увеличивает скольжение зубьев притира относительно зубьев колеса. Кроме вращения зубчатого колеса и притиров обрабатываемое зубчатое колесо имеет возвратно-поступательное движение вдоль своей оси.

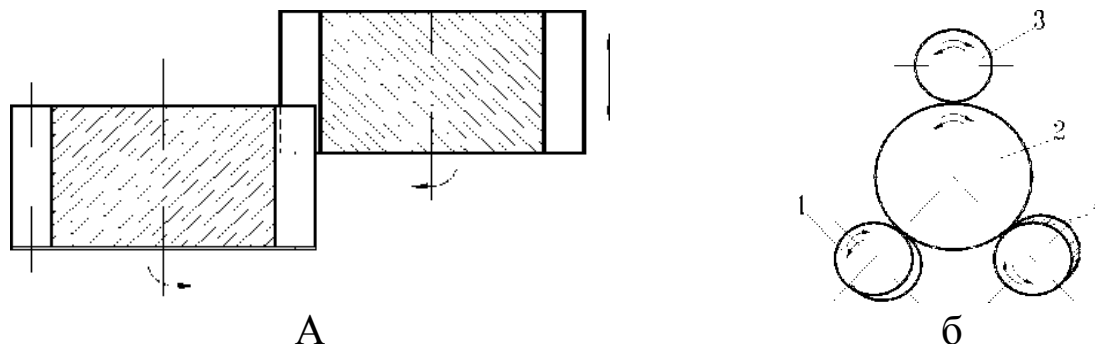


Рис. 56. Схемы притирки зубьев зубчатых колёс:
а – одним притиром; б – тремя притирами

Приработка – это процесс взаимного сглаживания шероховатостей парных зубчатых колёс, главным образом закаленных. Находящиеся в зацеплении зубчатые колёса попеременно вращаются в оба направления. Поверхности зубьев смазывают абразивной пастой. Кроме того, имеется осевое перемещение. Поверхность зубьев получается гладкая и почти зеркального блеска. Приработка является как бы ускоренным искусственным износом зубьев для получения большей площади пятна контакта.

[Вернуться в оглавление](#)

8.4. Технология изготовления корпусов

Корпуса можно разделить:

1. Корпуса коробчатого типа. Параллелепипед с тонкими стенками. Габаритные размеры примерно одного порядка. Характерно наличие основных отверстий для валов. Диапазон диаметров $20...150$ мм, точность отверстий: 10% – 6-й квалитет; 50% – 7; 30% – 8, 9; 10% – менее точные. Большое количество вспомогательных отверстий (обычно диаметров менее 20 мм). Корпуса могут быть разъемные (по оси отверстия) и неразъемные, могут иметь внутренние перегородки.

2. Корпуса с развитыми внутренними цилиндрическими поверхностями (блоки цилиндров, цилиндры, компрессоры и т. д.).

3. Корпуса сложной профильной формы (центробежные насосы, паровые и газовые турбины и т. д.).

4. Каретки, салазки, столы, ползуны – с развитыми направляющими поверхностями.

5. Кронштейны, угольники, стойки.

6. Плиты, крышки, поддоны (один габарит значительно меньше остальных).

Технологические задачи.

Точность размеров:

- точность диаметров основных отверстий под подшипник по 7-му качеству с шероховатостью $Ra = 1,6 \dots 0,4$ мкм, реже – по 6-му качеству с шероховатостью $Ra = 0,4 \dots 0,1$ мкм;

- точность межосевых расстояний отверстий для передач с межцентровыми расстояниями 50...800 мм от ± 25 до ± 280 мкм;

- точность расстояний от осей отверстий до установочных плоскостей колеблется от 6-го до 11-го качествен.

Точность формы:

- для отверстий, предназначенных для подшипников качения, допуск круглости и допуск профиля сечения не должны превышать (0,25...0,5) поля допуска на диаметр в зависимости от типа и точности подшипника;

- допуск прямолинейности поверхностей прилегания задается в пределах 0,05...0,20 мм на всей длине;

- допуск плоскостности поверхностей скольжения 0,05 мм на длине 1 м.

Точность взаимного расположения поверхностей:

- допуск соосности отверстий под подшипник в пределах половины поля допуска на диаметр меньшего отверстия;

- допуск параллельности осей отверстий в пределах 0,02...0,05 мм на 100 мм длины;

- допуск перпендикулярности торцовых поверхностей к осям отверстий в пределах 0,01...0,1 мм на 100 мм радиуса;

- у разъемных корпусов несовпадение осей отверстий с плоскостью разъема в пределах 0,05...0,3 мм в зависимости от диаметра отверстий.

Качество поверхностного слоя.

Шероховатость поверхностей прилегания $Ra = 6,3 \dots 0,63$ мкм, поверхностей скольжения $Ra = 0,8 \dots 0,2$ мкм, торцовых поверхностей $Ra = 6,3 \dots 1,6$ мкм.

Материалы и заготовки для корпусных деталей

Наиболее распространены серый чугун СЧ, углеродистая сталь, ковкий чугун, легированная сталь, алюминиевые и магниевые сплавы. СЧ – основной материал, так как он дешев, хорошо обрабатывается. Рекомендуется:

- СЧ12, СЧ18, СЧ21 – для корпусов станков, сельскохозяйственных машин, насосов, редукторов (износостойкость);
- СЧ24, СЧ28 – для ответственных деталей автомобилей, тракторов, двигателей;
- АЛ4, АЛ8, АЛ10В, АЛВ – в автомобилестроении, приборостроении;
- Ст.3, Ст.4 – для сварных корпусов;
- легированные стали – для работы в агрессивных средах (нержавейка).

Чугунные и стальные заготовки отливают в земляные и стержневые формы. Для сложных корпусов с высокими требованиями по точности и шероховатости (корпуса центробежных насосов) рекомендуется литье в оболочковые формы и по выплавляемым моделям.

Заготовки из алюминиевых сплавов получают отливкой в кокиль и под давлением. Замена литых заготовок сварными производится для снижения веса и экономии материала, при этом толщина стенок корпуса может быть уменьшена на 30...40 % по сравнению с литыми корпусами.

Маршрут обработки корпуса.

Последовательность механической обработки корпуса призматического типа с плоским основанием и основным отверстием с осью, параллельной основанию приводится далее.

005 Заготовительная

Заготовки корпусов из серого чугуна отливают в земляные, металлические (кокиль) или оболочковые формы, из стали – в земляные формы, кокиль или по выплавляемым моделям. Заготовки из алюминиевых сплавов отливают в кокиль или литьём под давлением. В единичном и мелкосерийном производствах применяют сварные корпуса из стали. Далее выполняют операции.

010 Фрезерная (протяжная)

Фрезеровать, или протянуть плоскость основания начерно и начисто или с припуском под плоское шлифование (при необходи-

мости). *Технологическая база* – необработанная плоскость, параллельная обрабатываемой поверхности. Оборудование:

- в единичном и мелкосерийном производствах – вертикально-фрезерный и строгальный станки;
- в серийном – продольно-фрезерный или продольно-строгальный станки;
- в крупносерийном и массовом – барабанно- и карусельно-фрезерные, плоскопротяжные, агрегатные станки.

015 Сверлильная

Сверлить и зенковать (при необходимости) отверстия в плоскости основания. Развернуть два отверстия. *Технологическая база* – обработанная плоскость основания. Оборудование – радиально-сверлильный станок или сверлильный с ЧПУ, в массовом и крупносерийном производствах – многошпиндельный сверлильный станок или агрегатный станок.

020 Фрезерная

Обработка плоскостей, параллельных базовой (при их наличии). *Технологическая база* – плоскость основания. Оборудование – (см. операцию 10).

025 Фрезерная

Обработка плоскостей, перпендикулярных базовой (торцы основных отверстий). *Технологическая база* – плоскость основания и два точных отверстия. Оборудование – горизонтально-фрезерный или горизонтально-расточной станок.

030 Расточная

Растачивание основных отверстий (черновое и чистовое, или с припуском под точное растачивание). *Технологическая база* – та же (см. операцию = 025). Оборудование:

- единичное производство – универсальный горизонтально-расточной станок;
- мелкосерийное и среднесерийное – станки с ЧПУ расточно-фрезерной группы и многооперационные станки;
- крупносерийное и массовое – агрегатные многошпиндельные станки.

Точность межосевых расстояний, а также точность положения отверстий достигается с помощью:

- разметки (от $\pm 0,1$ мм до $+ 0,5$ мм);
- пробных расточек (до $+ 0,02$ мм);

- координатное растачивание на горизонтально-расточных станках (до $\pm 0,02$ мм);
- обработка по кондукторам и шаблонам (до $\pm 0,03$ мм).

035 Сверлильная

Сверлить (зенковать при необходимости), нарезать резьбу в крепёжных отверстиях. *Технологическая база* – та же. Оборудование – радиально-сверлильный, сверлильный с ЧПУ, многооперационный, сверлильный многошпиндельный и агрегатный станки (в зависимости от типа производства).

040 Плоскошлифовальная

Шлифовать (при необходимости) плоскость основания. *Технологическая база* – поверхность основного отверстия или обработанная плоскость, параллельная базовой (в зависимости от требуемой точности расстояния от базовой плоскости до оси основного отверстия). Оборудование – плоскошлифовальный станок с прямоугольным или круглым столом.

045 Расточная

Тонкое растачивание основного отверстия. *Технологическая база* – базовая плоскость и два отверстия. Оборудование – алмазно-расточной станок. С целью выдерживания принципа постоянства баз большинство операций обработки и отделки основных поверхностей, часто концентрируют в одну операцию, выполняемую на горизонтально-расточном (единичное производство), многооперационном (серийное) или агрегатном (массовое) станках.

В маршрут обработки разъёмных корпусов дополнительно к вышеприведённым операциям включают:

- обработку поверхности разъёма у основания (фрезерная);
- обработку поверхности разъёма у крышки (фрезерная);
- обработку крепёжных отверстий на поверхности разъёма основания (сверлильная);
- обработку крепёжных отверстий на поверхности разъёма крышки (сверлильная);
- сборку корпуса промежуточную (слесарно-сборочная операция);
- обработку двух точных отверстий (обычно сверлением и развёртыванием) под цилиндрические или конические штифты в плоскости разъёма собранного корпуса).

[Вернуться в оглавление](#)

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое технологический процесс?
2. Перечислите этапы производственного процесса.
3. Какие различают типы и формы организации производства?
4. Какие технико-экономические показатели изготовления машин Вы знаете?
5. Что такое точность деталей, и какие параметры точности различают?
6. Как произвести оценку технологичности конструкции изделия?
7. В чем состоит сущность литейного производства?
8. За счет чего можно получить отливки повышенного качества и устранить вредное воздействие на окружающую среду?
9. Что такое литейная форма, и какие элементы образуют её?
10. На какие группы делятся литейные формы?
11. Какие факторы обуславливают точность тонколистового проката?
12. Почему у прокатанных фасонных профилей (швеллер, двутавр и др.) полки всегда имеют уклоны?
13. Какова последовательность изготовления стальной проволоки диаметром, например, 0,5 мм?
14. Какую трубу – бесшовную или сварную – целесообразнее использовать в рамной конструкции (например, в раме велосипеда)?
15. Каким видом обработки металлов давлением предпочтительно произвести небольшое количество (несколько тонн) профиля простой геометрической формы, но нестандартного размера?
16. Почему прессование стали производят в горячем состоянии?
17. Как различаются свойства стального прутка до и после волочения?
18. Из каких соображений выбирают плоскость разъема штампов при проектировании поковок?
19. Как влияет пористость детали на ее механические свойства?
20. Дайте определение составляющих режима резания и назовите их размерности.
21. Приведите классификацию металлорежущих станков.

22. Что понимают под схемой обработки поверхности заготовки?
23. Какова физическая сущность процесса резания?
24. Назовите факторы, влияющие на размерную точность обрабатываемых поверхностей.
25. Назовите факторы, определяющие качество поверхностного слоя обработанных поверхностей деталей машин.
26. Назовите критерии обрабатываемости конструкционных материалов.
27. Перечислите основные виды поверхностей, обрабатываемых на токарных станках.
28. Что такое базирование, база, степень свободы?
29. Дайте классификацию баз по назначению.
30. Дайте классификацию баз по числу степеней свободы
31. Составте схемы базирования тел различных форм.
32. Приведите примеры реализации схем базирования для заготовок класса вал посредством разных устройств.
33. Приведите примеры реализации схем базирования для заготовок класса дискпосредством разных устройств.
34. Приведите примеры реализации схем базирования для призматических заготовокпосредством разных устройств.
35. Приведитеметоды обработки на токарных станках
36. Приведите методы обработки
37. Приведите методы обработки на вертикально-сверлильных станках
38. Приведите методы обработки на расточных станках
39. Приведите методы обработки на фрезерных станках
40. Что такое маршрут обработки
41. Из каких принципов производят выбор оборудования и технологической оснастки?
42. Как рассчитать штучное время?

[Вернуться в оглавление](#)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блюменштейн, В. Ю. Основы технологии машиностроения [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. Ю. Блюменштейн, А. А. Клепцов; ГОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им Т. Ф. Горбаче-

ва». – Кемерово, 2011.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90503&type=utchposob:common> (Гриф)

2. Ковшов, А. Н. Технология машиностроения: учебник / А. Н. Ковшов. – 2-е изд., испр. – СПб.: Лань, 2008. – 320 с.

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=188 (Гриф).

3. Маталин, А. А. Технология машиностроения: учебник. – 3-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2010. – 512 с.

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=188

(Гриф).

4. Блюменштейн, В. Ю. Технология машиностроения: лабораторный практикум / В. Ю. Блюменштейн [и др.]. – Кемерово: Кузбас. гос. техн. ун-т, 2009. – 122 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90376&type=utchposob:common>

5. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. – М.: Машиностроение, 2003. – Т. 1 / под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова. – М., 2003.

6. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. – М.: Машиностроение, 2003. – Т. 2 / под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова. – М., 2003.

7. Обработка металлов резанием: справочник технолога / под ред. А. А. Панова. – М.: Машиностроение, 2004.