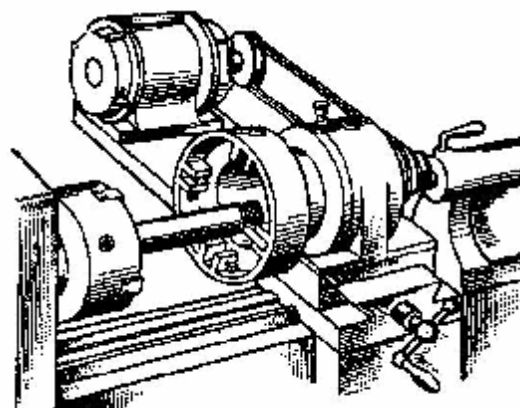
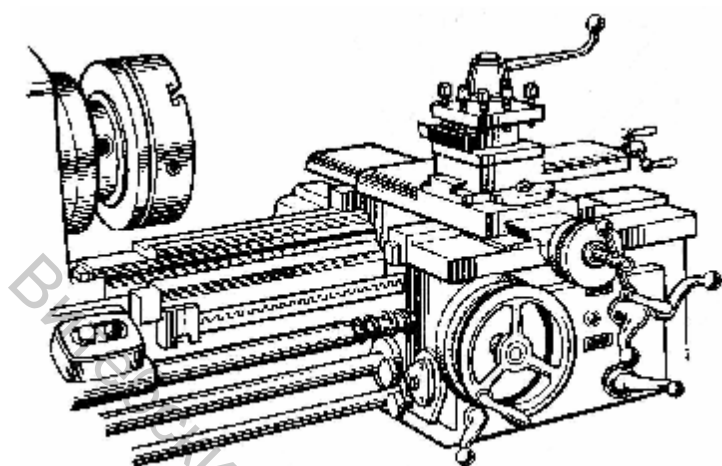
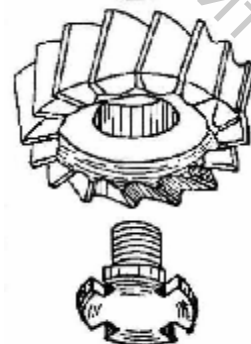
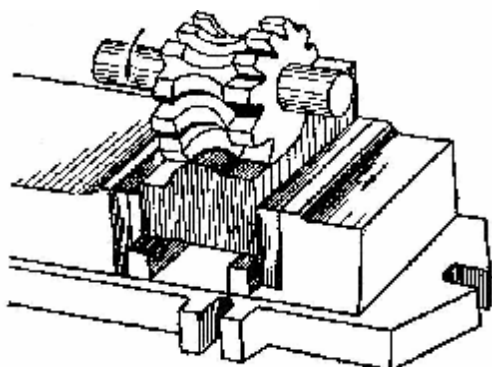
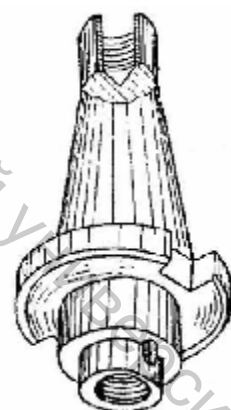
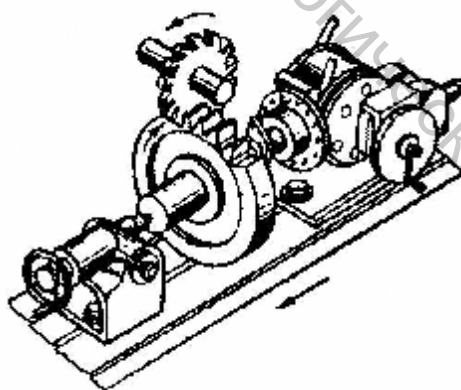
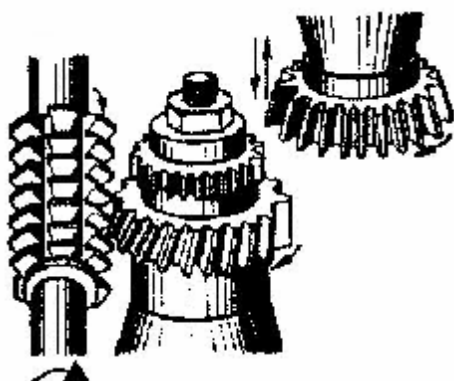




МАХАРИНСКИЙ Е.И. ОЛЬШАНСКИЙ В.И.
БЕЛЯКОВ Н.В. МАХАРИНСКИЙ Ю.Е.

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ



УДК 621.7
ББК 34.5я7
Т38

Рецензенты:

технический директор ОАО «ВИЗАС» Родионов А.С.;

заведующий кафедрой «Машины и технологии высокоэффективных процессов обработки» учреждения образования «Витебский государственный технологический университет» д.т.н., профессор Клименков С.С.;

доцент кафедры «Технология и оборудование машиностроительного производства» учреждения образования «Витебский государственный технологический университет» к.т.н., доцент Угольников А.А.

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским Советом УО «ВГТУ» протокол № 3 от «24» мая 2006г.

Технология машиностроения : пособие для абитуриентов и студентов факультета повышения квалификации и переподготовки кадров / Е. И. Махаринский [и др.] ; УО «ВГТУ» . – Витебск, 2006. – 247с.

ISBN 985-481-041-0

В настоящем пособии рассматриваются вопросы, выносимые на вступительные испытания по «Технологии машиностроения» в учреждении образования «Витебский государственный технологический университет» для абитуриентов поступающих на факультет повышения квалификации и переподготовки кадров, обучение которых будет осуществляться по специальности 36.01.01 «Технология машиностроения» в течение 4-х лет (сокращенная форма обучения).

УДК 621.7
ББК 34.5я7

ISBN 985-481-041-0

© Коллектив авторов
© Учреждение образования
«Витебский государственный
технологический университет», 2006

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1. Основы технологии изготовления деталей машин	
1.1. Характеристики видов производства.....	6
1.2. Характеристики типов производства.....	7
1.3. Погрешности, связанные с неточностью, износом и деформацией оборудования	8
1.4. Погрешности, вызываемые деформациями заготовок под влиянием сил за- крепления.....	9
1.5. Погрешности, вызываемые упругими деформациями под действием силы резания.....	11
1.6. Технологическое наследование погрешности заготовки.....	14
1.7. Погрешности установки заготовки.....	15
1.8. Погрешности, обусловленные размерным износом инструмента.....	16
1.9. Погрешность размерной настройки.....	18
1.10. Погрешность от тепловых деформаций технологической системы	19
1.11. Погрешности от релаксации напряжений.....	21
1.12. Экономическая и достижимая точность обработки.....	22
1.13. Влияние методов обработки на показатели шероховатости поверхности...	24
1.14. Базирование.....	28
1.15. Синтез теоретических схем базирования.....	32
1.16. Теоретическая схема установки.....	34
1.17. Погрешность теоретической схемы установки.	37
1.18. Методы реального базирования при изготовлении деталей машин.....	39
1.19. Количественные характеристики технологичности конструкции детали...	42
1.20. Качественные характеристики технологичности конструкции детали.....	43
1.21. Порядок проектирования технологических процессов.....	45
1.22. Методы назначения показателей режима резания.....	50
1.23. Технические нормы времени.....	51
1.24. Эффективность технологических процессов.....	52
1.25. пути сокращения основного и вспомогательного времени.....	56
2. Заготовки деталей машин	
2.1. Материалы заготовок.....	57
2.2. Обрабатываемость материалов резанием.....	59
2.3. Литье в песчаные формы.....	59
2.4. Литье в кокиль.....	61
2.5. Литье по выплавляемым моделям.....	63
2.6. Центробежное литье.....	66
2.7. Литье в оболочковые формы.....	67
2.8. Литье под давлением.....	69
2.9. Операции свободнойковки	71
2.10. Объемная штамповка в открытых и закрытых штампах.....	79
2.11. Штамповка на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ).....	81
2.12. Операции листовой штамповки.....	85
2.13. Производство заготовок методами порошковой металлургии.....	88

3. Обработка типовых поверхностей деталей машин

3.1. Обработка наружных поверхностей вращения.....	92
3.1.1. Точение заготовок.....	92
3.1.2. Установка и закрепление заготовок на токарных станках.....	97
3.1.3. Обтачивание на многолезцовых станках.	101
3.1.4. Способы чистовой и отделочной обработки наружных цилиндрических поверхностей.....	103
3.1.4.1. Тонкое (алмазное) точение.....	104
3.1.4.2. Шлифование.....	105
3.1.4.3. Суперфиниш или механическая доводка.....	112
3.1.4.4. Полирование.....	113
3.2. Обработка отверстий.....	113
3.2.1. Сверление, зенкерование, развертывание отверстий.....	113
3.2.2. Растачивание отверстий на токарных и расточных станках.....	128
3.2.3. Протягивание отверстий.....	139
3.2.4. Шлифование отверстий.....	142
3.2.5. Хонингование отверстий.....	146
3.2.6. Доводка (притирка) отверстий.....	147
3.2.7. Обработка поверхностным пластическим деформированием.....	149
3.3. Формообразование резьбы.....	151
3.3.1. Нарезание наружной резьбы.....	151
3.3.2. Нарезание внутренней резьбы.....	156
3.3.3. Фрезерование наружной и внутренней резьбы.....	159
3.3.4. Накатывание резьбы.....	160
3.4. Методы предварительной и чистовой обработки плоских поверхностей.....	162
3.5. Нарезание зубьев цилиндрических зубчатых колес методом копирования дисковыми и пальцевыми фрезами.....	180
3.6. Нарезание зубьев цилиндрических зубчатых колес методом обкатки.....	182
3.7. Нарезание зубьев конических зубчатых колес.....	189
3.8. Способы чистовой отделки зубьев зубчатых колес.....	193
3.9. Шлифование зубьев зубчатых колес.....	198
3.10. Обработка шпоночных канавок.....	201
3.11. Обработка шлицевых поверхностей.....	203

4. Технология изготовления типовых деталей машин

4.1. Технология обработки валов.....	208
4.2. Обработка корпусных деталей.....	223

5. Понятия о сборочных процессах

5.1. Общие положения.....	231
5.2. Формы организации сборочных работ.....	233
5.3. Проектирование технологических процессов сборки.....	237
5.4. Методы балансировки вращающихся деталей машин.....	240
Литература.....	243

ВВЕДЕНИЕ

В настоящем пособии рассматриваются вопросы, выносимые на вступительные испытания по «Технологии машиностроения» в Учреждении образования «Витебский государственный технологический университет» для абитуриентов, поступающих на факультет повышения квалификации и переподготовки кадров, обучение которых будет осуществляться по специальности 36.01.01 «Технология машиностроения» в течение 4-х лет (сокращенная форма обучения).

В пособии содержатся материалы по основам технологии изготовления деталей машин, заготовительному производству машиностроительных предприятий. Рассмотрены вопросы обработки типовых поверхностей деталей машин, технологии изготовления деталей классов «Вал» и «Корпус», а так же понятия о сборочных процессах.

Пособие составлено на основании курса «Технология машиностроения» для средних специальных учебных заведений. Знание рассматриваемых материалов является достаточным для получения положительной оценки на вступительных испытаниях.

1. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

1.1. Характеристики видов производства

Функции предприятия реализуются в производственном процессе, который можно рассматривать как сложную систему. Обычно в производственном процессе выделяется ряд процессов, во время которых происходит качественное изменение объекта производства (форма, размеры, механические свойства и т.д.). Такие процессы называют *технологическими*. Они протекают в пространственно-функциональных компонентах машиностроительного предприятия – цехах, производственных участках (отделениях). Технологические процессы (ТП) машиностроительного производства принято делить на три вида: заготовительные, обрабатывающие и сборочные.

Заготовительные процессы осуществляются в литейном, кузнечном и других заготовительных цехах, где из исходных материалов изготавливаются заготовки деталей машин (литые, кованные, штампованные, отрезанные из проката, а также сварные). *Обрабатывающие процессы* предназначены для того, чтобы придать заготовкам требуемую форму, размеры и механические свойства. Они проводятся в механических, термических и гальванических цехах. *Сборочные процессы* проводятся в сборочных цехах или на участках механосборочных работ, где из деталей машин, изготовленных на предприятии, покупных деталей и изделий собирают машины.

К технологическому процессу относят также контроль качества, очистку, а иногда и транспортировку, которые хотя и не изменяют объект производства, но тесно связаны с процессом обработки и сборки или входят в них составной частью.

К *обеспечивающим (сервисным)* процессам относят: энерго- и тепло-снабжение; транспортировку и складирование заготовок, деталей и сборочных единиц; ремонт технологического оборудования; изготовление технологической оснастки, инструмента и тары; технологическую подготовку производства; планирование, контроль, управление и т.д. Центральное место в этой группе процессов следует отвести информационно-технологической подготовке производства, так как от ее своевременности и качества зависит качество управления производством и эффективность технологических процессов.

Технологические службы предприятия обеспечивают поток технологической информации, записанной в технологических картах, инструкциях, управляющих программах для технологического оборудования с ЧПУ. В этот поток входит также информация, отраженная в материальных и трудовых нормативах, чертежах технологической оснастки и специального инструмента. Цеховые технологи проводят: испытание и внедрение технологических процессов и оснастки, контроль за соблюдением технологической дисциплины, анализ причин брака и разработку мероприятий по повышению качества и эффективности технологических процессов.

В связи со сложностью и разнообразием технологических процессов машиностроения в технологических службах предприятия существует разделе-

ние труда: технологи отдела главного металлурга занимаются литейным и кузнечным производством, сваркой, термической обработкой и нанесением покрытий, а технологи машиностроители (отдел главного технолога) – механической обработкой и сборкой.

1.2. Характеристики типов производства

В машиностроении в зависимости от программы выпуска изделий и характера изготавливаемой продукции различают три основных типа производства: единичное, серийное и массовое.

Единичное производство характеризуется широкой номенклатурой изготавливаемых или ремонтируемых изделий и малым объемом их выпуска. На предприятиях с единичным производством применяют преимущественно универсальное оборудование, расположенное в цехах по групповому признаку (т. е. с разбивкой на участки токарных, фрезерных, строгальных станков и т.д.). Обработку ведут стандартным режущим, а контроль — универсальным измерительным инструментом. При сборке применяются процессы пригонки, обработки по месту и совместной обработки.

Для предотвращения брака основные металлоемкие дорогостоящие детали изготавливают раньше, чем сопрягаемые с ними более дешевые детали, за счет которых компенсируют отклонения размеров основных деталей, возникающие при их обработке.

Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых или ремонтируемых периодически повторяющимися партиями, и сравнительно большим объемом выпуска. В зависимости от количества изделий в партии или серии и значения *коэффициента закрепления операций* различают мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное производство.

Коэффициент закрепления операций – это отношение числа всех различных технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение месяца, к числу рабочих мест. Для мелкосерийного производства он составляет 20...40, для среднесерийного производства – 10...20, для крупносерийного производства – 2...10.

На предприятиях серийного производства значительная часть оборудования состоит из универсальных станков, оснащенных как специальными, так и универсально-наладочными (УНП) и универсально-сборными (УСП) приспособлениями, что позволяет снизить трудоемкость и удешевить производство. Иногда представляется возможным располагать оборудование в последовательности технологического процесса для одной или нескольких деталей, требующих одинакового порядка обработки, с соблюдением принципов взаимозаменяемости при обработке. При небольшой трудоемкости обработки или недостаточно большой программе выпуска изделий целесообразно обрабатывать заготовки партиями, с последовательным выполнением операций, т. е. после обработки всех заготовок партии на одной операции производить обработку этой партии на следующей операции. При этом время обработки на различных станках не согласуют.

Заготовки во время работы хранят у станков, а затем транспортируют целой партией.

В крупносерийном производстве применяют *переменно-поточную* форму организации работ. Здесь оборудование также располагают по ходу технологического процесса. Обработку производят партиями, причем заготовки каждой партии могут несколько отличаться размерами или конфигурацией, но допускают обработку на одном и том же оборудовании. В этом случае время обработки на смежных станках согласуют, поэтому движение заготовок данной партии осуществляется непрерывно, в порядке последовательности технологического процесса. Для перехода к обработке партии других деталей переналаживают оборудование и технологическую оснастку (приспособления и инструмент).

Массовое производство характеризуется узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых в течение продолжительного времени. Коэффициент закрепления операций в этом типе производства принимают равным 1. Массовое производство характеризуется установившимся на несколько лет объектом производства, что при значительном объеме выпуска продукции обеспечивает возможность закрепления операций за определенным оборудованием с расположением его в технологической последовательности (по потоку) и с широким применением специализированного и специального оборудования, механизацией и автоматизацией производственных процессов при строгом соблюдении принципов взаимозаменяемости, обеспечивающих резкое сокращение трудоемкости сборочных работ.

Высшей формой массового производства является производство *непрерывным потоком*, когда длительности выполнения всех операций на технологической линии равны или кратны, что позволяет производить обработку без заделов в строго определенные промежутки времени. Интервал времени, через который периодически производится выпуск изделий определенного наименования, типоразмера и исполнения, называется *тактом* выпуска.

При непрерывном потоке передача с позиции на позицию (рабочее место) осуществляется непрерывно в принудительном порядке, что обеспечивает параллельное одновременное выполнение всех операций на технологической линии.

1.3. Погрешности, связанные с неточностью, износом и деформацией оборудования

Погрешности изготовления и сборки оборудования контролируются стандартными методами проверки его геометрической точности, т.е. точности в ненагруженном состоянии.

Применительно к металлорежущим станкам, параметрами, характеризующими их геометрическую точность, являются, например, следующие:

- 1) прямолинейность и параллельность направляющих;
- 2) параллельность оси шпинделя к направлению движения каретки (для токарных станков);
- 3) перпендикулярность оси шпинделя к плоскости стола (для фрезерных станков);

4) биение конического отверстия в шпинделе станка и т.д.

Указанные характеристики геометрической точности станков задаются в мм и для станков нормальной точности (станки группы Н), предназначенных для обработки заготовок средних размеров в пределах допусков IT9, составляют 0,01 – 0,05 мм. Более высокоточные станки характеризуются тем, что численные значения соответствующих параметров уменьшаются и составляют в процентах относительно значений для станков группы Н:

- станки повышенной точности (группа П) – 60%;
- станки высокой точности (группа В) – 40%;
- станки особо высокой точности (группа А) – 24%;
- станки особо точные (группа С) – 16%.

Геометрические погрешности оборудования полностью или частично переносятся на обрабатываемые детали в виде систематических погрешностей последних. Систематические погрешности поддаются предварительному анализу и расчету.

1.4. Погрешности, вызываемые деформациями заготовок под влиянием сил закрепления

Погрешность взаимного расположения и формы обработанной поверхности детали может быть значительной, если место приложения зажимного усилия выбрано неправильно.

Рассмотрим схему установки и закрепления заготовки при фрезеровании бобышек (рис. 1.1-1.3). Если точка приложения зажимного усилия выбрана неверно (см. рис. 1.1, а), то заготовка упруго изгибается тем больше, чем больше усилие P , и плечо l , на котором оно действует (см. рис. 1.1, б).

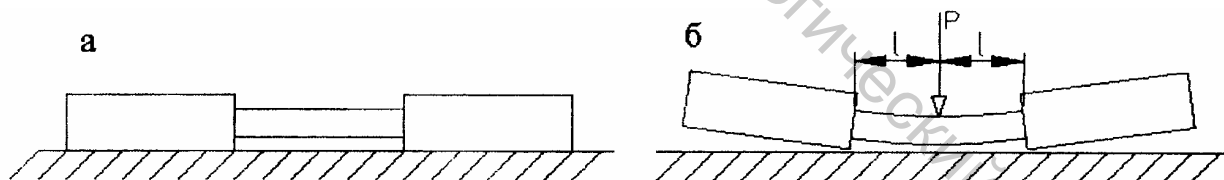


Рис. 1.1. Заготовка до закрепления (а) и в момент после закрепления (б)

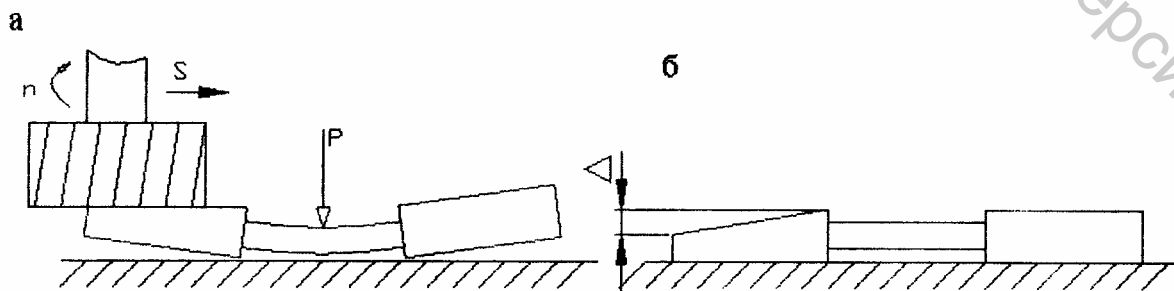


Рис. 1.2.– Заготовка при обработке (а) и после закрепления (б)

В результате фрезерования деформированной заготовки, после ее открепления и упругого восстановления параллельность фрезерованной поверхности к технологической базе нарушается (см. рис. 1.2, б).

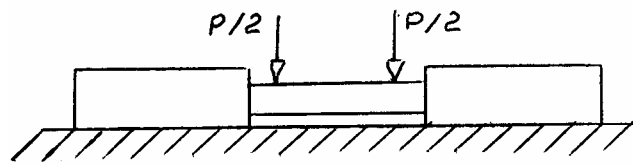


Рис. 1.3. Место закрепления выбрано правильно

Большая часть упругих деформаций станочных приспособлений приходится на стыки, особенно в подвижных соединениях, жесткость которых намного меньше, чем жесткость затянутых стыков. Последнее обстоятельство при установке заготовок в кулачковых патронах или в тисках приводит к существенному смещению зажимаемой заготовки в направлении, перпендикулярном к зажимаемой силе. Как это видно из схемы, изображенной на рис. 1.4, указанное смещение возникает из-за поворота подвижной губки тисков моментом пары сил (зажимающей $P_{зж}$ и реакции R) на плечо h . Зазоры и малая контактная жесткость направляющих делает этот поворот существенным.

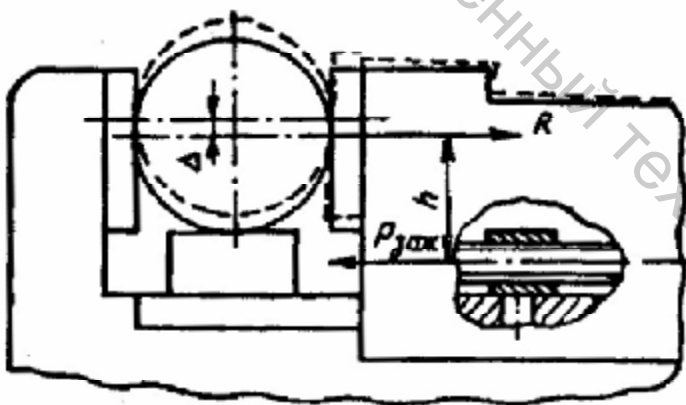


Рис. 1.4. Схема смещения заготовки в направлении, перпендикулярном к зажимающей силе

Кольца и втулки при обработке закрепляются в самоцентрирующих патронах или на разжимных оправках. Под действием радиальных зажимающих сил эти заготовки деформируются (рис. 1.5, а). После обработки в закрепленном состоянии получается поверхность правильной формы. Но после открепления заготовки и ее упругого восстановления (рис. 1.5, в) форма поверхности искажается. Такая погрешность формы сопоставима с допуском

(и даже превышает его) при обработке тонкостенных и высокоточных деталей. Уменьшить ее можно, увеличив количество установочно-зажимных элементов. Если за единицу принять погрешность формы, получаемую при закреплении в трехкулачковом патроне, то погрешность закрепления в четырехкулачковом патроне составит 0,38, а в шестикулачковом — 0,11. Существенно уменьшает упругую деформацию увеличение ширины кулачков (угла охвата). При этом радиус цилиндрической поверхности установочно-зажимного элемента для базирования по наружной поверхности кольца должен быть равен радиусу технологической базы. При увеличении угла охвата зоны контакта кулачка с заготовкой от нормального для трехкулачкового патрона до 60° относительная погрешность формы уменьшается в 8...12 раз. Погрешность формы существенно уменьшается,

если силы зажима прикладываются к торцу тонкостенной или высокоточной втулки.

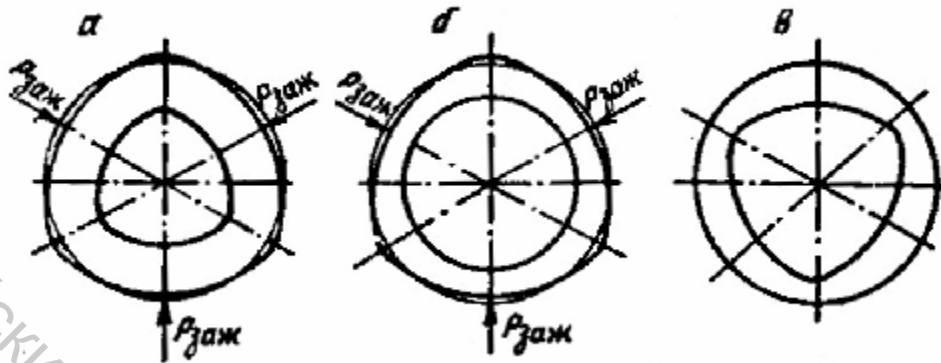


Рис. 1.5. Схема формирования погрешности формы при действии зажимающих сил: а — форма заготовки после закрепления; б — форма расточенного отверстия в закрепленной заготовке; в — форма отверстия после раскрепления заготовки

1.5. Погрешности, вызываемые упругими деформациями под действием силы резания

В качестве примера рассмотрим обработку гладкого вала в центрах на токарном станке (рис. 1.6).

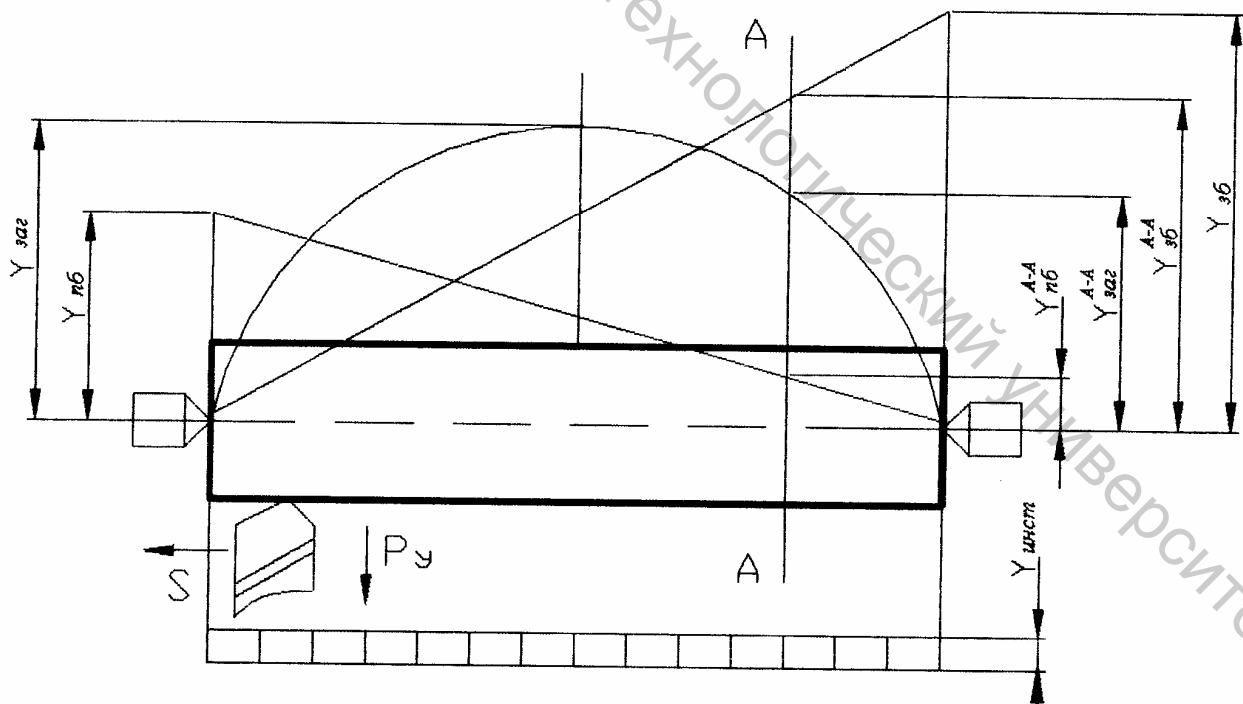


Рис. 1.6— Схема расчета погрешностей, вызванных упругими отжатиями

В начальный момент, когда резец находится у правого конца вала, вся нормальная составляющая P_y усилия резания передается через заготовку на задний центр, пиноль и заднюю бабку станка, вызывая упругую деформацию

названных элементов в направлении «от рабочего». Это приводит к увеличению расстояния от вершины резца до оси вращения заготовки на величину $y_{зб}$ и к соответствующему возрастанию радиуса обработанной заготовки.

Одновременно происходит упругая деформация $y_{инстр}$ резца и суппорта в направления «на рабочего». Таким образом, в начальный момент диаметр обработанной поверхности фактически оказывается больше установленного при настройке на величину $\Delta = 2(y_{зб} + y_{инстр})$.

При дальнейшей обточке, т.е. перемещении резца от задней бабки к передней, деформация задней бабки уменьшается, но возникает деформация передней бабки $y_{пб}$ и заготовки $y_{заг}$. Следовательно, в некотором сечении А-А фактический диаметр обтачиваемой заготовки оказывается равным

$$d_{факт}^{A-A} = d_{настр}^{A-A} + 2(y_{зб}^{A-A} + y_{пб}^{A-A} + y_{инстр}^{A-A} + y_{заг}^{A-A})$$

Поскольку упругие деформации элементов технологической системы (ТС) (кроме $y_{инстр}$) изменяются по длине обрабатываемой заготовки, её диаметр, а следовательно и форма, оказываются переменными по длине.

Под податливостью w технологической системы (ТС) подразумевают отношения проекции приращения упругой деформации системы Δy на ось y к приращению проекции силы резания ΔP_y на ту же ось: $w = \Delta y / \Delta P_y$. Чаще вместо приращений пользуются предельными значениями проекций упругой деформации и силы. Тогда имеет место средняя податливость.

$$w = y / P_y$$

Жесткостью j называют величину, обратную податливости: $j = 1/w$.

Поскольку всегда податливость системы, состоящей из k последовательно соединенных элементов, равна сумме их податливостей, то

$$1/j = \sum_{i=1}^k 1/j_i$$

Если жесткость элементов станка очень велика, а жесткость заготовки мала (обточка длинного и тонкого вала на массивном станке (рис. 1.7)), то деформации $y_{пб}$ и $y_{зб}$ малы, а $y_{заг}$ значительно. В результате этого форма заготовки станет бочкообразной. Наоборот, при обработке массивной заготовки, дающей минимальный прогиб, на станке малой жесткости ($y_{пб}$ и $y_{зб}$ значительны) форма заготовки получается корсетобразной с наименьшим диаметром в середине заготовки.

При обтачивании гладкого вала в центрах можно определить величину его прогиба, как прогиба балки, свободно лежащей на двух опорах. Наибольший прогиб вала по его середине

$$y_{заг} = \frac{P_y L^3}{48EI}$$

где L - длина заготовки; E - модуль упругости; I - момент инерции сечения заготовки: для круглого вала $I = 0,05D^4$.

Прогиб заготовки в данном случае в любом сечении, расположенном на расстоянии x от передней бабки,

$$y_{\text{заг}} = \frac{P_y}{3EI} \cdot \frac{x^2(L-x)^2}{L}.$$

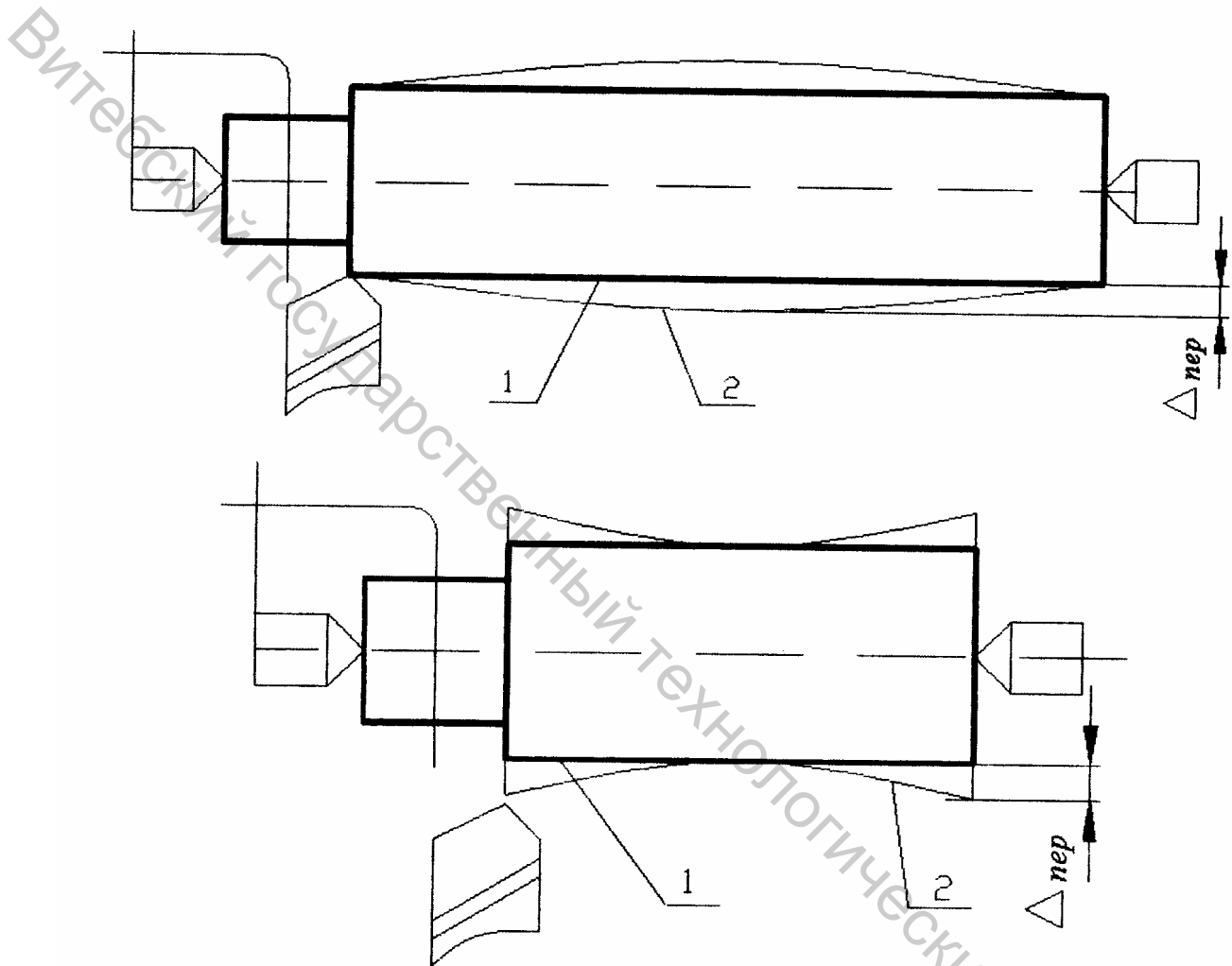


Рис. 1.7. Схема образования бочкообразности и корсетности:

1) теоретические (заданные) образующие вала; 2) фактические (полученные) образующие вала

Для гладкого вала, консольно закрепленного в патроне (рис. 1.8),

$$y_{\text{заг}} = \frac{P_y L^3}{3EI}.$$

Если такой валик подпереть центром задней бабки (рис. 1.8), то

$$y_{\text{заг}} = \frac{P_y L^3}{100EI}.$$

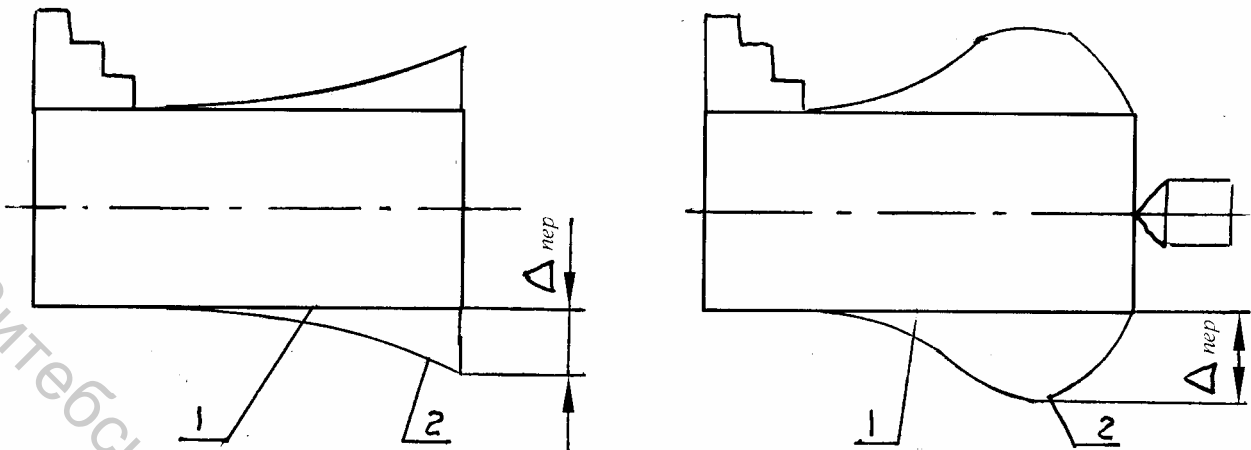


Рис. 1.8. Схемы образования погрешности при закреплении заготовки в трехкулачковом патроне

1.6. Технологическое наследование погрешности заготовки

Под действием составляющих силы резания элементы технологической системы деформируются и относительное положение заготовки и инструмента, сообщенное им при базировании и размерной настройке, нарушается. Один из примеров этого процесса показан на рис. 1.9, где A_n — размер настройки; $A_{\text{факт}}$ — фактический размер; y_u — проекция упругой деформации инструмента; y_z — проекция упругой деформации заготовки с приспособлением.

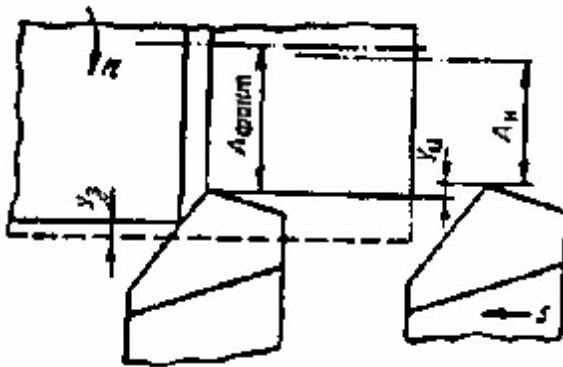


Рис. 1.9. Схема деформации технологической системы под действием сил резания

Согласно данной схеме,

$$A_{\text{факт}} = A_n + y, \quad (A)$$

где y — суммарная проекция упругой деформации технологической системы на плоскость, перпендикулярную к обработанной поверхности.

С учетом определения понятия жесткость можно записать:

$$A_{\text{факт}} = A_n + C_p t^{x_1} s^{y_1} HB^n / j, \quad (B)$$

где t — глубина резания; s — подача, HB — твердость заготовки по Бринеллю; x_1, y_1, n и C_p — параметры модели зависимости силы P_y от режима резания и свойств заготовки; j — жесткость технологической системы.

Случайные изменения размеров заготовки ведут к соответствующим изменениям глубины t , что изменяет значение $A_{\text{факт}}$. Следовательно, появится погрешность обработки как результат «наследования» погрешности заготовки. Назовем коэффициентом наследования $K_{\text{нас}}$ отношение погрешности детали Δ_d к

погрешности заготовки Δ_3 . Обратное отношение Δ_3/Δ_d будем называть *коэффициентом уточнения* K_{yt} .

На основании моделей А и Б, заменив малые изменения Δt и Δu их дифференциалами, получим для случая однократного точения твердосплавным резцом

$$K_{yt} = jt^{0,1} / 0,9C_p s^{0,6} HB^2.$$

Из данного выражения следует, что коэффициент уточнения прямо пропорционален жесткости технологической системы, слабо зависит от глубины резания, существенно уменьшается при увеличении твердости заготовки и подачи. Затупление резца, увеличивая значение C_p , снижает коэффициент уточнения.

При обработке наследуется не только погрешность размера заготовки, но и погрешности формы и относительного положения, ведущие к изменению глубины резания. Случайные изменения твердости заготовки также приводят к появлению погрешности размера. Изменение жесткости технологической системы, вызванное изменением состояния станка (нагрев подшипников) или изменением координаты точки приложения силы резания, также приводит к появлению погрешности соответственно размера или формы.

Чтобы увеличить коэффициент уточнения, а это особенно важно при низкой жесткости технологической системы, необходимо удалить припуск за несколько (n) проходов. Тогда, если жесткость технологической системы не зависит от координат точки приложения силы резания, общий коэффициент уточнения равен произведению коэффициентов уточнения после каждого прохода, т. е.

$$K_{yt} = K_{yt1} K_{yt2} \dots K_{ytn}.$$

1.7. Погрешности установки заготовки

Погрешность установки x заготовок в приспособлении состоит из погрешности теоретической схемы установки e_{cy} , погрешности закрепления e_z и погрешности положения заготовки $e_{пр}$, вызываемой неточностью приспособления.

Погрешностью закрепления e_z называется разность предельных расстояний от исходной базы до установленного на размер инструмента в результате смещения обрабатываемых заготовок под действием силы закрепления.

Наибольшие перемещения базы 2 (рис. 1.10) наблюдаются в стыке заготовка – установочные элементы. Зависимость контактных деформаций для таких стыков выражается в общем виде нелинейной закономерностью

$$y = cQ^n,$$

где c - коэффициент, характеризующий вид контакта, материал заготовки, шероховатость поверхности, структуру поверхностного слоя. Для партии заготовок при данной схеме установки этот коэффициент изменяется от $c_{\min}$ до $c_{\max}$; Q - сила, действующая на установочный элемент (опору); n - показатель степени, причем $n < 1$.

В зажимных устройствах приспособлений сила закрепления при обработке партии заготовок колеблется от $Q_{\min}$ до $Q_{\max}$. Применительно к размеру A :

$$e_3 = y_{\max} - y_{\min}.$$

Погрешность положения заготовки $e_{\text{пр}}$, вызываемая неточностью приспособления, определяется ошибками изготовления и сборки его установочных элементов, их прогрессирующим износом, а также ошибками установки и фиксации приспособления на станке.

Погрешность установки и фиксации при использовании одного приспособления представляет собой систематическую постоянную погрешность, которую можно устранить соответствующей настройкой станка. При использо-

вании нескольких одинаковых приспособлений (приспособлений-дублеров и приспособлений-спутников), а также многоместных приспособлений, эта погрешность не компенсируется и входит полностью в погрешность $e_{\text{пр}}$.

1.8. Погрешности, обусловленные размерным износом инструмента

В процессе обработки режущий инструмент изнашивается, что приводит к появлению погрешности размера и (или) формы поверхности. Размерный износ инструмента в направлении, перпендикулярном к обрабатываемой поверхности, ведет к увеличению (уменьшению) размера настройки (A_n) и, кроме того, к уве-

личению силы P_y , а следовательно, к увеличению упругой деформации y . Изнашивание таких многолезвийных инструментов, как сверла и зенкеры, ведет к некоторому увеличению увода оси обработанного отверстия, а изнашивание разверток — к значительному увеличению разбивки отверстия (т. е. разности между диаметром отверстия и диаметром развертки).

При обтачивании (рис. 1.11) износ инструмента происходит по задней поверхности, следствием чего является "отдаление" главного режущего лезвия

от обрабатываемой поверхности на величину U .

В направлении, нормальном к обрабатываемой поверхности, величину U можно определить по формуле

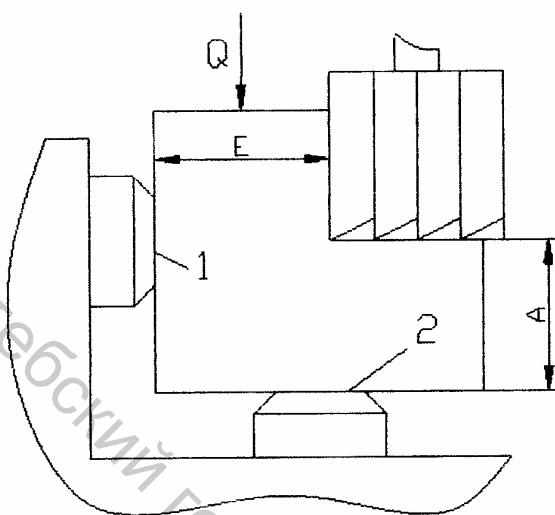


Рис. 1.10. Схема расчета погрешности закрепления

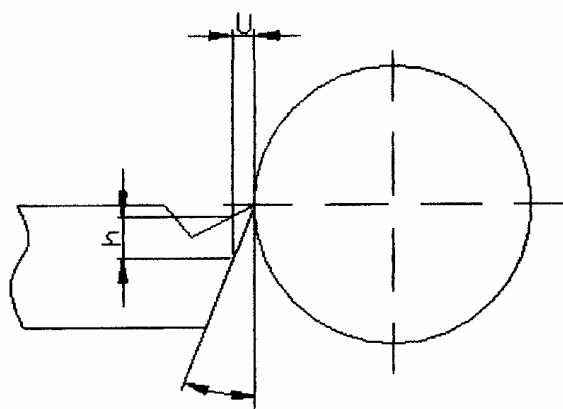


Рис. 1.11. Иллюстрация износа при обтачивании

$$U = h \operatorname{tg} \alpha ,$$

где h - ширина ленточки износа по задней поверхности; α - главный задний угол.

Размерный износ инструмента происходит по следующему закону. Первый период работы инструмента называется "приработкой" и характеризуется непродолжительностью и повышенным размерным износом. Второй (основной) период характеризуется равномерным износом инструмента, а соответствующий участок кривой прямолинеен и наклонен к оси абсцисс под небольшим углом. Третий период соответствует катастрофическому износу инструмента.

Интенсивность размерного износа на втором участке называют относительным (удельным) износом инструмента:

$$u = \operatorname{tg} \Theta = \frac{U}{L} \left[\frac{\text{мкм}}{\text{мм}} \right],$$

где U – размерный износ инструмента, полученный за время основного периода его работы; L – путь резания, соответствующий этому же периоду работы инструмента.

Погрешность от изнашивания инструмента может рассматриваться как переменная систематическая или случайная погрешность с равномерным законом распределения.

Для увеличения размерной стойкости инструментов необходимо повышать качество его заточки (прижоги, микротрещины, $Ra > 0,6$ мкм снижают стойкость в 2...3 раза), выполнять на режущей кромке фаску размером 0,05 мм под углом -45° или радиусное скругление на режущей кромке. Наименьший размерный износ имеет резец со скругленной режущей кромкой, если радиус скругления 0,04...0,05 мм. Наилучшим способом повышения размерной стойкости является нанесение износостойких вакуумно-плазменных покрытий (TiN или трехслойных TiC + TiCN + TiN), которые повышают почти в 2 раза микротвердость режущих пластин из твердого сплава T15K6 и в 4...5 раз их стойкость при чистовой обработке.

Одной из особенностей процесса изнашивания шлифовального круга является происходящее одновременно с изнашиванием формирование волнистости на его рабочей поверхности. Экспериментально установлено, что: 1) чем меньше диаметр круга и его высота, тем быстрее возникают волны на его рабочей поверхности; 2) высота волн на круге пропорциональна скорости его размерного изнашивания и может достигать 10...30 мкм. Волнистость рабочей поверхности круга существенно увеличивает амплитуду колебаний и высотные параметры шероховатости шлифованной поверхности. Поэтому высота волн является основным ограничением стойкости шлифовального круга, который работает в режиме затупления и (или) частичного самозатачивания.

Существенное влияние на точность обработки размерный износ круга оказывает при глубинном и профильном шлифовании, при шлифовании резьбы и шлицев, так как в этих случаях часть размеров шлифованной поверхности копирует соответствующие размеры шлифовального круга.

1.9. Погрешность размерной настройки

Размерная настройка осуществляется методами пробных стружек и пробных проходов. При точении она осуществляется одним из следующих способов. После включения вращения шпинделя вершина резца переводится из исходного положения (точки 0) (рис. 1.12) до касания с вращающейся заготовкой (в точке 1). Затем резец отводится вправо (в точку 2 за пределы заготовки), лимб поперечной подачи устанавливается на нуль и осуществляется переход вершины резца в точку 3 поперечной подачей на величину $h = (D - d)/4$, где d – требуемый размер. Включается продольная подача и заготовка обтачивается на небольшой длине L_1 («пробная стружка» – переход в точку 4). Резец ускорено отводится вправо в точку 5, которая может совпадать с точкой 3. Отключают вращение шпинделя и измеряют значение полученного диаметра d_1 . Снова включают вращение шпинделя, вершину резца перемещают в точку 6 на расстояние $h_1 = (d_1 - d)/2$ и заготовку обрабатывают на требуемой длине L .

Если запомнить значение делений на лимбе поперечной подачи, то следующие несколько заготовок, на которых обрабатывается только одна цилиндрическая поверхность, можно обтачивать сразу, установив резец (в точку 6) по лимбу.

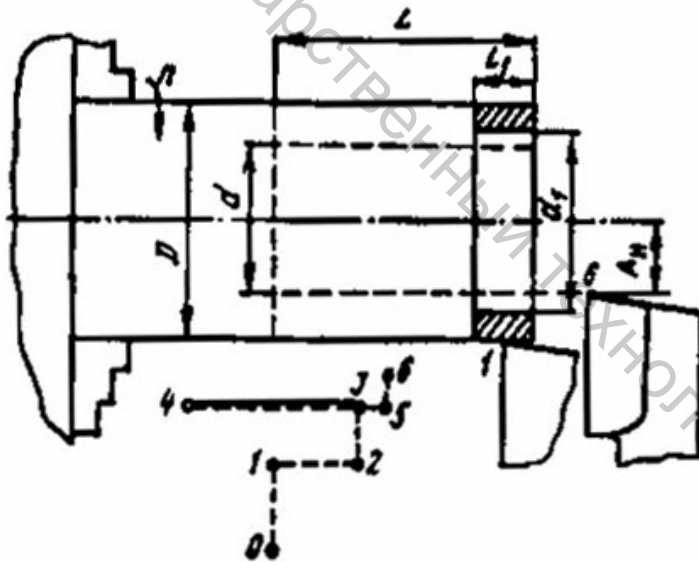


Рис. 1.12. Схема размерной настройки методом «пробных стружек»

Недостаток данного метода – относительно низкая точность. Кроме того, на участке длиной L_1 получается уменьшенный окончательный размер (особенно при малой жесткости заготовки), так как этот участок обрабатывается с

меньшей глубиной резания, чем остальная заготовка.

Метод «пробных проходов» отличается от метода «пробных стружек» тем, что предварительно обтачивается не малый участок обрабатываемой поверхности заготовки, а вся поверхность. Далее, после отвода резца вправо в точку 5, проводят коррекцию размерной настройки (перевод в точку 6) и повторную обработку на всей длине. Последнюю процедуру можно повторять несколько раз, пока не будет достигнут заданный размер. Этот метод обеспечивает высокую точность, ограниченную только точностью измерения, точностью регулировки (по лимбу винта поперечной подачи или по индикатору часового типа) и минимальной глубине резания, с которой может работать резец. Однако при размерной настройке методом «пробных проходов» существенно теряется производительность.

Кроме того режущий инструмент устанавливают в требуемое заранее определенное по эталону положение в нерабочем (статическом) состоянии станка или вне его.

Погрешностью настройки Δ_n называют поле рассеяния положений инструмента (расстояние между двумя его предельными положениями).

При выполнении настройки по пробным заготовкам Δ_n состоит из погрешности измерения $\Delta_{изм}$ пробных заготовок, погрешности регулирования $\Delta_{рег}$ положения инструмента, а также погрешности метода расчета $\Delta_{расч}$ смещения инструмента.

При этом

$$\Delta_{расч} = \pm \frac{s}{\sqrt{n}},$$

где s – среднее квадратическое отклонение, характеризующее точность данного метода обработки; n – число пробных заготовок ($n = 5 \dots 10$).

Приближенно можно считать, что

$$s = T_w / 6,$$

где T_w – поле допуска, соответствующее средней экономической точности данного метода обработки.

При установке инструмента по эталону, необходимое положение инструментов в радиальном и продольном направлениях определяют доведением их режущих кромок до соприкосновения с соответствующими поверхностями эталона. При этом Δ_n зависит от погрешности изготовления эталона $\Delta_{изг.эт}$, которая может находиться в пределах 10 – 20 мкм, а также погрешности установки инструмента $\Delta_{уст.инст}$, которая составляет 2 – 50 мкм.

1.10. Погрешность от тепловых деформаций технологической системы

В процессе механической обработки элементы технологической системы нагреваются. Причины нагрева – процесс резания, трение в различных соединениях станка, процессы дросселирования в гидроаппаратуре, теплота от внешних источников. Из-за перерывов в работе и большой тепловой инерции тепловое поле элементов технологической системы обычно бывает неравномерным и нестационарным. Тепловые циклы определяются: временем обработки одной заготовки; длительностью смены (или ее половины); годом, в течение которого изменяется температура в цехе.

Пример температурного поля и изменения температуры во времени показаны на рис. 1.13. Разность температур в отдельных элементах станка составляет 5...50 °С. Наиболее высокая температура наблюдается в области подшипников шпинделя и быстроходных валов.

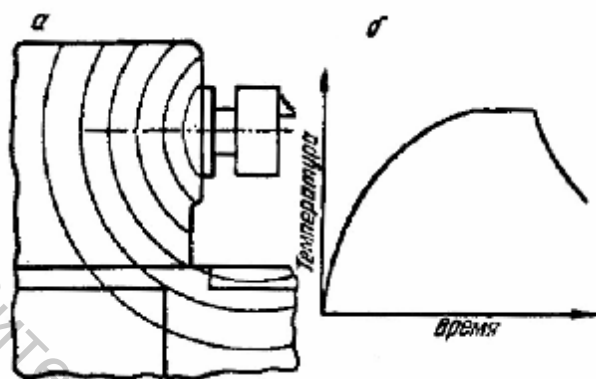


Рис. 1.13. Схема температурного поля передней бабки токарного станка (а) и график изменения температуры при работе и выключении станка (б)

Такой неравномерный нагрев приводит к тепловой деформации системы «станок — приспособление — инструмент», которая нарушает геометрическую точность станка (параллельность, перпендикулярность, прямолинейность) и его размерную настройку. Наблюдения и расчеты показали, что потеря точности от тепловых деформаций элементов станка сопоставима, а иногда и превосходит по значению допускаемую погрешность обработки (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Примеры тепловых погрешностей

Элемент станка	Вид погрешности детали	Уровень погрешности
Колонна расточного станка	Непараллельность оси отверстия и основной базы	0,12 мм/м
Станина токарного станка	Седлообразность	0,15 мм/м
Передняя бабка токарного станка	Уменьшение диаметра	0,008...0,05 мм
	Конусность на длине 300 мм	0,006...0,04 мм
	Осевое смещение шпинделя	0,25 мм
Колонна плоскошлифовального станка	Непараллельность торцов	0,1 мм/м
	Осевое смещение шпинделя	0,15 мм

Уменьшить влияние температурных деформаций станка на точность и стабильность размеров и формы обработанных деталей можно следующим образом:

1) оградив станок от теплового воздействия внешней среды (термоконстантные цехи, защита от направленных потоков нагретого или холодного воздуха);

2) защитив станок от неравномерного нагрева со стороны источников интенсивного тепловыделения (встроенных электродвигателей, гидроприводов, резервуаров для масла) путем выделения их из общей компоновки станка;

3) приняв меры для выравнивания температурного поля станин и стоек (применив охлаждающие ребра на наиболее нагретых частях, используя потоки воздуха от электродвигателей и пневмоустройств для обдува более холодных элементов и т. д.);

4) подогревая более холодные элементы станка, масло в гидробаке и весь станок перед началом работы до получения стационарного теплового поля;

5) увеличив частоту коррекции размерной настройки в начальный период работы станка.

Для уменьшения температурных деформаций инструмента, влияющих на точность обработки, применяют обильное охлаждение. Обработка на токарном станке с охлаждением 5%-й эмульсией (расход 1,75 л/мин) увеличивает теплоотдачу инструмента в 15 раз по сравнению с обработкой без охлаждения. Температурные деформации обрабатываемых заготовок также являются источником погрешности обработки. Теплота, выделяющаяся в процессе резания, распределяется между стружкой, инструментом и заготовкой. При точении, фрезеровании, строгании и растачивании без охлаждения большая часть выделяющегося количества теплоты переходит в стружку, а при сверлении большая часть теплоты остается в заготовке. При токарной обработке в стружку уходит 50...86% теплоты, 10...40% переходит в резец, а оставшаяся теплота остается в обрабатываемой заготовке и рассеивается в окружающую среду. При сверлении в стружку уходит 28% выделяющейся теплоты, 14,5% переходит в сверло, 52,5% остается в заготовке, а оставшаяся теплота уходит в окружающую среду.

Применение обильного охлаждения позволяет практически устранить нагревание детали, и в большинстве случаев ее тепловыми деформациями можно пренебречь. Но тепловые деформации тонкостенных заготовок с относительно большими обрабатываемыми поверхностями и неравномерной толщиной стенок могут достигать значений, сопоставимых с допусками 6-го качества точности. Так, например, при шлифовании поршня некруглость наружной шлифованной поверхности из-за наследования конфигурации внутренних элементов составляет 9 мкм.

1.11. Погрешности от релаксации напряжений

Серьезным источником погрешностей является деформация (коробление) заготовки или детали, вызванная нарушением равновесия остаточных напряжений. Условно назовем эти погрешности *релаксационными*. Остаточные напряжения возникают на всех этапах изготовления детали, от заготовительных операций до отделочных:

- 1) в результате неравномерных изменений удельного объема материала, вызванных неоднородными: нагревом или охлаждением заготовки либо детали;
- 2) структурными превращениями при термической и химико-термической обработке;
- 3) пластическим деформированием подповерхностных слоев заготовки. Часто одновременно действуют две причины.

В качестве примера рассмотрим первый из механизмов формирования остаточных напряжений при остывании нагретого до 800 °С стального диска. Сначала остывают наружные слои, которые, стремясь сократиться, сжимают еще горячую сердцевину. В результате наружные слои упругопластически растягиваются, а внутренние – подвержены всестороннему сжатию и не могут деформироваться. При постепенном остывании и выравнивании температурного поля сердцевина стягивает пластически вытянутый наружный слой, создавая в нем напряжения сжатия. Во внутренней части диска формируются растяги-

вающие напряжения, которые уравнивают напряжения сжатия наружных слоев.

При закалке на рассмотренный выше процесс неравномерного уменьшения объема накладывается увеличение удельного объема в момент перехода от аустенита к мартенситной структуре. На уровень и распределение напряжений в материале после термической обработки влияют конфигурация детали, равномерность нагрева, прокаливаемость, температура отпуска.

Возникшие в детали остаточные напряжения не остаются постоянными, а с течением времени релаксируют в сторону уменьшения. Релаксация остаточных напряжений обычно сопровождается общей деформацией детали, иногда настолько значительной, что она визуальна наблюдается или приводит к трещинам. При нормальной температуре релаксация развивается очень медленно (до нескольких лет) или совсем не наблюдается. Внешние переменные нагрузки и нагрев деталей ускоряют процесс релаксации напряжений.

Искусственное нарушение равновесия остаточных напряжений путем удаления припуска при механической обработке ведет к медленному деформированию заготовки и проявляется при передаче предварительно обработанной заготовки на последующую чистовую обработку (без разрыва во времени между этими этапами). Деформирование продолжается после приемки детали и в процессе ее эксплуатации в машине и достигает у маложестких деталей довольно больших значений (до 1...1,5 мм).

Основным способом борьбы с релаксационными погрешностями является старение, которое выполняется обычно после предварительной обработки, а иногда в целях получения деталей высокой точности и после чистовой обработки перед отделочной. При длительной выдержке чугуновых отливок в заделе в течение 6...18 месяцев (естественное старение) остаточные напряжения уменьшаются только на 30...35%. Полное снятие остаточных литейных напряжений (искусственное старение) достигается отжигом с медленным (со скоростью 50... 150 °С в час) нагревом отливок до 500...550 °С, выдержкой при этой температуре в течение 2... 10 ч и медленным охлаждением (со скоростью 30...50 °С в час) до 200...300 °С.

Старение стальных закаленных деталей заключается в их нагреве до 150...180 °С и выдержке при этой температуре в течение 5...25 ч. Оно применяется для измерительных инструментов, точных деталей топливной аппаратуры и т. д.

1.12. Экономическая и достижимая точность обработки

Под нормой точности станка следует понимать предельно достижимую точность изготовления детали при выполнении чистовых операций на новом станке или на станке, находящемся в эксплуатации непродолжительное время. Показатели точности, получаемые при различных видах обработки с учетом износа оборудования и приспособлений а также других факторов, обычно находятся ниже этих пределов и характеризуют достижимую точность обработки.

Разработаны таблицы средней точности и качества поверхности при разных способах обработки различных поверхностей (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Точность и качество поверхности при обработке отверстий

Обработка	Шероховатость, Ra	Дефектный слой	Квалитет
Сверление и рассверливание	25-0,8	70-15	9-13
Развертывание нормальное	12,5-0,8	25-15	10=11
точное	6,3-0,4	15-5	7-10
тонкое	3,2-0,1	10-5	5-6
Растачивание черновое	25-1,6	50-20	11-13
...	...	...	...

Экономическая точность обработки поверхности определяется затратами, необходимыми для применения данного способа обработки, которые не должны превышать затрат при любом другом способе, пригодном для обработки этой же поверхности. На рис. 1.14 показана зависимость затрат для реализации двух методов обработки одной поверхности от допуска. Очевидно, для достижения различных квалитетов точности одной поверхности (I или II) выгодными являются разные методы обработки поверхности (1 или 2).

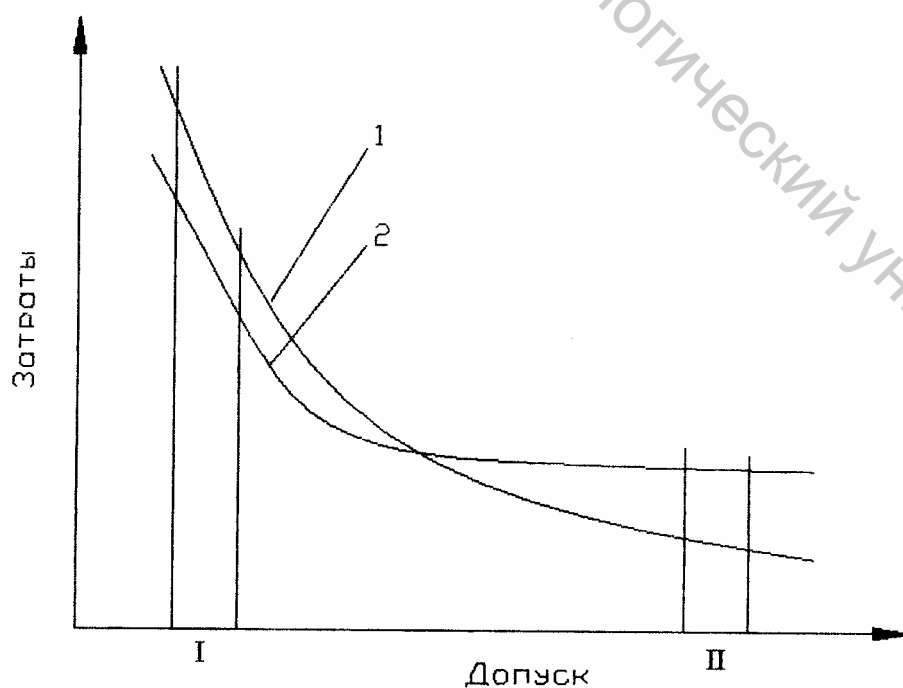


Рис. 1.14. Экономическая точность обработки

1.13. Влияние методов обработки на показатели шероховатости поверхности

Все многообразные причины, обуславливающие шероховатость обработанной поверхности, можно объединить в три основные группы:

- 1) причины, связанные с геометрией процесса резания;
- 2) причины, связанные с пластической деформацией обрабатываемого материала;
- 3) вибрации инструмента относительно обрабатываемой поверхности.

С геометрической точки зрения высота, форма и относительное расположение неровностей (направления обработанных рисок) определяются формой и состоянием формообразующих элементов инструмента и теми элементами режима обработки, которые влияют на изменение траектории его движения относительно заготовки.

На рис. 1.15 показаны схемы формирования «геометрической» шероховатости. При точении резец описывает относительно оси вращения заготовки винтовую линию с шагом, равным подаче s .

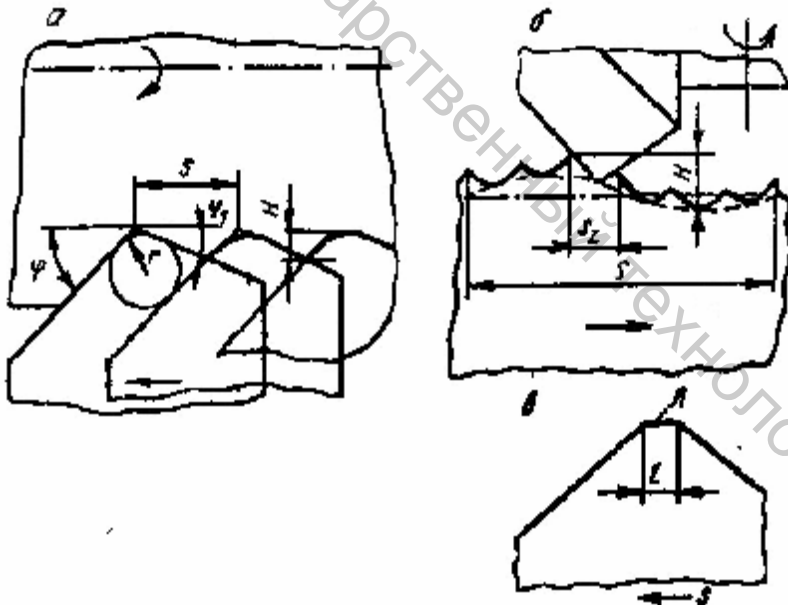


Рис. 1.15. Формирование «геометрической» шероховатости при точении (а), торцовом фрезеровании (б) и резец с дополнительным режущим лезвием (в)

ния режущих кромок (рис. 1.15, б). В данном случае «геометрические» гребешки касаются не прямой линии, а синусоиды с шагом $s = S_z \cdot z$, где z — число зубьев фрезы. Из-за неравномерного положения вершин резцов фрезы опорная кривая получается сложнее.

Эксперименты показали, что уменьшение подачи от 0,1 до 0,02 мм/об при точении конструкционных сталей практически не влияет на R_z (рис. 1.16, а, кривая 2). Неровности обработанной поверхности в этом случае образуются не столько под влиянием геометрических причин, сколько в результате пластических и упругих деформаций. При очень малых подачах R_z может даже увеличи-

В осевом сечении обработанной поверхности образуются гребешки (рис. 1.15, а), высота которых зависит от подачи s , углов в плане φ и φ_1 , радиуса r скругления режущей кромки. При достаточно малой подаче высота H зависит уже только от r и s . Зависимость «геометрической» шероховатости высотой H от подачи s отражает кривая 1 на рис. 1.15, а.

При торцовом фрезеровании H зависит не только от подачи на зуб S_z , но и от торцового бие-

ваться вследствие потери устойчивости движения суппорта, который начинает перемещаться не плавно, а рывками.

Существенное влияние на пластические деформации в подповерхностном слое оказывает скорость резания. Кроме того, она обуславливает процесс образования нароста, который значительно повышает уровень Rz . В зависимости от значения подачи и пластических свойств заготовки максимальная высота нароста приходится на скорость в диапазоне от 20 до 40 м/мин, что отражается на значении Rz (кривая 2 на рис. 1.16, б). Применение охлаждения сульфифрезолом снижает значение Rz , но при этом сохраняется характер зависимости Rz от скорости резания (кривая 3 на рис. 1.16, б). При увеличении скорости резания сверх определенного граничного значения Rz перестает изменяться. Граничная скорость $v_{гр}$ — резания зависит от подачи. Например, для конструкционных сталей присущи такие соотношения s и $v_{гр}$:

$S, \text{ мм/об}$	0,1	0,2	0,3	0,4
$v_{гр}, \text{ м/мин}$	190	145	105	92

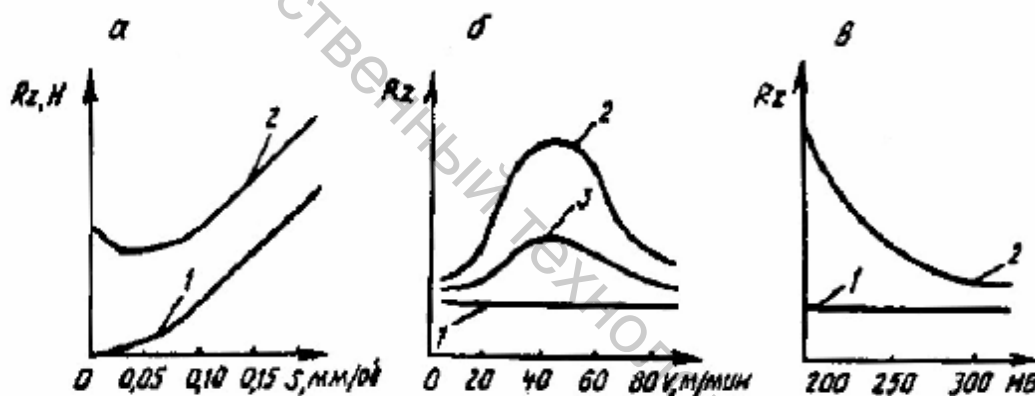


Рис. 1.16. Влияние пластических деформаций в зоне резания на высоту неровностей обработанной поверхности

Увеличение твердости заготовки ведет к уменьшению ее пластичности и, следовательно, к уменьшению уровня пластических деформаций в подповерхностном слое. Поэтому, как показывают эксперименты (рис. 1.16, в), с увеличением твердости уровень Rz снижается. Однако при увеличении твердости сверх определенного предела (300 HB или 32 HRC₃) ее влияние на Rz незначительно. При повышении твердости снижается зависимость Rz от скорости резания.

При затуплении инструмента на его режущих лезвиях образуются неровности, которые переносятся на поверхность резания и обработанную поверхность. Кроме того, скругление режущей кромки, обязательно сопровождающее процесс изнашивания, и увеличение площадки трения на задней грани режущего клина приводят к существенному увеличению пластических деформаций в подповерхностном слое, что также повышает высоту неровностей.

При обработке инструментом, у которого предусмотрено дополнительное режущее лезвие Л (рис. 1.15, в) длиной $l > s$, параллельное направлению подачи

s (образующей обработанной поверхности), высота H неровностей, возникающих по геометрическим причинам, должна быть равна нулю. Неровности на обработанной поверхности в данном случае возникают вследствие пластического деформирования, трения по задней грани, изменения контура дополнительной режущей кромки из-за ее износа. Экспериментальные исследования показали, что при достаточно высокой твердости заготовки (твердость больше 32 HRC₃) коэффициент перекрытия $K_{пер} = l/s$ в пределах 2...6 существенно уменьшает высотные параметры шероховатости.

Вибрации (вынужденные и автоколебания), сопровождающие процесс резания, обычно увеличивают шероховатость. Например, при увеличении амплитуды осевых (параллельных подаче) колебаний от нуля до 0,2 мм значение параметра R_z шероховатости при точении увеличивается от 5 до 38 мкм.

На высотные параметры шероховатости, образующейся при обработке *способами поверхностного пластического деформирования (ППД)*, оказывают существенное влияние давление в зоне контакта инструмента и заготовки, продольная подача, форма и размеры деформирующего элемента, исходная шероховатость обрабатываемой поверхности и физико-механические свойства материала обрабатываемой заготовки. Остальные параметры обработки на уровень параметра шероховатости влияют незначительно.

С увеличением нормальной силы P при обкатывании и раскатывании параметр R_a уменьшается, но до определенного предела — при оптимальной силе $P_{опт}$ (рис. 1.17, а). При увеличении твердости и снижении пластичности мате-

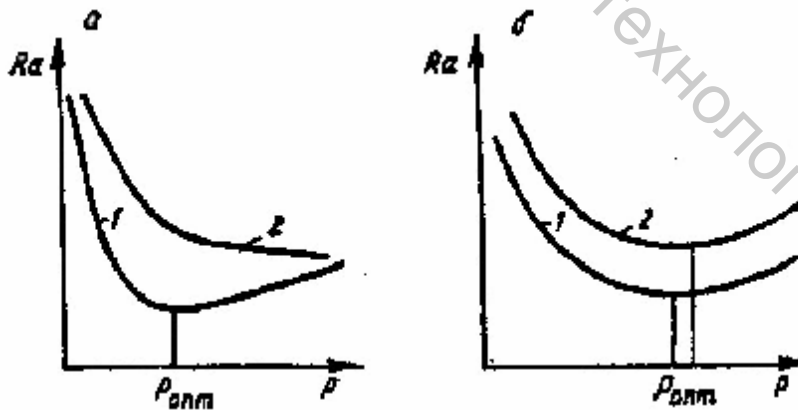


Рис. 1.17. Влияние нормальной силы P (а) и давления p в зоне контакта (б) на параметр R_a при обработке ППД материалов разной твердости 1- для HB_1 ; 2- для HB_2 ($HB_1 < HB_2$)

риала заготовки значения $P_{опт}$ возрастают. Следует, однако, заметить, что, хотя сила P является основным параметром, исходя из которого разрабатываются практические рекомендации по режимам обкатывания, в сущности эффективность процесса зависит от среднего давления P на поверхности контакта, которое может быть различным при одной и той же силе P (рис. 1.17, б). Оптимальное давление $P_{опт}$ несколько возрастает при увеличении твердости материала заготовки.

Зависимость параметра R_a от числа $N_{прох}$ проходов с заданным значением P показана на рис. 1.18, а. Увеличение числа проходов сверх оптимального приводит к шелушению поверхности и увеличению шероховатости.

Изменение подачи s и радиуса r деформирующего элемента существенно влияет на параметр R_a (рис. 1.18, б). Высота микронеровностей прямо пропор-

циональна радиусу r и обратно пропорциональна подаче s . Следовательно, для уменьшения шероховатости необходимо уменьшать радиус r и увеличивать подачу s .

циональна подаче во второй степени и обратно пропорциональна радиусу деформирующего элемента (шара). Но в результате наблюдений установлено, что при накатывании существует «граничная» подача, превышение которой существенно влияет на Rz . Эта подача зависит от твердости заготовки. Так, например, при обкатывании высокопрочных сталей шарами диаметром 5... 10 мм уменьшение подачи от 0,12 мм/об практически не влияет на Ra , а увеличение подачи сверх этого значения приводит к резкому увеличению Ra . При обработке заготовок из отожженных сталей 20 и 15 это граничное значение подачи равно 0,2 мм.

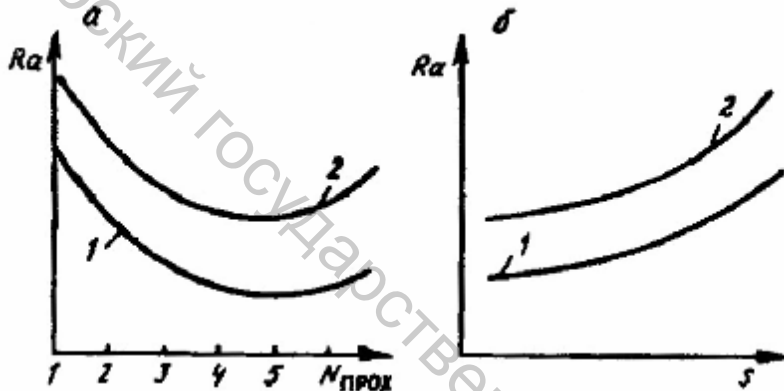


Рис. 1.18. Влияние числа проходов $N_{\text{прох}}$ (а) и продольной подачи s (б) на параметр Ra при обработке ППД материалов разной твердости 1- для HB_1 ; 2- для HB_2 ($HB_1 < HB_2$)

Как видно из рис. 1.17 и 1.18, твердость материала заготовки существенно влияет на параметр Ra . Чем выше твердость, тем хуже обрабатываются способами ППД заготовки, т.е. с увеличением твердости заготовки параметр Ra при прочих равных условиях тоже увеличивается, так как с увеличением твердости понижается

пластичность, и исходные неровности деформируются менее полно. А по мере увеличения исходных неровностей их деформирование все более затрудняется.

Характер зависимости параметра Ra от условий обработки одинаков и для обкатывания (раскатывания), и для выглаживания. Но алмазное выглаживание обеспечивает получение более ровной и менее шероховатой поверхности (с меньшим значением Ra), чем обкатывание, особенно это проявляется при обработке закаленных сталей.

Результаты обработки способами ППД зависят также от направления пластического деформирования по отношению к направлению предшествующей обработки. Наименьшая шероховатость и более однородная поверхность без местных повреждений образуются при противоположных направлениях рабочих движений на смежных операциях. Так, например, при совпадении направления вращения расточной борштанги с направлением вращения выглаживающего инструмента во время обработки отверстия в чугуновой заготовке были получены значения параметра Ra от 0,18 до 0,5 мкм. А при выглаживании в тех же условиях, но с изменением направления вращения инструмента, значения параметра Ra снизились до 0,1...0,28 мкм. Те же результаты были получены при раскатывании отверстия после его растачивания. Это можно объяснить снижением сопротивления пластическому деформированию после предварительного пластического деформирования противоположного знака.

1.14. Базирование

База – элемент детали, заготовки, сборочной единицы (или сочетание элементов детали, заготовки, сборочной единицы), определяющий одну из плоскостей или осей системы координат, по отношению к которой может осуществляться ориентирование других: компонентов детали, заготовки, компонентов заготовки, деталей, сборочных единиц или средств измерения.

По назначению базы делятся на: конструкторские, технологические, сборочные и измерительные.

Конструкторские базы используются для задания взаимного расположения (параллельности, перпендикулярности или в общем случае угла) элементов детали.

Технологические базы используются для ориентации заготовки или элементов заготовки при обработке и при проектировании технологического процесса обработки детали. В первом случае технологические базы называют *реальными базами*, а во втором – *проектными базами*.

Сборочные базы используются для взаимной ориентации деталей и сборочных единиц при сборке изделия. *Основной сборочной базой* называют совокупность поверхностей детали или сборочной единицы, которая определяет ее положение в изделии. *Вспомогательной сборочной базой* называют совокупность поверхностей детали или сборочной единицы, которая определяет положение присоединяемой к ней детали или сборочной единицы.

Измерительные базы используются при измерении отклонений взаимного расположения (параллельности, перпендикулярности или в общем случае угла). Измерительная база служит для ориентации средств измерения. Она должна совпадать с конструкторской во избежание погрешности схемы измерения.

Одной из основных и самых сложных для формализации процедур проектирования технологической операции механической обработки является разработка модели установки заготовки, которую предлагается осуществлять в три этапа:

- 1) разработка **теоретической схемы базирования**;
- 2) разработка **теоретической схемы установки** (выдача задания на проектирование оснастки);
- 3) разработка (или выбор) **конструктивной модели приспособления**.

При переходе от первого этапа проектирования к последнему происходит наращивание объема информации о реальном процессе установки. Однако никогда модель установки не может быть тождественна реальному процессу, да это и не требуется.

Цель разработки *теоретической схемы базирования* при механической обработке, т.е. проектного базирования – обеспечение (еще на стадии проектирования) требуемых показателей взаимного расположения поверхностей за счет наложения на поверхности баз ориентации определенного числа связей.

Теоретическая схема базирования при механической обработке (или просто *схема базирования*) – графическое изображение (геометрическая модель) заготовки (абсолютно твердого тела, поверхности которого (в том числе плос-

кости, оси и центры симметрии) идеальны) в состоянии после выполнения рассматриваемой операции. На ней выделены обработанные поверхности, представлены размеры, углы, допуски на них и условные значки, интерпретирующие точки сопряжения и направляющие векторы, накладывающие определенное число связей.

Связь отражает отсутствие неопределенности положения обрабатываемого компонента в базовой системе координат. Считается, что связь определяет положение точки сопряжения (соприкосновения) ранее полученных элементов геометрической модели заготовки (ГМЗ) с ее плоскостями в направлении, перпендикулярном той из плоскостей базовой системы координат, в которой лежит рассматриваемая точка сопряжения. Чтобы определить направление связи и направление оси базовой (собственной) системы координат (БСК, ССК) используется *направляющий вектор*, перпендикулярный соответствующей плоскости базовой системы координат, и определяющий направление оси базовой системы координат (рис. 1.19).

Сочетания точек сопряжения в базовой системе координат, расположенные на каждой из баз ориентации, могут накладывать на геометрическую модель заготовки разное число связей. Оно определяет *вид компонента комплекта баз*. Сочетания точек сопряжения ГОСТ21495-76 «Базирование и базы в машиностроении» определяется как *установочная, направляющая, опорная, двойная опорная, двойная направляющая* базы. Приведенные названия технологических баз нельзя воспринимать буквально, ибо опорной базой заготовка ни на что не опирается, направляющей базой никуда не направляется, а на установочную – не всегда устанавливается.

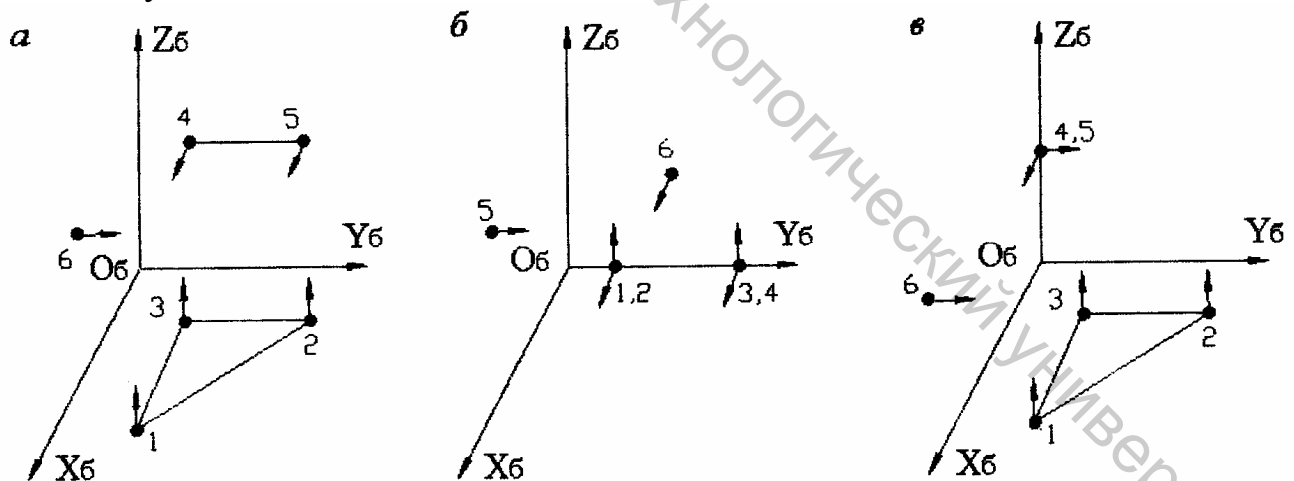


Рис. 1.19. Примеры расположения точек сопряжения в базовой системе координат

Если точки сопряжения расположены на реальных поверхностях ГМЗ, то такие технологические базы называются *явными*, а если они расположены на плоскостях, осях или точках симметрии, то такие технологические базы называют *скрытыми*.

Установочная технологическая база (в дальнейшем просто *установочная база*) формируется тремя точками сопряжения, не лежащими на одной прямой

и имеющими одинаковое направление направляющих векторов (рис. 1.19 а, в, точки 1,2,3). Эта база накладывает три связи: определенность положения обрабатываемого элемента ГМЗ вдоль одной координатной оси, и углового положения (поворота) вокруг двух других осей собственной системы координат.

Установочная база может быть реализована:

- 1) плоскостью модели заготовки;
- 2) двумя образующими, которые принадлежат пересекающимся или параллельным цилиндрам и лежат в одной плоскости;
- 3) образующими цилиндра и конуса, лежащими в одной плоскости; направляющей окружностью тора;
- 4) наружными точками трех сфер, лежащих в одной соприкасающейся с ними плоскости (или плоскостью проходящей через центры этих сфер);
- 5) двумя пересекающимися (или параллельными) осями цилиндров или цилиндра и конуса.

Направляющая технологическая база (в дальнейшем просто *направляющая база*) формируется двумя не слившимися точками сопряжения, имеющими одинаковое направление направляющих векторов (рис. 1.19 а, точки 4, 5). Направляющая база накладывает на модель заготовки две связи, которые обеспечивают определенность расстояния обрабатываемого элемента ГМЗ вдоль одной из осей базовой системы координат и определенность углового положения (поворота) вокруг одной из двух других осей.

Направляющую базу можно реализовать:

- 1) плоскостью модели заготовки ;
- 2) осью цилиндра;
- 3) образующей цилиндра;
- 4) точками, которые лежат на общей касательной к двум наружным цилиндрам;
- 5) линией пересечения двух плоскостей.

Опорная технологическая база (в дальнейшем просто *опорная база*) формируется одной точкой сопряжения. Накладывает одну связь – определенность положения обрабатываемого элемента заготовки вдоль направляющего вектора (рис. 1.19 а, – точка 6, рис. 1.19 в – точки 5, 6).

Опорная база может быть реализована точкой, лежащей на:

- 1) оси цилиндра, конуса или тора;
- 2) плоскости геометрической модели заготовки;
- 3) образующей цилиндра;
- 4) линии пересечения плоскостей и т. д.

С помощью оси цилиндрической или конической поверхности заготовки может быть реализована *двойная опорная технологическая база* (в дальнейшем просто *двойная опорная база*), если в одной точке этой оси лежат две слившиеся точки сопряжения, а соответствующие направляющие векторы взаимно перпендикулярны. Эта база накладывает две связи: определенность расстояния обрабатываемого элемента вдоль осей базовой системы координат, параллельных направляющим векторам (рис. 1.19 в, точки 4, 5).

С помощью центра сферической или точки на оси конической поверхности можно реализовать *тройную опорную технологическую базу* (в дальнейшем просто *тройную опорную базу*), если в центре сферы или в одной из точек оси конуса расположены три слившиеся точки сопряжения, а соответствующие направляющие векторы взаимно перпендикулярны. Обычно в эту базу помещают начало базовой системы координат. Тройная опорная база накладывает три связи: определенность положения обрабатываемого элемента заготовки вдоль осей базовой системы координат. Она может быть реализована центром сферической поверхности или точкой на оси конической поверхности

С помощью достаточно длинной оси цилиндрической поверхности заготовки можно реализовать *двойную направляющую технологическую базу* (в дальнейшем просто *двойную направляющую базу*), если на этой оси расположены четыре попарно слившиеся точки сопряжения, а направляющие векторы, выходящие из каждой пары слившихся точек сопряжения, взаимно перпендикулярны. Можно представить двойную направляющую базу как сочетание двух лежащих на одной оси и перпендикулярных направляющих баз или двух лежащих на одной оси двойных опорных баз. Двойная направляющая база накладывает четыре связи: определенность расстояния обрабатываемого элемента заготовки вдоль двух осей базовой системы координат (две связи), перпендикулярных оси, которая реализует данную базу, и определенность углового положения (поворота) вокруг этих же осей (еще две связи) (рис. 1.19 в точки 1, 2, 3, 4).

В зависимости от видов компонентов чаще всего используются семь вариантов комплектов технологических баз:

- 1) установочная, направляющая и опорная (рис. 1.19 а);
- 2) установочная, двойная опорная и опорная (рис. 1.19 в);

3) двойная направляющая, опорная и опорная (рис. 1.19 б);

4) двойная направляющая и двойная опорная;

5) тройная опорная, направляющая и опорная;

6) тройная опорная, опорная, опорная и опорная;

7) тройная опорная, двойная опорная и опорная;

На рис. 1.20 приведены условные значки, интерпретирующие точки сопряжения и направляющие векторы. При этом ГМЗ для условных обозначений

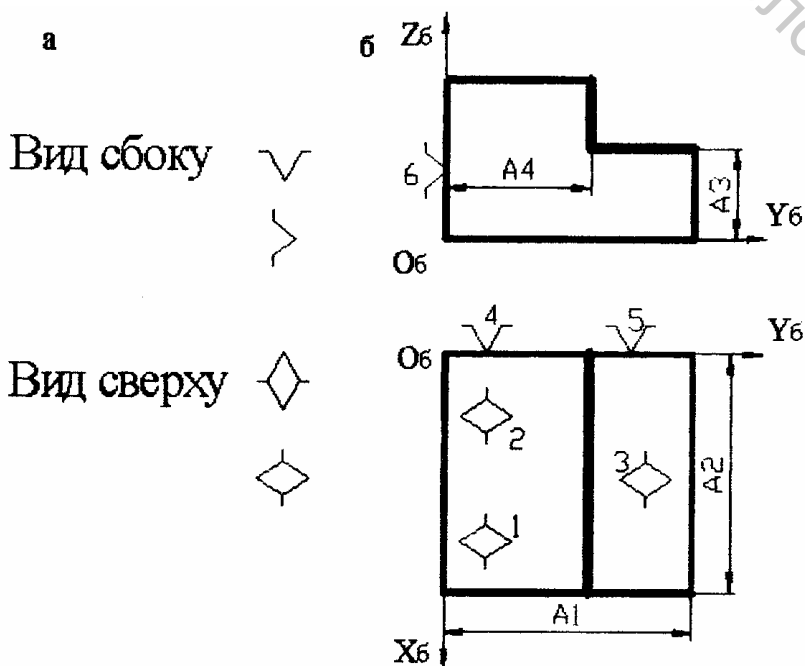


Рис. 1.20. Обозначение точек сопряжения (а) и пример схемы базирования(б)

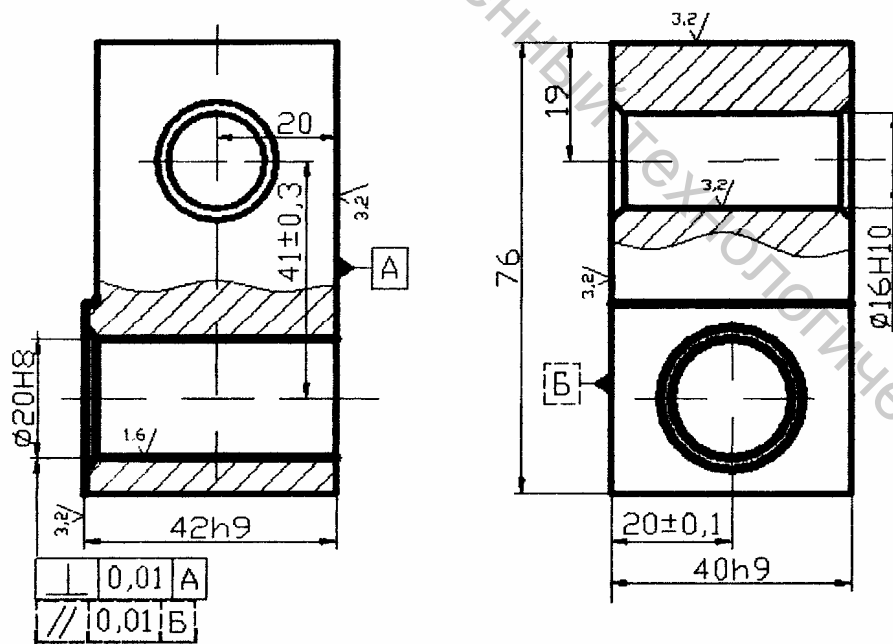
точек сопряжения считается прозрачной. Эти обозначения можно располагать на одной или двух проекциях.

1.15. Синтез теоретических схем базирования

Перед синтезом схемы базирования следует проверить правильность назначения относительных поворотов обрабатываемых компонентов геометрической модели заготовки.

1. Относительное угловое положение *оси* поверхности вращения на чертеже детали или оси обрабатываемой поверхности заготовки на операционном эскизе должно быть задано необходимым и достаточным числом показателей. Так ось может быть перпендикулярна только к одной плоскости, или параллельна двум пересекающимся плоскостям, или параллельна к одной плоскости и составлять некоторый угол с другой плоскостью, которая перпендикулярна первой.

2. Относительное угловое положение *плоскости* на чертеже детали или обрабатываемой плоскости заготовки на операционном эскизе должно быть задано необходимым и достаточным числом показателей. Так плоскость может быть перпендикулярна к двум пересекающимся плоскостям или к оси, или перпендикулярна к одной плоскости и составлять некоторый угол с другой, которая перпендикулярна к первой.



Так, например, допуск параллельности оси к базе Б, указанный на чертеже детали пунктирной линией (рис. 1.21), некорректен и избыточен. Допуск перпендикулярности относительно базы А однозначно задает относительное положение оси. Допуск параллельности относительно базы Б может лишь

Рис. 1.21. Задание на проектирование схемы базирования

дублировать допуск перпендикулярности в одном координатном направлении.

3. Совокупность комплектов конструкторских и технологических баз ориентации поверхностей, относительно которых возможны различные варианты угловой и размерной ориентации поверхностей, следующая:

- а) три взаимно перпендикулярные плоскости, среди которых может быть плоскость симметрии;
- б) плоскость и две оси, перпендикулярные к ней;

в) две взаимно перпендикулярные плоскости и ось, которая перпендикулярна к одной из них (в частном случае ось может лежать в плоскости, которая в общем случае параллельна оси);

г) плоскость и две оси, одна из которых перпендикулярна, а другая параллельна этой плоскости (в частном случае она может лежать в этой плоскости).

Кроме того, следует учитывать следующие правила (рекомендации).

1. Схема базирования в первую очередь должна обеспечивать заданную точность взаимного углового расположения, а затем точность размеров (расстояний).

2. При определении вида компонента комплекта баз (числа накладываемых связей) самым важным показателем взаимного расположения является перпендикулярность, затем угол, затем параллельность. Соосность и симметричность являются производными параллельности.

3. Точность взаимного углового расположения обеспечивают только установочная, направляющая, двойная направляющая базы и сочетание двойной опорной и опорной баз.

4. Та технологическая база, по отношению к которой удельный допуск взаимного расположения или расстояний более жесткий, должна накладывать больше связей. Под удельным допуском понимается допуск взаимного расположения, приведенный к одной базовой длине.

5. Неуказанные допуски перпендикулярности определяются согласно ГОСТ на неуказанные допуски взаимного расположения. Причем следует учитывать, что за базу, к которой относится неуказанный допуск перпендикулярности в одном координатном направлении, принимается поверхность (или ее ось) имеющая больший размер в рассматриваемых перпендикулярных направлениях, а при одинаковых размерах – поверхность, имеющая меньшую шероховатость. Если деталь имеет элементы, для которых указаны допуски перпендикулярности, то неуказанные допуски следует относить к тем же базам, что и указанные.

Синтез схемы базирования рекомендуется выполнять согласно приведенным ниже шагам.

Первый шаг. Построить геометрическую модель (эскиз) заготовки (ГМЗ) с выделением обрабатываемых поверхностей и выявлением угловых и размерных связей, которые необходимо обеспечить на операции.

Второй шаг. С помощью анализа заданных допусков относительных поворотов и размерных связей установить комплект баз ориентации обрабатываемых поверхностей (базами ориентации могут быть только те компоненты ГМЗ, относительно которых заданы относительные повороты, и от которых заданы размеры).

Третий шаг. Проверить правильность задания относительных поворотов (согласно правилам 1-2). Выявить, если необходимо, неуказанные допуски относительного расположения (перпендикулярность, соосность, симметричность).

Четвертый шаг. Сформировать базовую систему координат.

Пятый шаг. Определить вид (число накладываемых связей) каждого из компонентов установленного комплекта баз (правила 1-4).

Пример.

Пусть необходимо спроектировать схему базирования заготовки на операции обработки поверхности О при заданных показателях точности линейных размеров и допусков взаимного расположения (рис. 1.21).

Первый шаг.

Геометрическая модель заготовки для проектирования схемы базирования изображена на рис. 1.22. Обрабатываемая поверхность цилиндрическая открытая.

Второй шаг. Согласно заданию необходимо выдержать размер от оси цилиндрической поверхности О до плоскости Рj 20 ± 0.1 и размер 41 ± 0.3 от оси цилиндрической поверхности О до оси С, а также перпендикулярность оси поверхности О относительно базы А (Рi) с допуском 0.01. База А – плоскость. Следовательно комплект технологических баз – №2 (Две взаимно перпендикулярные плоскости (Рi, Рj) и ось перпендикулярная одной из плоскостей Оl).

Третий шаг.

Задан допуск перпендикулярности оси относительно базы А. База А – плоскость, которая должна накладывать максимальное число связей. Поэтому она назначается установочной базой.

Четвертый шаг.

Строится базовая система координат.

Пятый шаг. Поскольку допуск расстояния от плоскости Рj меньше, чем от оси Оl,

то плоскость Рj назначается направляющей базой, а ось Оl – опорной (рис. 1.22).

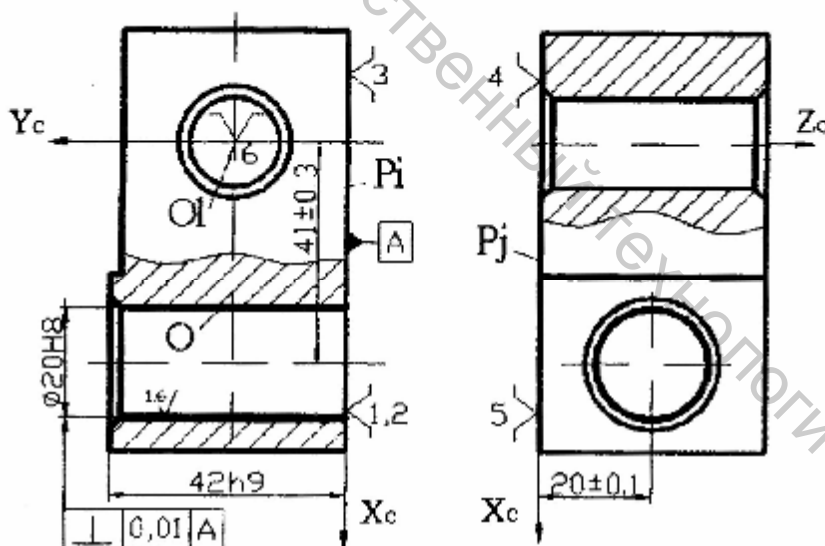


Рис. 1.22. Теоретическая схема базирования

1.16. Теоретическая схема установки

На этапе разработки *теоретической схемы установки* (далее *схемы установки*) моделируется расположение точек контакта идеализированных моделей реальных поверхностей с геометрическими моделями установочных элементов приспособления. Эти точки логично называть *опорными*. Модель расположения опорных точек описывает новую, *установочную систему координат* (УСК). Кроме того, согласно ГОСТ 3.1107-81 на данном этапе выбирается

вид установочных элементов (а иногда и типовых приспособлений), определяется точка приложения и направление силы закрепления заготовки.

УСК может не совпадать с ССК. В таких случаях создаются условия для возникновения *погрешности схемы установки* (см. рис. 1.23). Часто УСК не может совпадать с ССК, если последняя построена на плоскостях, осях или центрах симметрии. В таких случаях, чтобы не создавались условия для появления погрешности схемы установки необходимо применять самоцентрирующие установочные и установочно-зажимные компоненты приспособления.

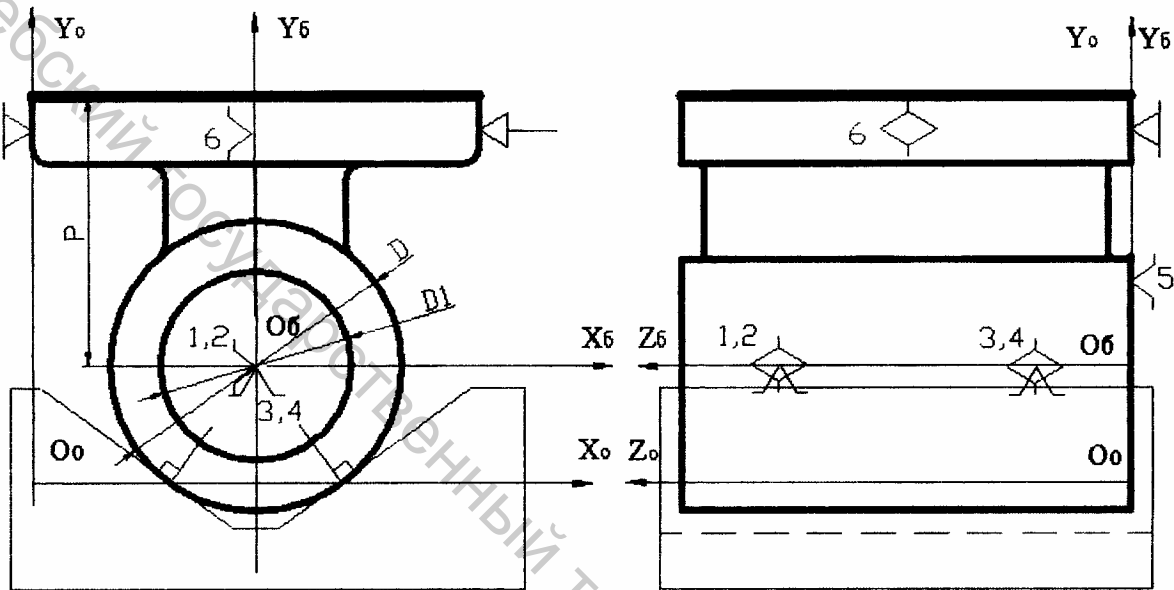


Рис. 1.23. Несовпадение базовой и опорной систем координат – условие для возникновения погрешности схемы установки

Условные обозначения установочных и зажимных компонентов приспособлений регламентирует ГОСТ 3.1107-81 (СТ СЭВ 1803-79). На рис. 1.24...1.27 приведены примеры схем установки.

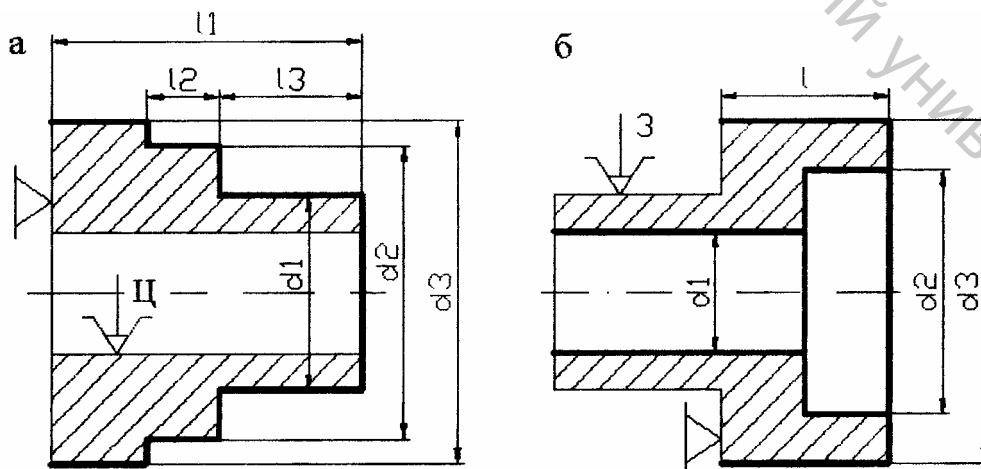


Рис. 1.24. Схемы установки цилиндрических заготовок.

а – в цанговой оправке; б – в трехкулачковом патроне

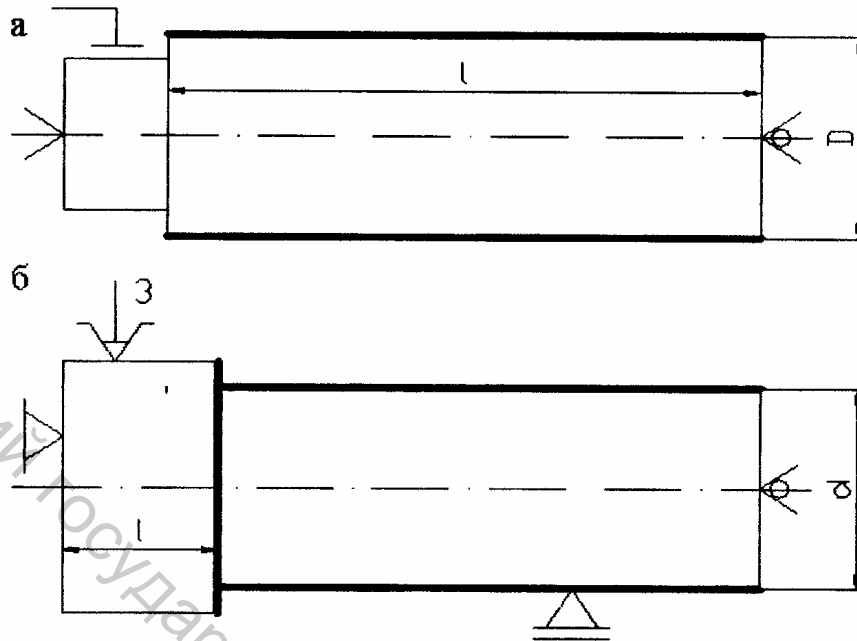


Рис. 1.25. Схемы установки цилиндрических заготовок:
 а – в центрах и поводковом патроне; б – в трехкулачковом патроне, вращающемся центре и подвижном люнете

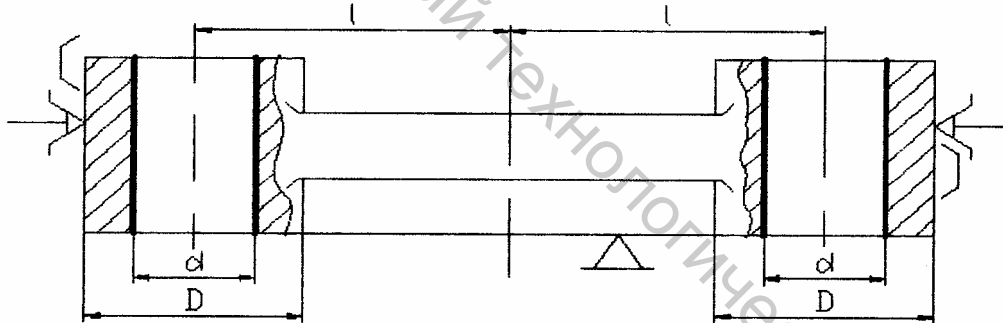


Рис. 1.26. Схема установки заготовки в самоцентрирующих тисках с призматическими губками

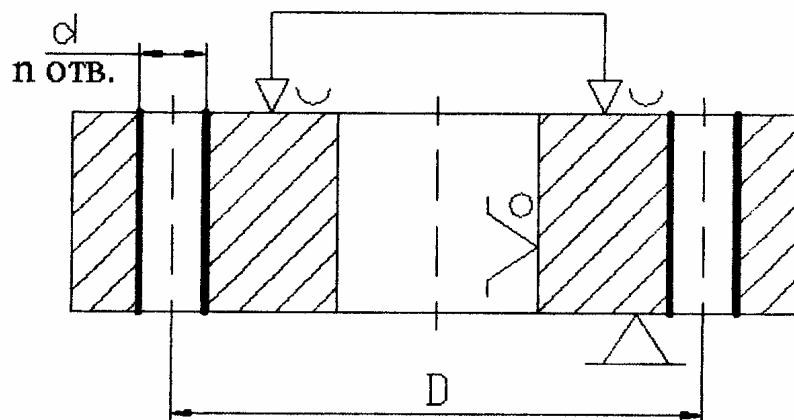


Рис. 1.27. Схема установки заготовки на плоскость и цилиндрический палец

1.17. Погрешность теоретической схемы установки

Погрешностью схемы установки будем называть поле рассеяния отклонений заданного положения базовой системы координат при разработке схемы установки. При этом считается, что технологические базы не имеют погрешностей формы. Причиной возникновения погрешности схемы установки являются погрешности размеров объекта производства, которые получены на этапах обработки, предшествующих рассматриваемому. Погрешность схемы установки относят обычно к размерам, выполняемым на рассматриваемой операции.

Например, на операции фрезерования выполняются размеры A_2 и B_2 (рис. 1.28), для чего режущие кромки фрезы устанавливаются относительно компонентов ОСК на расстояния, соответствующие размерам настройки A_n и B_n . Другие погрешности обработки, возникающие по разным причинам, в данной задаче не учитываются.

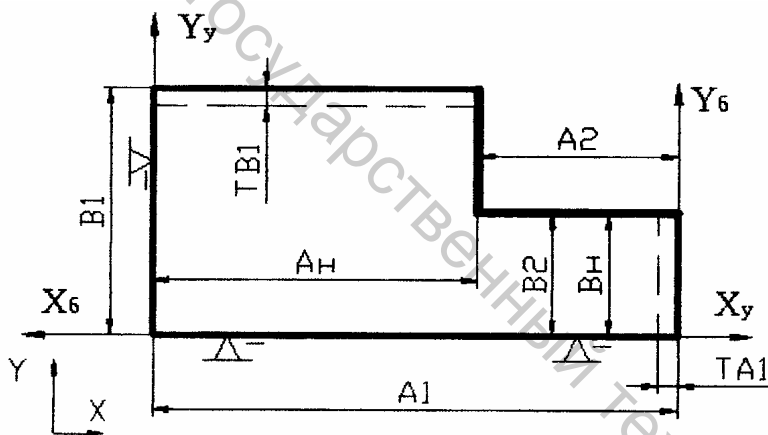


Рис. 1.28. Операционный эскиз

При выполнении размера A_2 ось Y_y УСК не совпадает с осью Y_6 СКО. Следовательно, условия для возникновения погрешности схемы установки по этому размеру имеются. До рассматриваемой операции в направлении оси X выполнен размер A_1 с допуском TA_1 . Поскольку размер настройки A_n остается постоянным для всей обрабатываемой партии деталей и другие погрешности в данной задаче не учитываются, то A_2 может изменяться только в зависимости от размера A_1 в пределах допуска TA_1 .

Погрешность схемы установки проявляется как случайная величина, так как причина, ее порождающая (погрешность размера A_1), тоже является случайной величиной. Принято считать, что погрешность схемы установки – симметричная случайная величина, которая подчиняется нормальному закону распределения с математическим ожиданием, равным нулю. Тогда ее характеристикой будет максимально возможное поле рассеяния, в рассматриваемом случае TA_1 . Следовательно, можно записать

$$D_{cy}(A_2) = TA_1,$$

где $D_{cy}(A_2)$ – погрешность схемы установки по размеру A_2 .

При выполнении размера B_2 оси X_6 (СКО) и X_y (УСК) совпадают. Следовательно, условий для возникновения погрешности схемы установки нет. Действительно, случайные погрешности размера B_1 не влияют на положение X_6 т.е. на размер B_2 .

При установке по отверстию на цилиндрический палец (оправку) возникает неопределенность положения заготовки, которая может смещаться в любом направлении в пределах зазора (рис. 1.29).

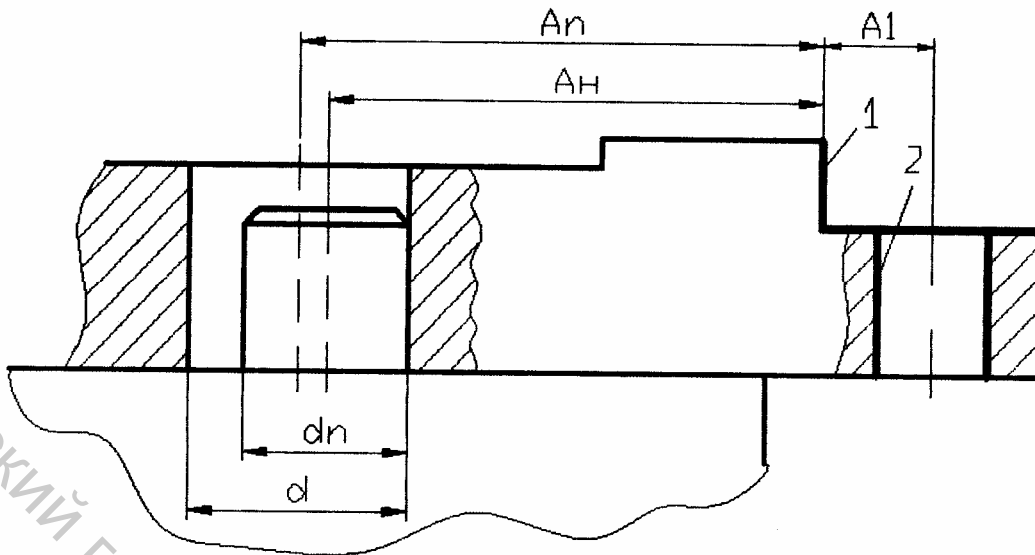


Рис. 1.29. Установка заготовки по отверстию на цилиндрический палец

Погрешность схемы установки $\Delta_{cy}(A_n)$ в этом случае можно определить по модели

$$\Delta_{cy}(A_n) = Td + BO(d_n),$$

где Td – допуск диаметра отверстия; $BO(d_n)$ – верхнее отклонение диаметра цилиндрического пальца.

При обработке нескольких поверхностей с одной установки только по отношению к одной определяется погрешность схемы установки и эта поверхность далее служит настроечной базой. Погрешность схемы установки $\Delta_{cy}(A_1) = 0$ т.к. поверхность 1 служит настроечной базой для обработки поверхности 2.

При установке заготовки на два пальца расчетная схема для определения погрешности схемы установки по углу α будет иметь вид представленный на рис. 1.30.

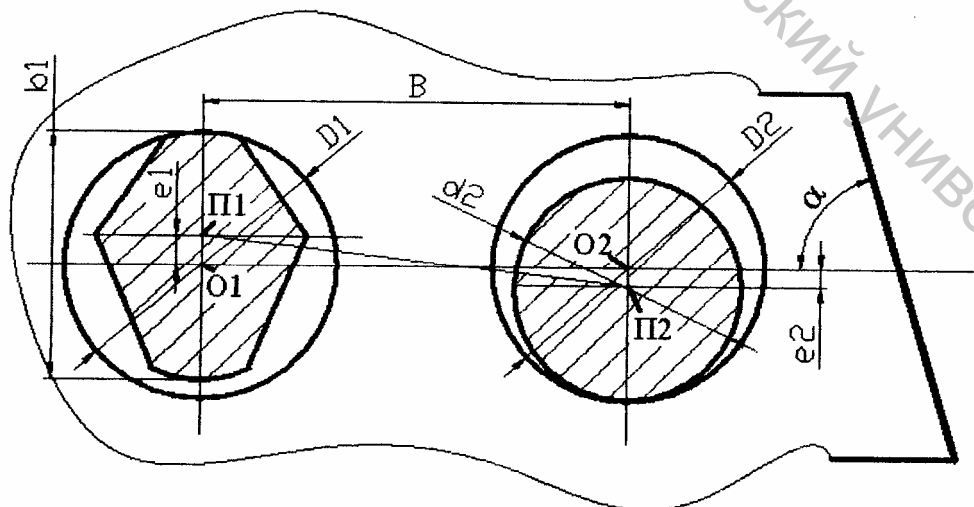


Рис. 1.30. Расчетная схема для определения погрешности схемы установки по углу α при установке на цилиндрический и ромбический пальцы.

На этой схеме $O1$, $O2$ – оси отверстий, $П1$ ось симметрии ромбического пальца, $П2$ – ось цилиндрического пальца. Тогда

$$\Delta_{cy}(a) = \frac{e1_{\max} + e2_{\max}}{B} = \frac{(TD1 + BO(b1)) + (TD2 + BO(d2))}{B},$$

где $TD1$, $TD2$ – допуски диаметров соответствующих отверстий; $BO(b1)$, $BO(d2)$ – верхние отклонения соответствующих пальцев. Погрешностью размера B можно пренебречь.

1.18. Методы реального базирования при изготовлении деталей машин

При механической обработке на станках *реальным базированием* называется ориентация заготовки относительно выбранной системы координат, связанной с приспособлением или элементами станка, определяющими траектории движения подачи (рис. 1.31).

Поверхности, линии или точки заготовки, используемые для базирования при механической обработке на станках, называют *реальными технологическими базами*.

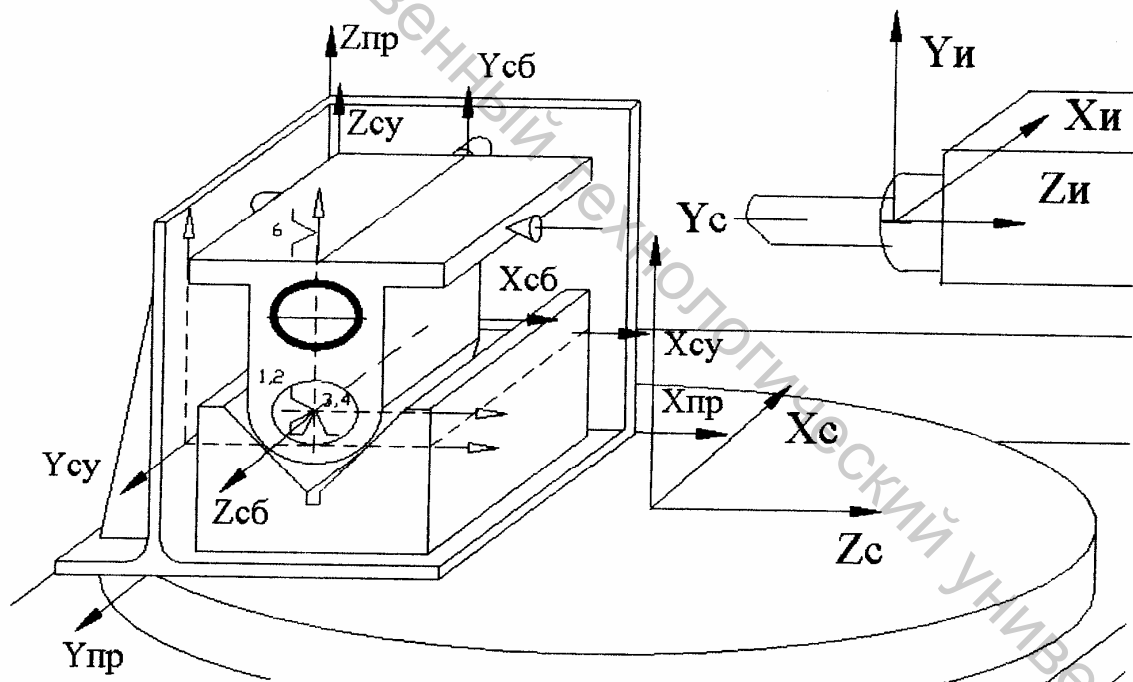


Рис. 1.31. Пример взаимного расположения систем координат: сб- заготовки (собственной или базовой системы координат; су- схемы установки; пр- приспособления; с- станка; и- инструмента.

В технологии машиностроения используются три метода реального базирования: 1) выверкой по разметке; 2) выверкой по реальной технологической базе; 3) сопряжением.

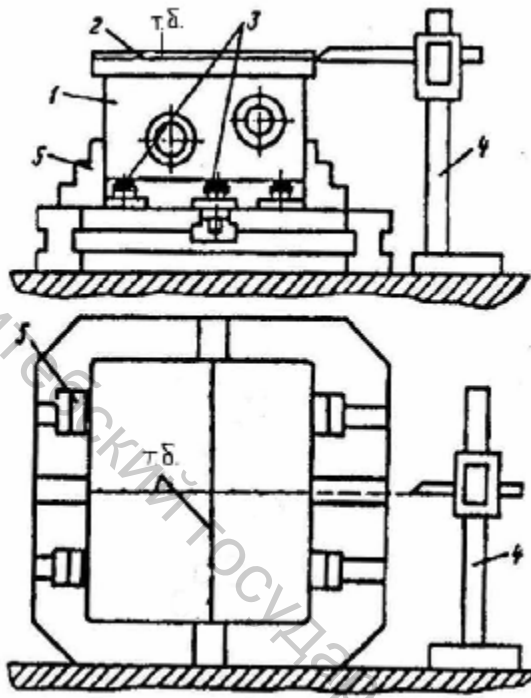


Рис. 1.32. Реальное базирование заготовки в приспособлении-спутнике по разметке

ложения линий разметки осуществляется штангенрейсмусом, а также с помощью чертилки 1, закрепленной в оправке 2.

К недостаткам метода выверки по разметке следует отнести: 1) низкую точность (0,8...1,3 мм); 2) высокие требования к квалификации рабочего; 3) низкую производитель-

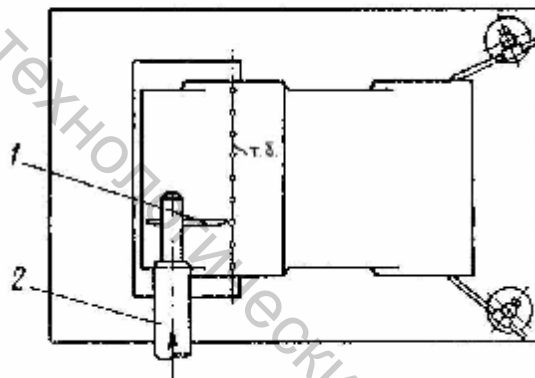
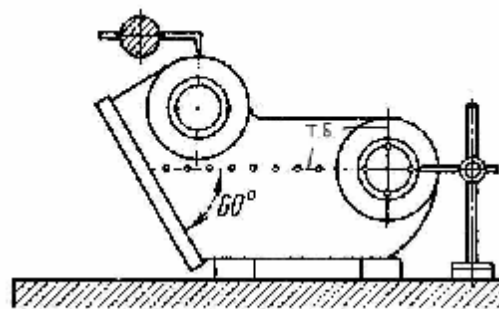


Рис. 1.33. Реальное базирование заготовки на столе станка

ность. А к достоинствам: 1) возможность проверки пригодности заготовки до начала её обработки; 2) возможность наиболее рационального размещения контура детали в теле заготовки.

При базировании выверкой по реальной технологической базе правильность положения объекта контролируется точными средствами (индикатором, микроскопом и т.д.). При механической обра-

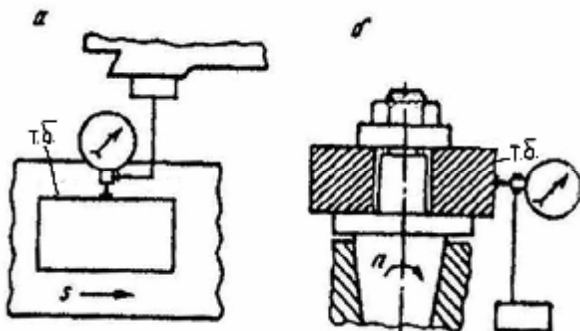


Рис.1.34. Реальное базирование выверкой по технологической базе

ботке выверяется параллельность технологической базы направлению подачи (рис. 1.34, а), положение оси отверстия относительно оси шпинделя станка,

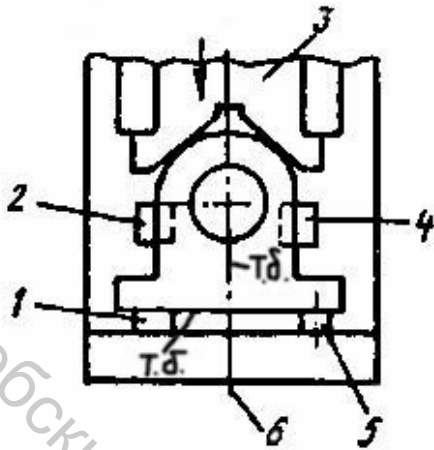


Рис. 1.35. Реальное базирование сопряжением

1 и 5 – опорные планки; 2 и 4 – упоры, 3 – подвижная призма

биение заготовки (рис. 1.34, б). К достоинству метода следует отнести высокую (0,02...0,1 мм) точность базирования, зависящую только от точности контролирующего инструмента и точности технологической базы. А к недостаткам – низкую производительность и высокие требования к квалификации рабочего.

Базирование сопряжением осуществляется при соприкосновении технологических баз заготовки с установочными элементами приспособления. Пример базирования сопряжением при механической обработке показан на рис. 1.35. Данный метод обеспечивает как высокую производительность, так и достаточно высокую точность базирования.

Чаще всего в качестве баз используются плоские и цилиндрические поверхности в различных сочетаниях. Реже используются конические и сферические.

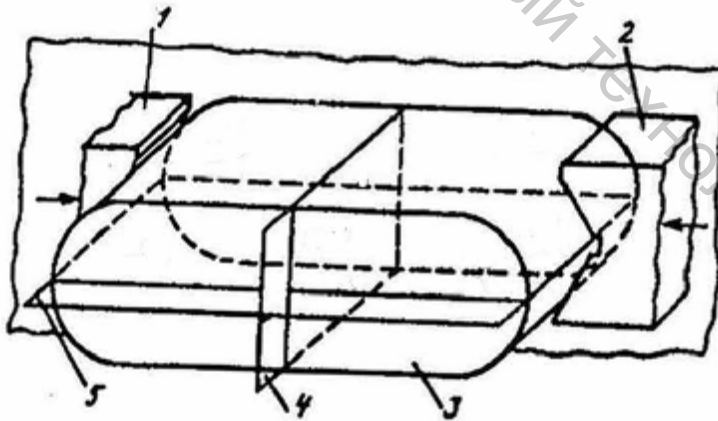


Рис. 1.36. Использование плоскостей симметрии в качестве скрытых баз при установке в самоцентрирующем приспособлении

Реальные поверхности, линии и точки их пересечения относятся к *явным базам*. А условные точки, линии и плоскости (например, симметрии) относятся к *скрытым базам*.

На рис. 1.36 приведен пример использования скрытых баз (плоскость симметрии 5 и 4 заготовки 3); подвижная призма 3 позволяет реализовать скрытую базу (плоскость симметрии 6).

Для сохранения полученного при базировании относительного положения заготовки под действием нагрузок, возникающих во время ее обработки, необходимо *силовое замыкание*. Силы (моменты сил), создающие силовое замыкание, должны быть больше сил (моментов), стремящихся нарушить относительное положение заготовки, которое было получено при базировании. Для создания силового замыкания используются: 1) упругие деформации отдельных деталей или механизмов станочного приспособления; 2) силы трения; 3) сила тяжести; 4) давление жидкости или газа; 5) магнитные и электромагнитные силы; 6) сочетание различных сил.

1.19. Количественные характеристики технологичности конструкции детали

Определение технологичности детали, сборочной единицы и машины регламентируются согласно ГОСТ14.205-83. Различают количественные и качественные показатели производственной технологичности *конструкции детали*. К основным количественным показателям технологичности относятся:

- 1) трудоемкость изготовления детали T_i (нормо-час, мин);
- 2) технологическая себестоимость C_i (руб).

К дополнительным количественным показателям относятся:

1. Коэффициент унификации конструктивных элементов $K_{y.э.}$:

$$K_{y.э.} = \frac{Q_{y.p.}}{Q_p},$$

где $Q_{y.э.}$ и Q_p – соответственно число унифицированных функциональных модулей (ФМ) и общее число ФМ детали, шт.; (ФМ – называют группу сопряженных поверхностей, выполняющих совместно хотя бы одну функцию).

2. Коэффициент применяемости стандартизированных обрабатываемых поверхностей $K_{ф.с.}$:

$$K_{ф.с.} = \frac{D_{o.c.}}{D_{p.o.}},$$

где $D_{o.c.}$ и $D_{p.o.}$ – соответственно число поверхностей детали, обрабатываемых стандартным инструментом, и всех подвергаемых механической обработке поверхностей, шт.

3. Коэффициент обработки поверхностей $K_{p.o.}$:

$$K_{p.o.} = \frac{D_{p.o.}}{D_p},$$

где D_p – общее число поверхностей детали, шт.

4. Коэффициент использования материала $K_{и.м.}$:

$$K_{и.м.} = \frac{M_{дет}}{M_{заг}},$$

где $M_{дет}$ и $M_{заг}$ – соответственно масса детали и заготовки, кг.

5. Максимальное значение качества точности обработки IT.

6. Максимальное значение параметра шероховатости обрабатываемых поверхностей Ra.

7. Коэффициент применения типовых технологических процессов при изготовлении данной детали (процессы получения заготовки, механической, термической и др. обработки) $K_{m.n.}$:

$$K_{m.n.} = \frac{Q_{m.n.}}{Q_n},$$

где $Q_{m.n.}$ и Q_n – соответственно число типовых и общее число технологических процессов для изготовления детали, шт.

Такие показатели как T_i C_i $K_{ф.с.}$ $K_{и.м.}$ нельзя оценить на предварительном этапе проектирования. Их расчет можно произвести только перед завершающим этапом. Поэтому анализ технологичности детали осуществляется на протяжении всего цикла проектирования технологии.

1.20. Качественные характеристики технологичности конструкции детали

Для оценки технологичности детали по качественным показателям необходимо проанализировать конструкцию детали по ряду приведенных ниже критериев.

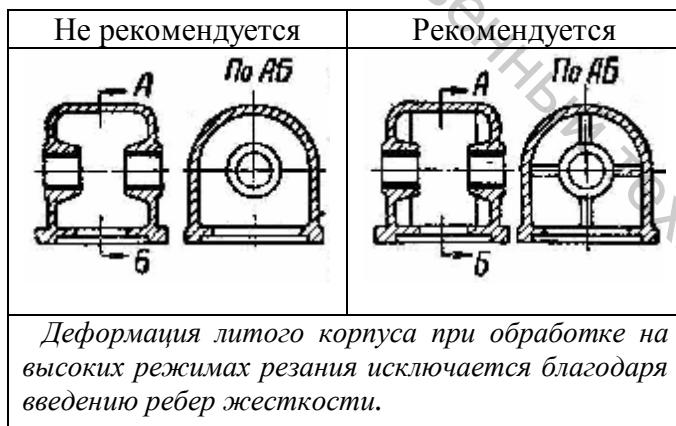


Рис. 1.37. Жесткость

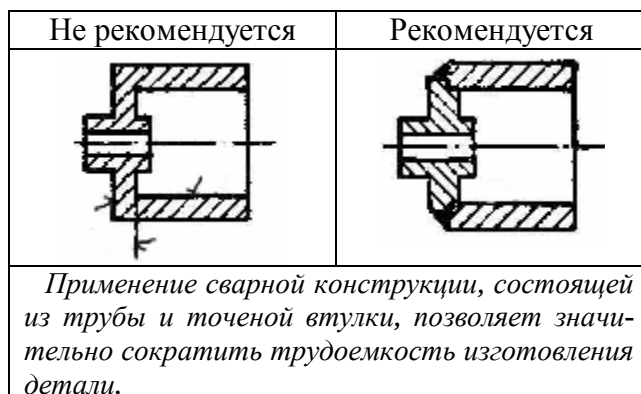


Рис. 1.38. Сварная конструкция

Для оценки технологичности формы детали оценивают:

1. Надлежащую жесткость детали и удобство ее установки на станке для обработки.

2. Возможность расчленения труднообрабатываемой детали сложной конфигурации на ряд простых по конфигурации деталей, соединяемых сваркой, запрессовкой и другими способами.

3. Возможность переноса отдельных трудноизготавливаемых конструктивных элементов детали и их функций на сопряженные детали.

4. Возможность одновременной обработки нескольких деталей.

5. Наличие четкого разграничения обрабатываемых поверхностей от необрабатываемых.

6. Наличие четкого разграничения поверхностей, обрабатываемых на различных операциях.

7. Возможность обработки на проход.

8. Доступность ко всем элементам детали для обработки и измерения.

9. Удобство врезания и выхода режущего инструмента.

10. Равномерность и безударность съема материала на обрабатываемых поверхностях.

11. Возможность упрощения формы механически обрабатываемых фасонных поверхностей (если такие имеются).

12. Расположение обрабатываемых плоских поверхностей деталей на одном уровне, параллельно или перпендикулярно одна другой.

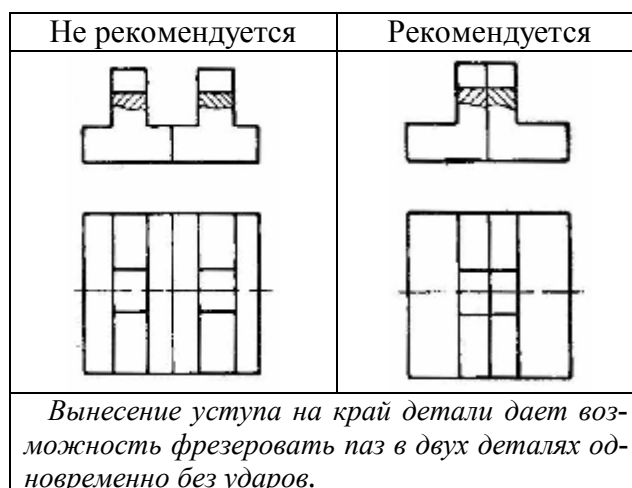


Рис. 1.39. Вынесение уступа

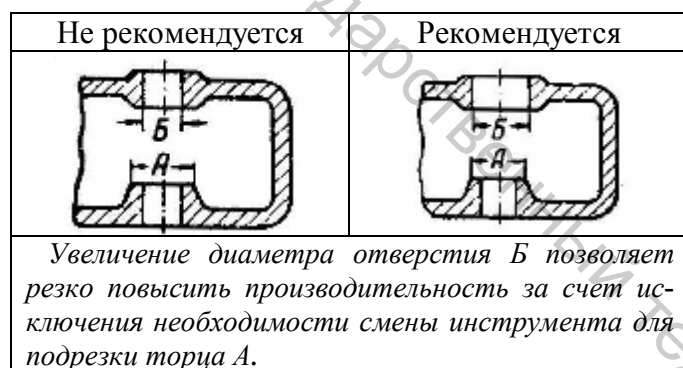


Рис. 1.40. Смена инструмента

13. Наличие круглых бобышек в деталях не являющихся телами вращения.

14. Наличие глухих глубоких отверстий.

15. Наличие ступенчатых, резьбовых, фасонных и конических отверстий большого диаметра.

16. Расположение соосных цилиндрических отверстий.

17. Расположение отверстий с

учетом удобства многошпиндельной обработки, а также обработки на агрегатных станках.

Если при оценке формы детали обнаруживаются источники повышения технологичности, то технолог должен предложить конструктору вариант повышения технологичности конструкции. Примеры повышения технологичности формы по качественным показателям показаны на рисунках 1.37...1.42.

По показателю технологичности отливок оценивается:

1) возможность плоского разреза;

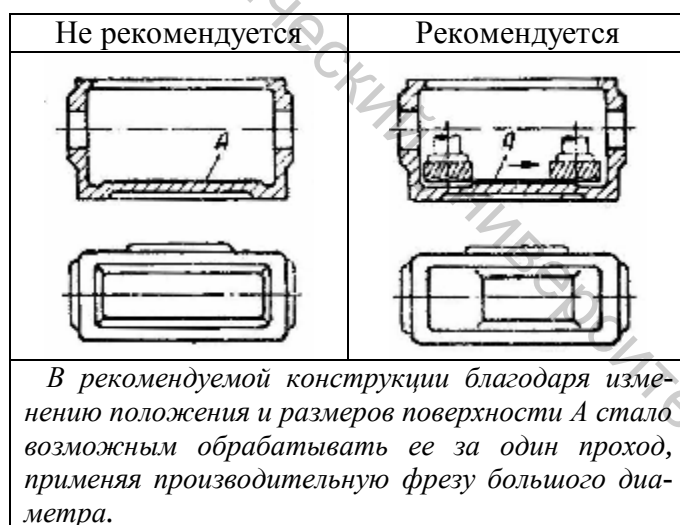


Рис. 1.41. Изменение размеров

2) необходимость применения специальных модельных плит с врезными моделями;

3) возможность беспрепятственного извлечения модели из формы;

4) возможность выполнения внешнего контура без стержней;

5) наличие наружных приливов под отверстия более 30 мм;

6) наличие нескольких близко расположенных бобышек или приливов;

7) оформление бобышек, приливов и фланцев;

8) наличие участков детали с двусторонней механической обработкой.

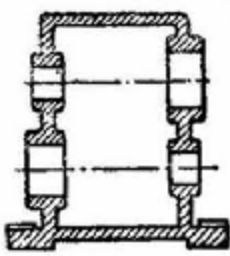
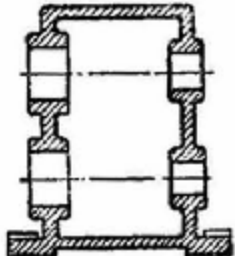
Не рекомендуется	Рекомендуется
	
<i>Чтобы обрабатывать соосные цилиндрические отверстия с одной стороны детали, целесообразно иметь убывающие в одном направлении диаметры. Если же невозможно уменьшить диаметры в одном направлении, нужно предусматривать уменьшение диаметров с обеих сторон по направлению к средней части детали.</i>	

Рис. 1.42. Односторонняя обработка

1.21. Порядок проектирования технологических процессов

Общие положения. Проектирование технологических процессов (ТП) в машиностроении преследует одну из следующих целей:

1) подготовка производства новой машины в рамках заданной (действующей) производственной системы;

2) совершенствование технологического процесса изготовления данной машины или ее типовых элементов в рамках действующей системы;

3) технологическое обоснование технического предложения на производственную систему или ее элементы (механо-сборочный цех или его отделение, автоматическая линия, агрегатный станок и т.д.).

Методы, средства и результаты достижения указанных целей зависят от типа производства.

Подготовка производства деталей новой машины состоит из следующих этапов: 1) анализ исходных данных; 2) разработка технологических процессов изготовления деталей; 3) обоснование выбора технологического оборудования; 4) проектирование специального инструмента и оснастки; 5) изготовление специального инструмента и оснастки; 6) внедрение технологического процесса. В обязанности технологов входит выполнение 1-го, 2-го, 3-го и 6-го этапов. Кроме того, технологи разрабатывают технические предложения для 4-го этапа и осуществляют инженерное сопровождение 5-го.

Исходные данные и материалы, необходимые для качественной разработки технологических процессов изготовления деталей машин, можно по характеру их использования разделить на четыре вида: перспективные, основные, руководящие и вспомогательные. К *перспективным материалам* относятся данные о типовой производственной программе завода или цеха, желательно на достаточно длительный период времени (не менее пяти лет). Это укрупненные дан-

ные: об ассортименте и номенклатуре выпускаемых машин; о машинах, конструкция которых подлежит модернизации; о машинах, подлежащих освоению; о номенклатуре запасных частей; об элементах машин, приобретаемых по кооперации. Целью технологического анализа типовой производственной программы является: выявление унифицированных, нормализованных и стандартных элементов машин и их количеств, подлежащих изготовлению; установление объемов групповой обработки; разработка перспективного плана применения новых технологических процессов механической обработки; составление проектных заданий на разработку устройств для механизации и автоматизации групповых и типовых операций, обработки и контроля.

К *основным материалам* для проектирования технологических процессов механической обработки относятся: 1) производственное задание на год с указанием ассортимента и номенклатуры деталей, подлежащих изготовлению, с разбивкой по месяцам; 2) чертежи сборочных единиц; спецификации и рабочие чертежи деталей; 3) паспортные данные об оборудовании для механической обработки, которое имеется на предприятии.

К *руководящим материалам* для проектирования технологических процессов относятся государственные стандарты, отраслевые и заводские нормы на материалы, инструменты, приспособления и технологическое оборудование, технологические нормы, режимы и нормативы, типовые технологические процессы и производственные инструкции. *Вспомогательными материалами* являются справочники, альбомы применяемого технологического оснащения по аналогичным или родственным машинам, отчеты научно-исследовательских институтов и лабораторий.

Методика типового проектирования ТП обработки деталей. Типовое проектирование ТП обработки деталей нашло широкое применение в условиях технологической подготовки мелкосерийного и серийного производства. Структурная схема такого процесса проектирования показана на рис. 1.43. Согласно этой схеме процесс проектирования состоит из трех процедур (Пр).

Процедура 1. По рабочему чертежу детали, технологический процесс изготовления которой необходимо спроектировать, из массива типовых деталей вы-

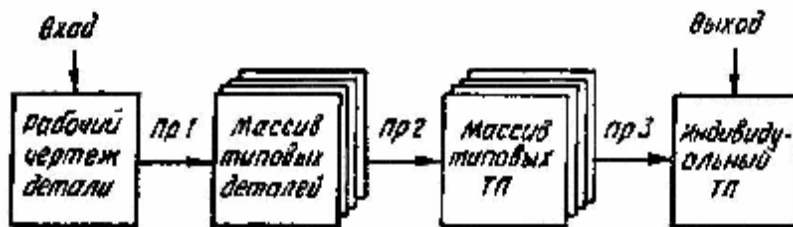


Рис. 1.43. Структурная схема типового проектирования технологических процессов обработки заготовок деталей машин (Пр_i—i-я процедура проектирования)

бирается подходящая типовая деталь.

Критериями сравнения при выборе являются: конфигурация детали (состав типовых поверхностей и их взаимное расположение), ее габаритные размеры, материал и параметры качества (твердость, качество точности и параметр шероховатости)

При этом должны соблюдаться следующие условия:

1) мощность множества типовых элементов формы (типовых поверхностей или функциональных модулей) детали, для изготовления которой разрабатывается ТП, должна быть меньше мощности соответствующего множества у типовой детали. Это значит, что данная деталь не должна содержать типовых элементов формы, которых нет в типовой детали;

2) мощность множества видов взаимного расположения типовых элементов формы детали, для которой разрабатывается ТП, должна быть меньше соответствующего множества у типовой детали; например, на данной детали типа ступенчатый вал не должно быть отверстий, параллельных или перпендикулярных главной оси вала, если таких отверстий нет у типовой детали;

3) деталь, для которой проектируется ТП, должна относиться к той же размерной группе (мелкие, небольшие, средние, крупные), что и типовая деталь;

4) материал детали, для изготовления которой проектируется ТП, должен быть одним из элементов множества возможных материалов типовой детали;

5) твердость детали, для которой проектируется ТП, не должна быть большей, чем твердость типовой детали. Если на типовой детали не предусмотрена полная или частичная химико-термическая обработка и нанесение покрытия, то на данной детали эти показатели также должны отсутствовать;

6) параметры качества (калитет точности размеров, допуски относительного расположения, степень точности формы, параметр шероховатости) типовых элементов детали, для которой проектируется ТП, должны быть больше или равны соответствующим параметрам качества типовой детали.

Процедура 2. По коду выбранной типовой детали подбирается код типового технологического процесса ее изготовления. Типовой технологический процесс представляет собой упорядоченный (по последовательности выполнения) набор описаний технологических операций и их элементов (переходов), необходимый и достаточный для изготовления типовой детали. Каждой операции и переходу соответствует набор логических условий назначения. Эти условия можно разбить на две группы. К первой относятся конструктивные условия, отражающие специфику формы, материала и качества детали. Ко второй группе условий относятся размер партии и годовой выпуск деталей, для обработки которых проектируется ТП.

Процедура 3. «Доработка» типового ТП, которая заключается:

1) в назначении операций и переходов, необходимых и достаточных для изготовления данной конкретной детали, путем сопоставления ее структуры и параметров с логическими условиями назначения, которые соответствуют операциям и переходам типового ТП;

2) в назначении типов и параметров оборудования, оснастки и инструментов, которые выбираются их множества, предусмотренного в типовом ТП;

3) в назначении параметров режимов обработки и нормировании операций согласно таблицам, приведенным в типовом ТП;

4) в оформлении технологической документации согласно ГОСТ.

К достоинствам метода типового проектирования можно отнести:

1) повышение производительности труда технолога, что приводит к сокращению сроков технологической подготовки производства;

2) повышение степени надежности процесса проектирования ТП, так как вероятность допущения ошибок даже технологом относительно низкой квалификации весьма невелика;

3) повышение уровня технологичности деталей, так как их классификация обязательно сопровождается унификацией и нормализацией функциональных элементов деталей;

4) повышение уровня качества технологической подготовки, так как разработка типовых технологических процессов предусматривает анализ и обобщение передового опыта предприятий отрасли, что способствует внедрению прогрессивных апробированных методов обработки и использованию переналаживаемой (обратимой) оснастки. Кроме того, данный метод проектирования сравнительно просто автоматизировать с помощью ЭВМ.

К недостаткам метода типового проектирования следует отнести:

1) сложность и трудоемкость его подготовки, т. е. разработки массивов типовых деталей и типовых технологических процессов;

2) технолог, использующий только данный метод проектирования, практически лишается условий для повышения уровня квалификации.

Подготовка метода типового проектирования осуществляется обычно высококвалифицированным технологом и начинается с разработки классификатора типовых деталей. Выделение типовых деталей лучше всего осуществлять, пользуясь иллюстрированным определителем деталей общемашиностроительного применения и конструкторским архивом предприятия. Детали, отнесенные к одному типу должны быть технологически подобными, то есть их различия в структуре, параметрах и свойствах не должны превышать некоторых допустимых величин и позволять изготовить эти детали в рамках одного типового технологического процесса.

Желательно, чтобы "допуск" на различие между типовыми деталями был оптимальный, так как его расширение усложняет выполнение процедуры 3, и его сужение раздувает объем массивов типовых деталей и типовых технологических процессов.

Типовой технологический процесс разрабатывается для типовой детали и затем проверяется на реальных деталях, изготавливаемых ранее на предприятии.

Методика индивидуального проектирования технологических процессов обработки заготовок. В условиях серийного, крупносерийного и массового производства или при проектировании технологических процессов изготовления оригинальных деталей использование методики типового проектирования становится неэффективным. В таких случаях следует использовать методику индивидуального проектирования, которая отличается от типового проектирования технологического процесса, прежде всего, характером выбираемых типовых решений и наличием процедуры синтеза. Кроме того, она базируется на постоянном наращивании информации в процессе решения технологических задач на разных уровнях иерархии, т. е. последовательность решения частных задач проектирования определяется наличием необходимой информации. Гене-

рируемая в процессе проектирования новая информация является основой для решения последующих более емких и сложных задач.

Технологическое проектирование процесса изготовления детали можно разделить на три группы задач, связанных с обеспечением:

- 1) заданной формы, размеров и шероховатости отдельных поверхностей;
- 2) заданного взаимного расположения поверхностей детали;
- 3) высокой экономической эффективности процесса обработки.

Первая группа требований обеспечивается, в основном, правильным выбором метода обработки, инструмента, вида размерной настройки и режимов резания, а также числом ступеней обработки поверхностей. Вторая группа требований обеспечивается точностью базирования и закрепления заготовки, точностью позиционирования узлов станка и индексации приспособлений. Третья группа требований определяется правильным выбором временной структуры операций и оптимизацией режимов обработки.

Для решения этих задач необходима информация. Часть этой информации содержится в исходных данных. Это сведения о структуре и параметрах детали, производственной программе, возможностях заготовительного, термического и механического цехов. Другая часть информации, необходимой для решения технологических задач, генерируется в процессе проектирования. Эта часть информации является как бы промежуточной и в готовом технологическом процессе может отсутствовать в явном виде.

В соответствии с системным подходом сложный процесс индивидуального проектирования ТП необходимо разделить на ряд иерархически соподчиненных подсистем так, чтобы уровень иерархии подсистемы проектирования определялся объемом информации, необходимой и достаточной для решения отнесенных к ней технологических задач. Поэтому вначале должны решаться только те задачи, информация для которых содержится в исходных данных. Кроме того, чтобы ослабить влияние ранее принятых решений на результаты последующих, необходимо при проектировании технологического процесса использовать принцип свободы выбора решений, который заключается в несколько неполной конкретизации промежуточных решений, т.е. в выборе не одного лучшего варианта, а некоторой их совокупности близкой к оптимуму.

Поэтому процесс индивидуального проектирования технологического процесса изготовления детали делится на следующие этапы и процедуры.

Э т а п 1 (подготовительный)

Пр.1 – Анализ конструкторской информации.

Пр.2 – Определение типа производства.

Пр.3 – Выбор метода получения заготовки.

Э т а п 2 (синтетический)

Пр.4 – Синтез вариантов маршрута обработки типовых компонентов заготовки детали и распределение полученного набора переходов по этапам типовой схемы обработки.

Пр.5 – Назначение комплектов технологических баз и порядка выполнения переходов на каждом этапе типовой схемы обработки.

Пр.6 – Предварительное формирование операций и синтез маршрута обработки детали.

Пр.7 – Синтез структуры операции. Окончательный выбор оборудования и оснастки.

Э т а п 3 (аналитический)

Пр.8 – Размерный анализ технологического процесса.

Пр.9 – Оптимизация режимов резания.

Пр.10 – Нормирование и определение экономических характеристик спроектированного технологического процесса.

Э т а п 4 (заключительный)

Пр. 11 – Оформление технологической документации.

1.22. Методы назначения показателей режима резания

При выборе режимов резания следует придерживаться определенного порядка. Сначала устанавливают глубину резания t , мм. Если припуск может быть снят в один рабочий ход, глубина резания равна припуску на обработку. Глубину резания могут ограничивать недостаточная мощность привода станка, недостаточная жесткость обрабатываемой заготовки, ненадежное закрепление ее на станке и другие факторы. При этих условиях приходится снимать припуск за несколько рабочих проходов с малой глубиной резания. Глубина резания связана и с видом обработки. Например, при плоском шлифовании припуск всегда снимают за несколько рабочих проходов.

После того как установлена глубина резания, выбирают подачу s , мм/об. Подачу определяют исходя из возможностей станка и характера установки заготовки на станке. Лишь в чистовых и особенно в отделочных операциях основное влияние на выбор размера подачи оказывают технологические факторы, а именно: точность и шероховатость поверхности. Числовое значение подачи должно быть согласовано с паспортными данными станка.

Установив t и s можно пользуясь формулами, приведенными в теории резания металлов, определить скорость резания v , м/мин. Для того чтобы найти экономичное значение скорости резания при установленной глубине резания и подаче, пользуются следующей формулой:

$$v = \frac{C_v}{T_s^m t^x s^y},$$

где C_v — параметр, зависящий от обрабатываемого материала, материала режущего инструмента, его геометрии, размеров, условий резания (охлаждения) и др.; для резцов из твердого сплава Т15К6 C_v для чугуна равно 0,88, для стали (закаленной) — 0,94; x и y — показатели степеней, различные для разных обрабатываемых материалов, материала режущего инструмента и условий обработки (например, при обработке заготовок из стали с $\sigma_b=750$ МПа резцом из Т15К6 — $x=0,18$; $y=0,35$); T_s — экономическая стойкость, которая определяется по формуле $T_s = (1/m - 1) \cdot (t_c + Z_u / E)$; m — показатель степени, который в зави-

симости от материала заготовки и инструмента, а также от вида обработки принимает значения от 0,125 до 0,42; Z_u – затраты на эксплуатацию инструмента за период его стойкости; E – затраты за одну минуту эксплуатации рабочего места; t_c – время смены затупившегося инструмента.

При выборе режимов резания на *многоинструментных станках* принцип расчета сохраняется, но сам расчет затруднен тем, что общее машинное время при строгом соблюдении порядка назначения параметров режима резания может оказаться излишне большим. Это может иметь место, если нагрузка по времени на один какой-либо инструмент окажется слишком большой по сравнению со всеми инструментами, вследствие чего операцию нельзя закончить до тех пор, пока все инструменты, участвующие в ней, не закончат обработку. Назначение режимов резания в этом случае ведут по «лимитирующему» наиболее нагруженному инструменту.

При многоинструментных наладках следует принимать стойкость инструментов $T = 4...7$ ч, т. е. из расчета замены инструментов не чаще 1...2-х раз в смену. Чтобы обеспечить равномерную стойкость всех инструментов в наладке при значительной разнице диаметров обрабатываемых поверхностей, твердосплавные инструменты назначают только для обработки поверхностей больших диаметров, а для обработки поверхностей малых диаметров применяют инструменты из быстрорежущей стали. При недостаточной жесткости технологической системы и большом количестве одновременно работающих резцов значения параметров режимов резания снижаются.

1.23. Технические нормы времени

Технические нормы времени (в условиях массового и серийного производств) устанавливаются расчетно-аналитическим методом. В серийном производстве определяется норма штучно-калькуляционного времени $t_{ш-к}$:

$$t_{ш-к} = \frac{t_{n-3}}{n} + t_{шт},$$

в массовом производстве определяется норма штучного времени $t_{шт}$:

$$t_{шт} = \tau_o + \tau_{\theta} + \tau_{об} + \tau_{от},$$

где τ_{n-3} — подготовительно-заключительное время, мин; n — количество деталей в настроечной партии, шт.; τ_o — основное время, мин; τ_{θ} — вспомогательное время, мин. Вспомогательное время состоит из затрат времени на отдельные приемы: $\tau_{\theta} = \tau_{у.с.} + \tau_{з.о.} + \tau_{уп.} + \tau_{из.}$; $\tau_{у.с.}$ — время на установку и снятие детали, мин; $\tau_{з.о.}$ — время на закрепление и открепление детали, мин; $\tau_{уп.}$ — время на приемы управления, мин; $\tau_{из.}$ — время на измерение детали, мин; $\tau_{об.}$ — время на обслуживание рабочего места, мин. Время на обслуживание рабочего места $\tau_{об.}$ в массовом производстве и при шлифовании в серийном производстве складывается из времени на организационное обслуживание $\tau_{орг}$ и времени на техническое обслуживание рабочего места $\tau_{тех}$: $\tau_{об} = \tau_{тех} + \tau_{орг}$; $\tau_{от}$ — время перерывов на отдых и личные надобности, мин.

Основное время τ_o вычисляется на основании принятых режимов резания по формулам в зависимости от длины рабочего хода, подачи, частоты вращения заготовки. В общем случае для определения τ_o можно записать формулу

$$\tau_o = L_{\text{рх}} / (\text{скорость подачи}).$$

В массовом производстве время на техническое обслуживание рабочего места τ_{tex} определяется по следующим формулам:

$$\text{для токарных, фрезерных и сверлильных операций } \tau_{\text{tex}} = \tau_o * \tau_{\text{см}} / T;$$

$$\text{для шлифовальных операций } \tau_{\text{tex}} = \tau_o * \tau_n / T;$$

$$\text{для остальных операций } \tau_{\text{tex}} = \tau_o * P_{\text{tex}} / T,$$

где τ_o – основное время, мин; $\tau_{\text{см}}$ – время на смену инструментов и подналадку станка, мин; τ_n – время на одну правку шлифовального круга, мин; P_{tex} – затраты на техническое обслуживание рабочего места в процентах от основного; T – период стойкости при работе одним инструментом или расчетный период стойкости лимитирующего инструмента при многоинструментной обработке, мин.

Время на организационное обслуживание рабочего места $\tau_{\text{орг}}$ в массовом производстве для всех операций определяется в процентах от оперативного времени.

В серийном производстве для всех остальных операций $\tau_{\text{об}}$ и $\tau_{\text{от}}$ по отдельности не определяются. В нормативах дается сумма этих двух составляющих в процентах от оперативного времени.

Оперативное время $\tau_{\text{оп}} = \tau_{\text{об}} + \tau_{\text{от}}$, а общее время на обслуживание рабочего места и отдых в серийном производстве

$$\tau_{\text{об.от}} = \tau_{\text{оп}} * P_{\text{об.от}} / 100.$$

Время перерывов на отдых и личные надобности при нормировании работ в массовом производстве $\tau_{\text{от}} = \tau_o * P_{\text{от}} / 100$, где $P_{\text{от}}$ – затраты времени на отдых в процентном отношении к оперативному.

Приведенные выше формулы для определения штучного и штучно-калькуляционного времени можно представить в виде

$$\tau_{\text{шт}} = \tau_o + \tau_{\text{у.с}} + \tau_{\text{з.о}} + \tau_{\text{уп}} + \tau_{\text{уз}} + \tau_{\text{tex}} + \tau_{\text{орг}} + \tau_{\text{от}},$$

в серийном производстве для всех операций, кроме шлифовальных

$$\tau_{\text{ш-к}} = \tau_{\text{н-з}} / n + \tau_o + (\tau_{\text{у.с}} + \tau_{\text{з.о}} + \tau_{\text{уп}} + \tau_{\text{уз}})k + \tau_{\text{об.от}},$$

для шлифовальных операций

$$\tau_{\text{ш-к}} = \tau_{\text{н-з}} / n + \tau_o + (\tau_{\text{у.с}} + \tau_{\text{з.о}} + \tau_{\text{уп}} + \tau_{\text{уз}})k + \tau_{\text{tex}} + \tau_{\text{орг}} + \tau_{\text{от}},$$

1.24. Эффективность технологических процессов

Для сравнения вариантов технологического процесса (или его элементов) между собой по степени предпочтительности следует использовать понятие «эффективность» — отнесенный к затратам ресурсов результат деятельности

технической системы на определенном интервале времени. Результат деятельности в данном случае заключается в изготовлении конкретных машин (их деталей) в заданном количестве, в соответствии с требуемым уровнем качества и с определенными затратами ресурсов.

Различают два класса показателей (критериев) эффективности: технические и экономические, которые могут быть абсолютными и относительными. В курсе «Основы технологии машиностроения» рассматриваются только технические критерии, оценивающие производительность, и экономические, оценивающие сумму приведенных затрат.

Производительность характеризует объем производства, выполненный за единицу времени. Она относится либо к переходу (элементарному, инструментальному или блочному), либо к операции. Определяющее влияние на производительность перехода $Q_{\text{прх}}$ оказывает производительность формообразования поверхности, или, другими словами, *технологическая производительность* Q_T , которая характеризует скорость генерирования (образования) обрабатываемой поверхности:

$$Q_T = F/\tau_o \text{ (см}^2\text{/мин),}$$

где F — площадь (либо проекция площади на плоскость или цилиндр) обработанной на данном переходе поверхности; τ_o — основное время обработки.

На выполнение перехода затрачивается основное время τ_o , время на вспомогательные перемещения $\tau_{\text{в.н}}$, время на манипуляции, связанные с переходом $\tau_{\text{прх}}$, а иногда и время на индивидуальную размерную настройку $\tau_{\text{р.н}}$. Тогда

$$Q_{\text{прх}} = 1/(t_o + t_{\text{в.н}} + t_{\text{прх}} + t_{\text{р.н}}) \text{ (мин}^{-1}\text{)}.$$

Если обозначить время потерь на переходе $t_{\text{н.н}} = t_{\text{в.н}} + t_{\text{прх}} + t_{\text{р.н}}$, то

$$Q_{\text{прх}} = Q_T / (F + Q_T t_{\text{н.н}}).$$

Производительность однопереходной операции определяется формулой

$$Q_{\text{одн}} = 1/(t_o + t_{\text{в1}} + t_{\text{в2}}),$$

где $\tau_{\text{в1}}$ — вспомогательное время, зависящее от режима резания (смена инструмента и размерная настройка); $\tau_{\text{в2}}$ — вспомогательное время, не зависящее от него.

Используя формулу $N_T = T/\tau_o$, где N_T — количество заготовок, обработанных за период стойкости, получим

$$Q_{\text{одн}} = Q_T / (F(1 + (t_{\text{с.и}} + t_{\text{р.н}})/T) + Q_T t_{\text{в2}}),$$

где $\tau_{\text{с.и.}}$ — время смены инструмента; $\tau_{\text{р.н.}}$ — время размерной настройки.

При увеличении интенсивности формообразования поверхности производительность перехода возрастает, но не может стать больше $t_{\text{н.н}}^{-1}$.

Относительным техническим критерием будет *индекс производительности* $I_{\text{пр}}$, который представляет собой отношение производительности Q_a альтерна-

тивного процесса формообразования (перехода или операции) к производительности $Q_б$ базового, т. е.

$$I_{np} = Q_a / Q_б.$$

Технологическая производительность способа формообразования зависит от режимов резания. Так, при однократном точении и растачивании цилиндрической поверхности, при сверлении, зенкеровании и развертывании

$$Q_T = 1000vsL/L_{p.x},$$

где v — скорость резания; s — подача; L — длина обработанной поверхности; $L_{p.x}$ — длина рабочего хода.

А при однократном фрезеровании плоскости

$$Q_T = 1000vs_z LB/(t'' L_{p.x}),$$

где B — ширина заготовки; s_z — подача на один зуб фрезы; t'' — шаг зубьев фрезы. Длина рабочего хода больше длины обработанной поверхности на величину врезания $L_{вр}$ и перебега $L_{пб}$.

Показателем (критерием) экономической эффективности технологического процесса принято считать сумму *приведенных затрат* W_i на его реализацию:

$$W_i = C_i + E_{норм} K_i,$$

где C_i — себестоимость годового выпуска продукции по i -му варианту технологического процесса; K_i — капитальные затраты (вложения) по i -му варианту; $E_{норм}$ — нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности, $E_{норм} = 1/T_{норм}$; $T_{норм}$ — нормативный срок окупаемости дополнительных капитальных затрат (принимается $E_{норм} = 0,12$).

Себестоимость

$$C_i = (M + 3П + A + P + И + Э + Пл)_i,$$

где M — стоимость основных и вспомогательных материалов; $3П$ — заработная плата основных и вспомогательных рабочих; A — амортизационные отчисления от технологического оборудования и приспособлений; P — затраты на ремонт оборудования и управляющих устройств; $И$ — затраты на режущий инструмент; $Э$ — затраты на энергию для технологических целей; $Пл$ — затраты на амортизацию и содержание производственных площадей.

Критерий W_i может быть определен в условиях массового производства. В условиях серийного производства удобно пользоваться в качестве экономического критерия эффективности *приведенными затратами* $З$ на выполнение операции (или перехода):

$$З = E\tau_{шк} + З_{ин}/N_T \text{ (р/шт.)},$$

где E — затраты на эксплуатацию рабочего места за 1 мин; $\tau_{шк}$ — штучно-калькуляционное время; $З_{ин}$ — затраты на эксплуатацию инструмента (группы инструментов) за период его стойкости; N_T — количество заготовок, обработанных за период стойкости.

Относительным экономическим критерием будет *индекс эффективности* $I_{эф}$, который представляет собой отношение затрат на реализацию базового ($З_б$) и альтернативного ($З_a$) переходов (или операций): $I_{эф} = З_б/З_a$.

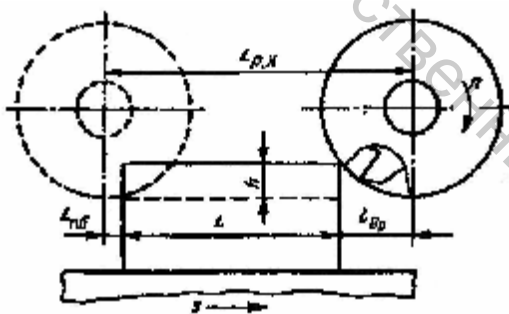
На этапе проектирования эффективность технологического процесса достигается его оптимизацией, под которой понимается комплекс решений, обеспечивающих минимальное значение экономического критерия и вместе с тем соблюдение системы ограничений. Система ограничений отражает требования к качеству продукции, технологическим возможностям оборудования, приспособлений и инструмента, организационно-техническим возможностям данного производства, производительности, диктуемой планом.

1.25. Пути сокращения основного и вспомогательного времени

Выделяют три пути сокращения основного времени:

- 1) изменение режимов резания;
- 3) изменением конструкции инструмента;
- 2) изменение структуры операции путем концентрации обработки.

Так, например, рассмотрим модель затрат основного времени для фрезерования паза (рис. 1.44). Длина рабочего хода $L_{рх}$, согласно схеме, равна длине врезания $L_{вр}$, длине перебега $L_{пб}$ и длине детали L . Длина врезания по теореме



Пифагора для прямоугольного треугольника

$$R^2 = L_1^2 + (R-h)^2,$$

где R – радиус фрезы.

Откуда

$$L_{вр} = \sqrt{(2Rh - h^2)}.$$

Длина перебега принимается равной 1-2 мм.

Минутная подача

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n_{\phi},$$

где S_z – подача на зуб, z – число зубьев

фрезы, n_{ϕ} – частота вращения фрезы.

Частота вращения обусловлена скоростью резания v

$$n_{\phi} = \frac{1000 \cdot v}{2\pi R}.$$

Так как $\tau_o = L_{рх} / (\text{скорость подачи})$, то окончательно можно записать

$$t_o = \frac{p \cdot R \cdot (L + \sqrt{(2Rh - h^2)} + 1..2)}{500 \cdot v \cdot S_z \cdot z}.$$

Очевидно, что при увеличении скорости резания, подачи и числа зубьев фрезы основное время уменьшится.

Изменение структуры операции путем концентрации обработки может быть организована, например, изменением конструкции инструмента (комбинированное сверло, зенкер, развертка), либо применением блочных переходов (рис. 1.45).

Последовательное совмещение переходов достаточно эффективно только тогда, когда время на установку заготовки существенно (в 2...4 раза) превышает затраты времени на выполнение одного инструментального перехода.

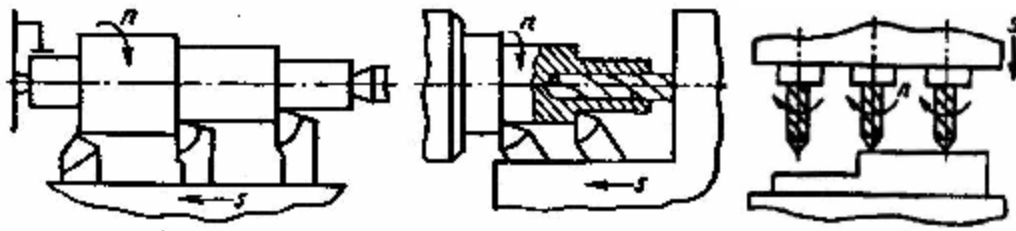


Рис. 1.45. Схемы блочных переходов

Последовательное совмещение заготовок (рис. 1.46) достаточно эффективно, когда длина резания $L_{вр}$ намного больше длины детали L . Зазоры между заготовками $L_{зз}$ сильно снижают эффективность последовательного совмещения. Значительно снижает эффективность последовательного совмещения заготовок увеличение относительной длительности установки и холостых перемещений.

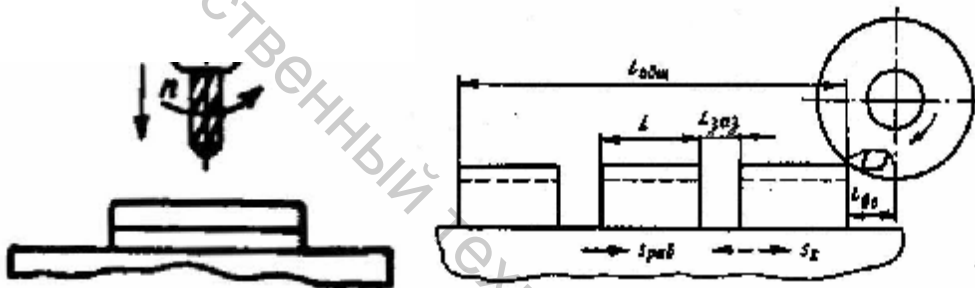


Рис. 1.46. Последовательное совмещение заготовок

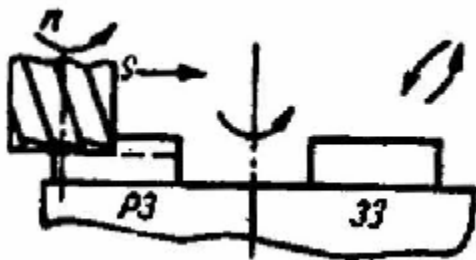


Рис. 1.47. Схема двухзонной периодической операции

Вспомогательное время (см. структуру вспомогательного времени) значительно сокращается при применении приспособлений, а также использовании в приспособлениях быстродействующих зажимных устройств ($\tau_{у.с}$, $\tau_{з.о}$), применение автоматических средств контроля ($\tau_{из}$).

Также на вспомогательное время значительное влияние оказывает временная структура операции, а именно характер совмещения вспомогательных и инструментальных переходов (рис. 1.47).

2. ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

2.1. Материалы заготовок

Наибольшее распространение в машиностроении в качестве материалов заготовок получили литейные сплавы. Сплавы в зависимости от химического состава отличаются друг от друга температурой плавления, химической активностью, вязкостью в расплавленном состоянии, прочностью, пластичностью и другими свойствами. Для производства фасонных отливок применяют серые высокопрочные, ковкие и другие чугуны; углеродистые и легированные стали, сплавы алюминия, магния, меди, титана и др.

Серый чугун (состав в %: 2,8–3,5 C; 1,8–2,5 Si; 0,5–0,8 Mn; до 0,6 P и до 0,12 S) имеет достаточно высокую прочность, высокую циклическую вязкость, легко обрабатывается и дешев. Недостатком серого чугуна является низкая ударная вязкость и хрупкость. Из серого чугуна изготавливают станины станков, корпуса и крышки редукторов, шкивы и другие отливки.

Высокопрочный чугун (состав в %. 3,2–3,6 C; 1,6–2,9 Si; 0,4–0,9 Mn не более 0,15 P; не более 0,02 S; не менее 0,04 Mg) обладает высокой прочностью, пластичностью, хорошо обрабатывается. Высокие механические свойства этих чугунов получают обработкой расплавленного чугуна магнием или церием, при которой графит принимает шаровидную форму. Из высокопрочного чугуна получают ответственные тяжелонагруженные детали: коленчатые валы, барабаны шахтных вагонеток, шатуны и др.

Ковкий чугун (состав в %: 2,4–2,8 C; 0,8–1,4 Si; менее 1 Mn; не менее 0,2 P; не менее 0,1 S) по прочности превосходит серые чугуны и имеет высокую пластичность. Получают ковкий чугун при отжиге отливок из белого чугуна (в белом чугуне углерод почти полностью находится в связанном состоянии в виде Fe-C в течение 30–60 ч при температуре 900–1050 °C. При отжиге образуется графит в виде хлопьев. Ковкий чугун используют для производства корпусов пневматического инструмента, ступиц, кронштейнов, звеньев цепей и других деталей.

Углеродистые стали (состав в %: 0,12–0,6 C; 0,2–0,5 Si; 0,5–0,8 Mn; до 0,05 P и до 0,05 S) имеют более высокие механические свойства, чем серый и ковкий чугуны. Структура литой стали состоит из перлита и феррита. Чем больше в ней перлита, тем выше прочность и ниже вязкость. Углеродистые стали применяют для изготовления различных цилиндров, станин прокатных станов, зубчатых колес и других изделий.

Легированные стали отличаются от углеродистых составом легирующих, т. е. дополнительно добавленных элементов (хром, никель, молибден, титан и др.) или повышенным содержанием марганца и кремния. Легирующие элементы придают стали высокую коррозионную стойкость, жаропрочность и другие специальные свойства. Из легированных сталей получают турбинные лопатки, коллекторы выхлопных систем, различную арматуру и прочие подобные детали.

Алюминиевые сплавы обладают малой плотностью, высокой прочностью и пластичностью; их легко обрабатывать. Наиболее распространены сплавы алюминия с кремнием (силумины), которые обладают повышенной коррозионной стойкостью, хорошей свариваемостью и другими свойствами. Алюминиевые сплавы применяют при производстве блоков цилиндров, корпусов приборов и инструментов и т. п.

Медные сплавы (бронзы и латуни) имеют сравнительно высокие механические и антифрикционные свойства, высокую коррозионную стойкость, хорошую обрабатываемость. Для изготовления отливок применяют оловянные и безоловянные бронзы и латуни. Безоловянные бронзы используют как заменители оловянных бронз. По механическим, коррозионным и антифрикционным свойствам безоловянные бронзы превосходят оловянистые. Медные сплавы применяют при производстве арматуры, подшипников, гребных винтов, зубчатых колес и др.

Заготовки из металлокерамики изготавливают из порошков, различных металлов или из смеси их с неметаллическими порошками, например, графита, кремнезема, асбеста и др. Этот вид заготовок применяют для производства деталей, которые не могут быть изготовлены другими методами — из тугоплавких элементов (вольфрама, молибдена, магнитных материалов и пр.), из металлов, не образующих сплавов, из материалов, состоящих из смеси металла с неметаллами (медь — графит), и из пористых материалов.

Пластическими массами называют материалы, которые на определенной стадии их производства приобретают пластичность, т. е. способность под воздействием давления принимать соответствующую форму и в дальнейшем сохранять ее. В зависимости от химических свойств исходных смолообразных веществ пластические массы, получаемые на их основе, делят на две основные группы:

1) *термореактивные* пластические массы на основе термореактивных смол, отличающиеся тем, что при действии повышенных температур они претерпевают ряд химических изменений и превращаются в неплавкие и практически нерастворимые продукты;

2) *термопластичные* массы (термопласты), получаемые на основе термопластичных смол и отличающиеся тем, что при нагревании они размягчаются, сохраняя плавкость, растворимость и способность к повторному формованию.

Детали из *слоистых пластиков* широко распространены в машиностроении. Например, текстолитовые зубчатые колеса отличаются от металлических бесшумностью работы и устойчивостью против влияния различных агрессивных сред. В ряде случаев текстолитовые зубчатые колеса почти совсем вытеснили зубчатые колеса из цветных металлов. Их применяют для передачи вращения от электродвигателей в быстроходных металлообрабатывающих станках, устанавливают на распределительных валах двигателей внутреннего сгорания. В химической промышленности текстолитовые зубчатые колеса применяют в различных аппаратах и приборах, где они гораздо лучше, чем зубчатые колеса из бронзы и латуни, сопротивляются различным агрессивным воздействиям. Помимо зубчатых колес из текстолита изготавливают ролики, кольца и т. п.

2.2. Обрабатываемость материалов резанием

Общепринятой количественной характеристикой *обрабатываемости материалов* резанием является скорость резания v_T , соответствующая определенному периоду стойкости инструмента T и другим стандартным условиям испытания (глубина резания, подача, геометрия режущей части инструмента). Обычно эта стойкость, равна 60 мин (v_{60}). Кроме того, часто анализируется возможность получения требуемых параметров шероховатости обработанной поверхности, характер образующейся стружки (степень ее дробимости) и сила резания. Для сравнения обрабатываемости различных материалов резанием

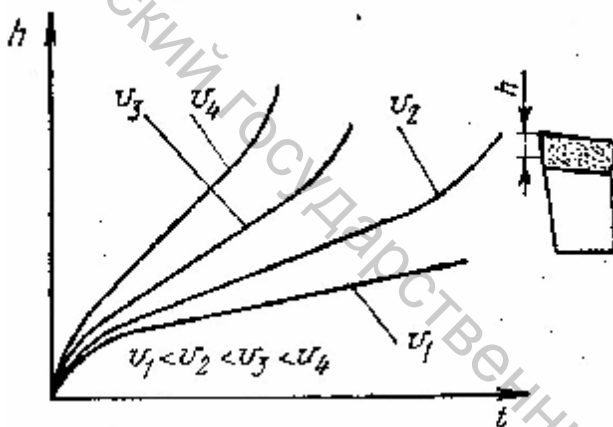


Рис. 2.1. Типовая зависимость износа инструмента от продолжительности и скорости резания

одним из самых распространенных материалов принимается за эталон. Тогда относительная обрабатываемость любого другого i -го материала I_{oi} выражается отношением $I_{oi} = v_{60.i} / v_{60.э}$.

Для определения показателя обрабатываемости резанием v_T необходимо экспериментально определить параметры математической модели, которая описывает семейство кривых износа h инструмента в зависимости от продолжительности t и скорости v резания (рис. 2.1):

$$h = C v^m t^\lambda,$$

где C , m , λ — искомые параметры; h — накопленный за время t износ задней поверхности. Задаваясь предельно допустимым значением $h = h_0$, находим

$$v_{60} = (h_0 / (C \cdot 60^\lambda))^{1/m}.$$

2.3. Литье в песчаные формы

Сущность способа литья в *песчаные формы* заключается в получении отливок из расплавленного металла, затвердевшего в формах, изготовленных из формовочных смесей путем уплотнения с использованием модельного комплекта. После затвердевания залитого металла и охлаждения отливки производят ее выбивку, очистку и обрубку.

Литейная форма (рис. 2.2, а) представляет собой систему элементов, образующих рабочую полость, в которую заливают расплавленный металл. Литейная форма обычно состоит из верхней 2 и нижней 1 полуформ, которые изготовляют в литейных опоках 7 — приспособлениях для удержания формовочной смеси. Верхнюю и нижнюю полуформы взаимно ориентируют при помощи металлических штырей 4, которые вставляют в отверстия приливов у опок. Для образования полостей, отверстий или иных сложных контуров в формы уста-

навливают литейные стержни 3, которые фиксируют при помощи выступов, входящих в соответствующие впадины в полости формы. Для подвода расплавленного металла в полость литейной формы, обеспечения ее заполнения и питания отливки при затвердевании изготавливают литниковую систему 5 и 6.

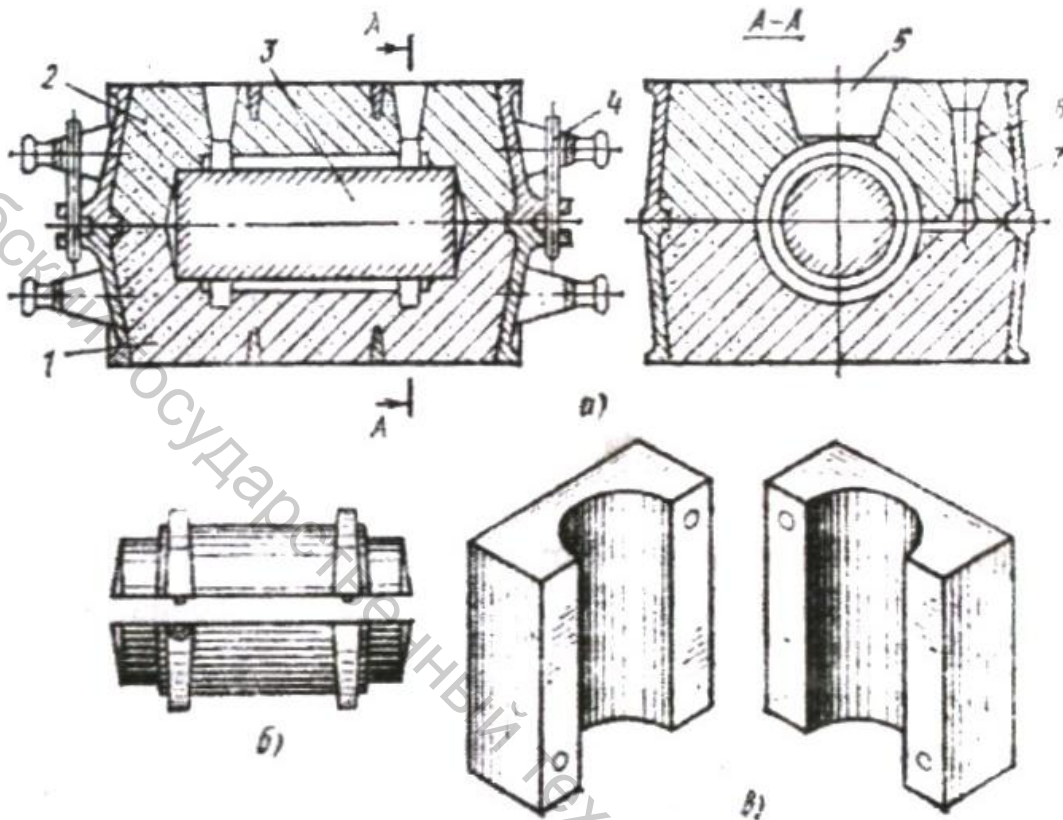


Рис. 2.2. Эскизы литейной формы и модельной оснастки: а - литейная форма, б - модель, в - стержневой ящик. 1 - нижняя полуформа, 2 - верхняя полуформа, 3 - литейный стержень, 4 - штырь, 5, 6 - литниковая система, 7 - литейная опока

Для образования рабочей полости литейной формы используют модельный комплект – приспособления, включающие литейную модель, стержневые ящики (один или несколько), модельные плиты, модели литниковой системы. Литейная модель (рис. 2.2, б) — приспособление, при помощи которого в литейной форме получают отпечаток, соответствующий конфигурации и размерам отливки. Модели бывают неразъемные, разъемные и специальные. Стержни нужных размеров и форм получают в стержневых ящиках (рис. 2.2, в). Рабочая полость ящика заполняется стержневой смесью. Стержневые ящики бывают неразъемные и разъемные. Модельная плита позволяет оформить разъем литейной формы. На ней располагают различные части модели, включая модели литниковой системы и набивают одну из парных опок.

Каналы и элементы 6 (рис. 2.2, а), служащие для подвода расплавленного металла, называют литниковой системой, которая также питает отливки при затвердевании. Она состоит из литниковой чаши для приемки расплавленного металла и подачи его в форму; стояка в виде вертикального или наклонного канала. Для подачи металла из литниковой чаши непосредственно в рабочую по-

лость формы или к другим элементам системы: шлакоуловителя для удержания шлака и других неметаллических примесей и питателя, через который расплавленный металл подводится в полость литейной формы. Для вывода газов, контроля заполнения формы расплавленным металлом и питания отливки при ее затвердевании служит выпор 5, который выполняют в верхней полуформе.

Заливают формы расплавленным металлом из конических, барабанных и других ковшей, футерованных огнеупорным материалом и высушенных до полного удаления влаги. Температура заливки металла зависит от рода сплава, толщины стенок отливок, их конфигурации и т. п. Заливку форм ведут без перерыва, при полном заполнении литниковой чаши.

После заливки и охлаждения металла отливки выбивают из форм на вибрационных решетках и очищают от приставшей или пригоревшей формовочной смеси в очистных барабанах или дробеметных устройствах камерного или барабанного типа. При очистке в дробеметных устройствах отливки подвергаются ударному воздействию струи металлической дроби, выбрасываемой дробеметным колесом со скоростью до 70 м/с. Обрубку и зачистку отливок от остатков питателей, заусенцев и заливок производят абразивными кругами или на обрезных прессах.

2.4. Литье в кокиль

Сущность *литья в кокиль* состоит в применении металлических литейных форм, используемых многократно для изготовления отливок одного типоразмера. При этом кокиль формирует не только конфигурацию, но и свойства отливок. Содержание основных технологических операций литья в кокиль:

- 1) подготовка кокиля к работе (очистка рабочей полости и разъема от загрязнений, ржавчины и пригара);
- 2) нанесение слоя огнеупорного покрытия (облицовки и краски) на поверхность рабочей полости и металлические стержни;
- 3) нагрев кокиля до рабочей температуры, зависящей в основном от состава заливаемого сплава и толщины стенки отливки (для серого чугуна - 300 – 350°C);
- 4) сборка кокиля заключается в установке стержней, соединения и скрепления половин кокиля;
- 5) заливка жидкого металла в кокиль;
- 6) после предварительного охлаждения отливки до заданной температуры кокиль раскрывают, извлекают металлические стержни и удаляют отливку из кокиля;
- 7) выбивка песчаных стержней, обрезка литников, прибыли, выпоров»; контроль качества.

Кокиль обладает по сравнению с песчаной формой большей теплопроводностью, теплоемкостью и прочностью, нулевой податливостью, газопроницаемостью и газотворностью. В связи с этим процесс формирования отливок, требования к конструкции отливок и их качество имеют ряд особенностей.

1. В связи с высокой теплопроводностью кокиля по сравнению с песчаной формой отливка охлаждается быстрее, что осложняет получение отливок из сплавов с пониженной жидкотекучестью и ограничивает минимальную толщину стенок и размер отливок. Но при этом повышенная скорость охлаждения обуславливает получение плотных отливок с мелкозернистой структурой.

2. Кокиль практически неподатлив и поэтому препятствует усадке металла при охлаждении отливки, что затрудняет извлечение ее из кокиля и обуславливает возникновение внутренних напряжений, которые, в свою очередь, могут привести к появлению трещин и короблению.

Вместе с тем, кокиль обеспечивает получение более точных размеров отливок, соответствующих 12 – 15 квалитетам. Следовательно, возможно снизить припуски на обработку.

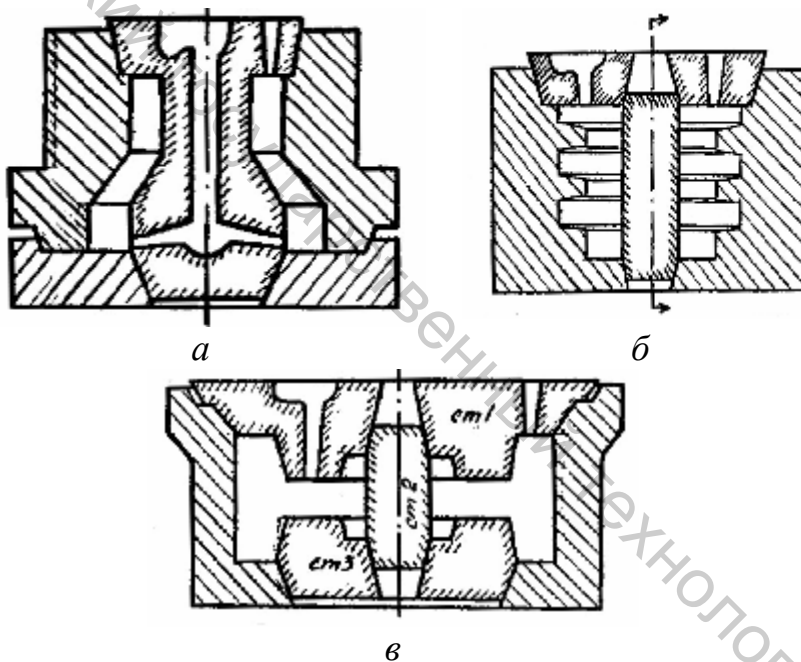


Рис. 2.3. Конфигурации кокилей: а- с горизонтальным разъемом и песчаным стержнем; б- вытряхной неразъемный; в- с вертикальным разъемом

Достоинства литья в кокиль:

1. Повышение производительности труда в результате исключения трудоемких операций смешивания, формовки, очистки отливок от пригара.

2. Размеры рабочей полости кокиля могут быть выполнены значительно точнее, чем песчаной формы. Поэтому отливки в кокилях получаются более точными. При этом точность по 12 квалитету возможна для размеров, расположенных в одной части формы. Точность размеров расположенных в двух и более частях формы, а также оформляемых подвижными частями формы ниже.

3. Физико-химическое взаимодействие металла отливки и кокиля минимально, что способствует повышению качества поверхности отливки. Отливки в кокиль не имеют пригара.

Недостатки:

1. Высокая стоимость кокиля, сложность и трудоемкость его изготовления.
2. Ограниченная стойкость кокиля, измеряемая числом годных отливок, которые можно получить в данном кокиле. От стойкости кокиля зависит эко-

номическая эффективность процесса, особенно при литье чугуна, стали, и поэтому повышение стойкости кокиля является одной из важнейших проблем технологии кокильного литья этих сплавов.

3. Сложность получения отливок с поднутрениями, для выполнения которых необходимо усложнять конструкцию формы — делать дополнительные разъемы, использовать вставки, разъемные металлические или песчаные стержни.

4. Отрицательное влияние высокой интенсивности охлаждения расплава в кокиле по сравнению с песчаной формой. Это ограничивает возможность получения протяженных тонкостенных отливок, а в чугунных отливках приводит к отбелу поверхностного слоя, ухудшающему обработку резанием; вызывает необходимость термической обработки отливок.

5. Неподавливаемый кокиль приводит к появлению в отливках напряжений, а иногда к трещинам.

2.5. Литье по выплавляемым моделям

Сущность литья по выплавляемым моделям заключается в использовании точной неразъемной разовой модели, по которой из жидких формовочных смесей изготавливается неразъемная керамическая оболочковая форма. Перед заливкой расплава модель удаляется из формы выплавлением, выжиганием, растворением или испарением: для удаления остатков модели и упрочнения форма может быть нагрета до высоких температур, что улучшает ее заполняемость расплавом.

Основные операции технологического процесса. Модель или звено моделей 2 изготавливают в разъемной пресс-форме 1, рабочая полость которой имеет конфигурацию отливки с припусками на усадку и обработку резанием (рис. 2.4, а). Модель изготавливают из материалов, имеющих невысокую температуру плавления (воск, стеарин, парафин), способных растворяться (карбамид) или сгорать без образования твердых остатков (полистирол). Готовые модели или звенья моделей собирают в блоки 3 (рис. 2.4, б), имеющие модели элементов литниковой системы из того же материала, что и модель. Блок моделей состоит из звеньев, центральная часть которых образует модели питателей и стояка. Модели чаши и нижней части стояка изготавливают отдельно и устанавливают в блок при его сборке. Блок моделей погружают в емкость с жидкой формовочной смесью — суспензией для оболочковых форм, состоящей из пылевидного огнеупорного материала, например, кварца или электрокорунда, и связующего (рис. 2.4, в). В результате на поверхности модели образуется тонкий (менее 1 мм) слой 4 суспензии. Для упрочнения этого слоя, увеличения его толщины на него наносят слои огнеупорного зернистого материала 5 (мелкий кварцевый песок, электрокорунд, зернистый шамот) (рис. 2.4, г). Операции нанесения суспензии и обсыпки повторяют до получения на модели оболочки требуемой толщины (3–10 слоев).

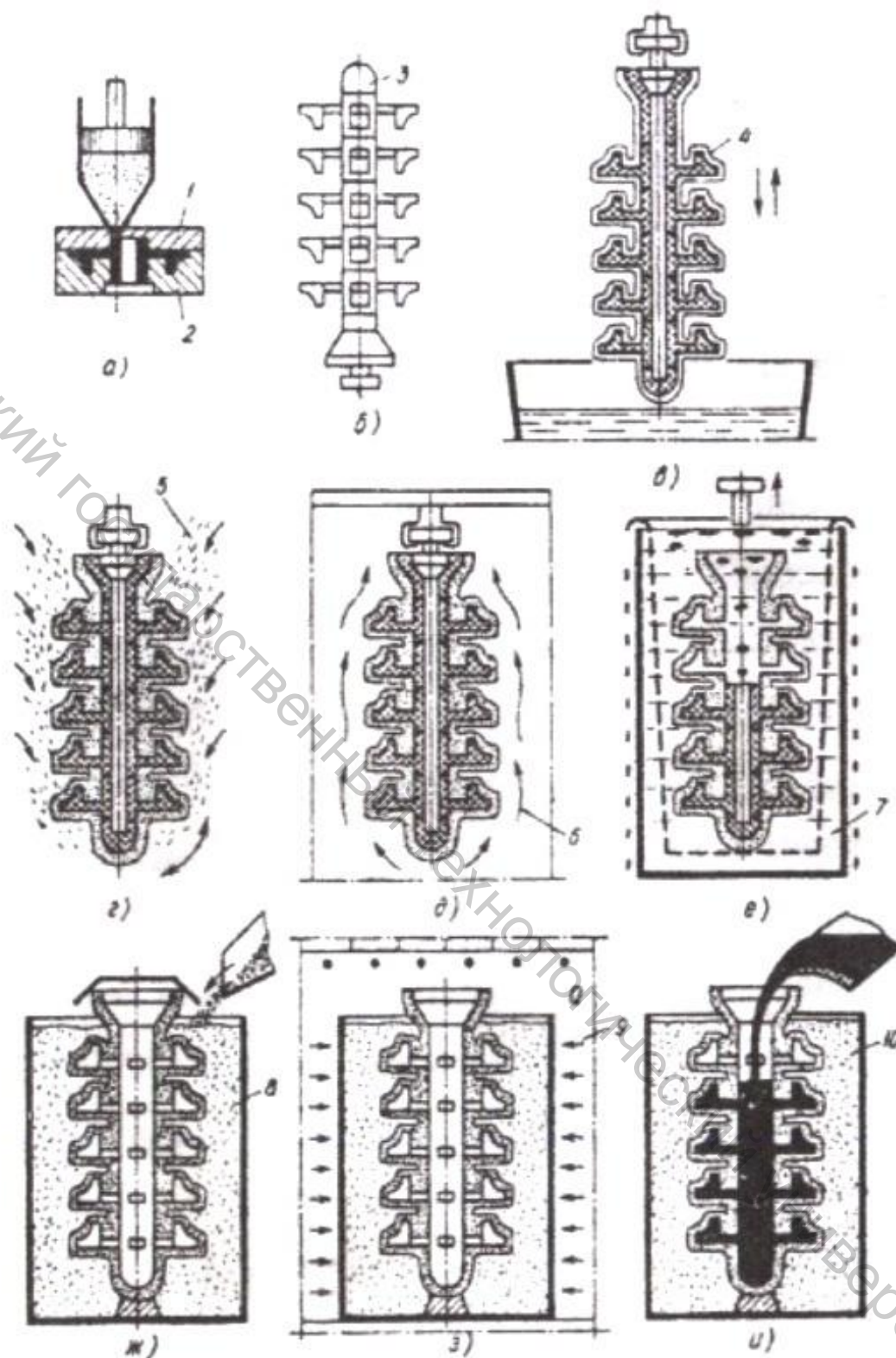


Рис. 2.4. Последовательность изготовления многослойной оболочковой формы по выплавляемым моделям:

а - изготовление модели, б - сборка блока, в - погружение блока в жидкую смесь, г - обсыпка, д - сушка, е - уплотнение модели, ж - засыпка, з - прокаливание, и - заливка. 1 - пресс-форма, 2 - модель, 3 - блок моделей, 4 - оболочка, 5 - огнеупорный материал, 6 - воздушный поток, 7 - вода, 8 - наполнитель, 9 - печь, 10 - прокаленная форма

Каждый слой покрытия высушивают на воздухе или в парах аммиака 6, что зависит от связующего (рис. 2.4, *д*). После сушки оболочковой формы модель удаляют из нее выплавлением, растворением, выжиганием или испарением. На рис. 2.4, *е* показан процесс удаления выплавляемой модели в кипящей воде 7. Так получают многослойную оболочковую форму по выплавляемой модели. Для упрочнения перед заливкой оболочковую форму помещают в металлический контейнер и засыпают огнеупорным материалом 8 (кварцевым песком, мелким боем использованных оболочковых форм) (рис. 2.4, *ж*).

Для удаления остатков моделей из формы и упрочнения связующего контейнер с оболочковой формой помещают в печь 9 для прокаливания (рис. 2.4, *з*). Форму прокаливают при температуре 1223–1273° К. Прокаленную форму 10 извлекают из печи и заливают расплавом (рис. 2.4, *и*). После затвердевания и охлаждения отливки до заданной температуры форму выбивают, отливки очищают от остатков керамики и отрезают от них литники.

Во многих случаях оболочки прокаливают в печи до засыпки огнеупорным материалом, а затем для упрочнения их засыпают предварительно нагретым огнеупорным материалом. Это позволяет сократить продолжительность прокаливания формы перед заливкой.

Малая шероховатость поверхности формы при достаточно высокой огнеупорности и химической инертности материала позволяет получать отливки с поверхностью высокого качества.

После очистки отливок от остатков оболочковой формы шероховатость их поверхности характеризуется величиной $Rz = 40 - 10$ мкм, а в отдельных случаях достигает $Ra = 2,5$ мкм.

Отсутствие операций разъема моделей и формы: использование для изготовления моделей материалов, позволяющих не разбирать форму при удалении модели; высокая огнеупорность материалов формы, нагрев ее до высоких температур перед заливкой, что улучшает заполняемость, дают возможность получить отливки сложнейшей конфигурации, максимально приближающиеся к конфигурации готовой детали практически из любых сплавов. Точность отливок соответствует 8 – 11-му качествам. Поэтому литье по выплавляемым моделям относится к прогрессивным материало- и трудосберегающим технологическим процессам обработки металлов.

Наряду с преимуществами способ обладает следующими недостатками:

- 1) процесс изготовления формы многооперационный, трудоемкий и длительный;
- 2) большое число технологических факторов, влияющих на качество формы и отливки, и соответственно сложность управления качеством;
- 3) большая номенклатура материалов, используемых для получения формы (материалы для моделей, суспензии, обсыпки блоков, опорные материалы);
- 4) повышенный расход металла на литники и поэтому невысокий технологический выход годного.

Производство отливок по выплавляемым моделям находит широкое применение в различных отраслях машиностроения и в приборостроении.

2.6. Центробежное литье

Центробежное литье — это способ изготовления отливок, при котором заполнение формы расплавом и его затвердевание происходят в поле действия центробежных сил.

Чаще используют два варианта способа, при которых расплав заливается во вращающуюся форму с горизонтальной или с вертикальной осью вращения. В первом случае получают отливки типа тел вращения малой и большой протяженности, во втором — короткие или фасонные отливки.

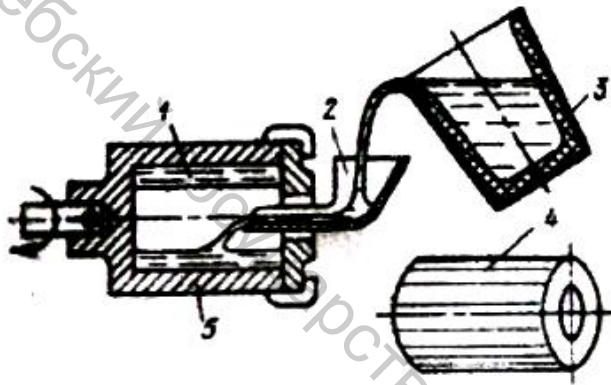


Рис. 2.5. Схема получения отливки при вращении формы вокруг горизонтальной оси: 1- расплав, 2- заливочный желоб, 3- ковш, 4- отливка, 5- вращающаяся форма

Наиболее распространен способ литья во вращающиеся металлические формы с горизонтальной осью вращения. По этому способу (рис. 2.5) отливка формируется со свободной поверхностью в поле центробежных сил, а формообразующей поверхностью служит внутренняя поверхность формы (изложницы). Расплав 1 из ковша 3 заливают во вращающуюся форму 5 через заливочный желоб 2. Расплав растекается по внутренней поверхности формы, образуя под действием центробежных сил пустотелый цилиндр. После затвердевания

металла и остановки вращения отливка 4 извлекается из формы.

При получении отливок со свободной поверхностью при вращении формы вокруг вертикальной оси (рис. 2.6) расплав из ковша 1 заливают в форму 2, укрепленную на шпинделе 3, приводимом во вращение электродвигателем 4. Расплав 5 под действием центробежных сил отбрасывается к стенкам формы 2 и затвердевает, после этого машину останавливают и извлекают затвердевшую отливку 6. Отливки с внутренней поверхностью сложной конфигурации получают с использованием стержней в формах с вертикальной осью вращения.

Для изготовления отливок центробежным способом применяют различные литейные формы: металлические, песчаные, комбинированные (песчано-металлические), керамические, оболочковые по выплавляемым моделям и др.

Формы могут быть предназначены для изготовления отливок на машинах с горизонтальной и вертикальной осью вращения формы, для длинных или коротких отливок цилиндрической формы, для получения фасонных отливок. Конструкция формы зависит также от характера производства (единичное, серийное, массовое).

Для цветного литья применяют металлические и реже песчаные формы. Втулки небольших и средних размеров из медных сплавов отливают в формы, рабочая поверхность которых покрыта ацетиленовой сажей или графитовой краской.

В практике центробежного литья однослойных и многослойных труб и заготовок применяют обработку расплавов флюсами. Такая обработка производится непосредственно в изложнице.

Синтетический флюс добавляют в расплав в виде легкоплавких или экзотермических смесей. Флюс защищает расплав от окисления, эффективно рафинирует его в форме от неметаллических включений и газов, утепляет отливку со стороны внутренней, свободной поверхности, создавая условия направленного затвердевания отливки. В результате улучшается качество макро- и микроструктуры, повышается плотность и механические свойства отливок.

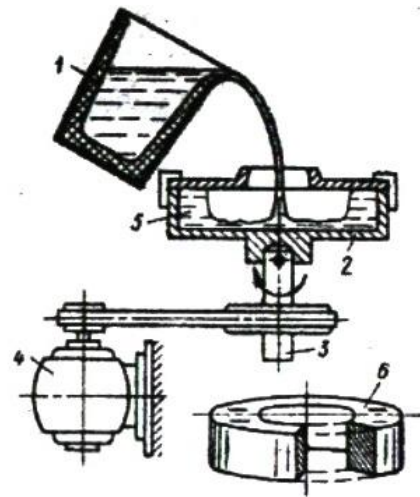


Рис. 2.6. Схема получения отливки при вращении формы вокруг вертикальной оси: 1- расплав, 2- форма, 3- шпиндель, 4- электродвигатель, 5- расплав, 6- отливка

2.7. Литье в оболочковые формы

Литье в оболочковую форму — это литье металла, осуществляемое путем свободной заливки оболочковой формы. Толщины стенок оболочковых форм соизмеримы с толщинами стенок отливок либо значительно меньше их; толщины стенок оболочковых форм в десятки раз меньше толщин стенок обычных (объемных) неметаллических форм.

Основные технологические операции при литье в оболочковые формы таковы: изготовление оболочек, сборка (соединение) оболочек в формы, установка форм под заливку металлом, плавка металла и заливка форм, формирование, выбивка и финишная обработка отливок. Специфические особенности технологии определяются способом изготовления и подготовки форм под заливку.

В оболочковых формах получают отливки практически из любых сплавов: из чугунов, из углеродистых и легированных сталей, из легких и тяжелых цветных сплавов. Разнообразны конструктивные особенности отливок, получаемых в оболочковых формах — это коленчатые и распределительные валы, ребристые цилиндры, станины электродвигателей, корпуса токарных патронов, корпуса гидрораспределителей, задвижек, лопасти дробебетных аппаратов и т. д.

Изготовление оболочек. Процесс изготовления оболочковой формы из песчано-смоляной термореактивной смеси состоит из следующих последовательных операций: нагрева модельной оснастки; нанесения пульверизатором на рабочую поверхность модельной оснастки разделительного покрытия; нанесения на модельную оснастку песчано-смоляной смеси; формирования и отверждения оболочки; съема готовой полуформы с модельной оснастки.

Способы изготовления оболочковых форм различаются в основном по приемам нанесения песчано-смоляной смеси на модельную оснастку.

Наиболее распространенным процессом формообразования оболочки является *Croning*-процесс, заключающийся в свободной засыпке модельной оснастки смесью с помощью поворотного бункера (рис. 2.7). Бункер наполняют песчано-смоляной смесью и на его приемную рамку устанавливают нагретую и обработанную разделительным составом модельную плиту (рис. 2.7, а). Затем бункер поворачивают в вертикальной плоскости на 180° , вследствие чего формовочная смесь засыпает модельную плиту (рис. 2.7, б). Для формирования оболочки необходимой толщины плиту выдерживают под смесью в течение 20–60 с, по истечении которых поворачивают бункер в исходное положение (рис. 2.7, в). При повороте излишки смеси ссыпаются на дно бункера. Модельную плиту с налипшей оболочкой снимают с бункера, переворачивают моделью вверх и направляют в печь для доотверждения оболочки в течение 1–4 мин при температуре 300–400 °С. Полностью отвержденную оболочку снимают с модельной плиты с помощью толкателей (рис. 2.7, г).

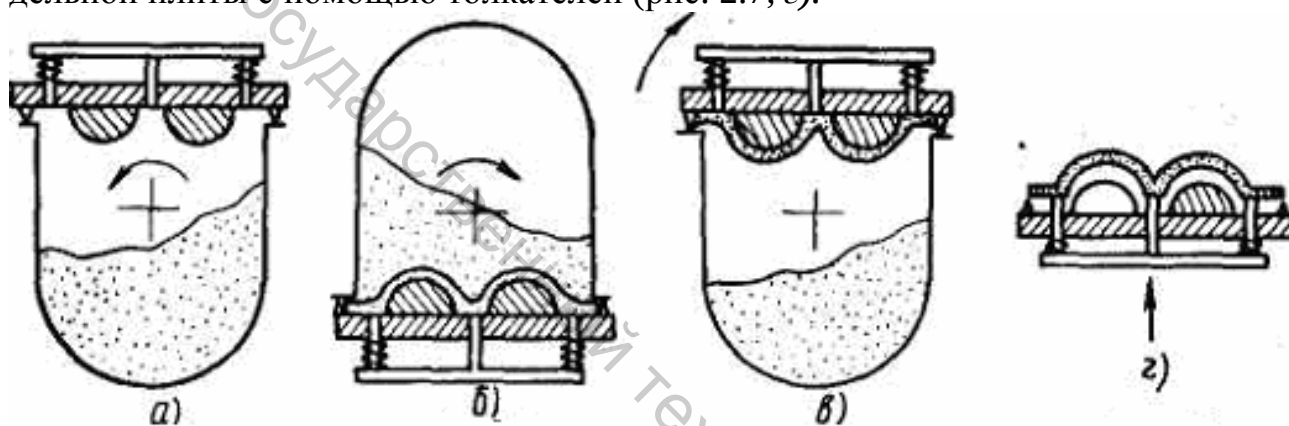


Рис. 2.7. Схема формирования оболочковой полуформы

При бункерном способе формообразования существует предел толщины формируемой оболочки. Для смесей с фенолформальдегидным связующим этот предел равен 9–12 мм.

Сборка и подготовка форм к заливке. Выбор способа соединения оболочковых полуформ зависит от масштаба и характера производства. В мелкосерийном производстве используют механические методы соединения с помощью пружинящих скоб, трубочин, профильных стяжных приспособлений.

В крупносерийном и массовом производстве оболочковые полуформы склеивают в горячем или холодном состоянии.

Достоинствами литья в оболочковые формы по сравнению с литьем в песчаные формы являются: а) уменьшение параметров шероховатости поверхности и существенное улучшение товарного вида отливок; б) возможность получения отливок с тонким и сложным рельефом; в) уменьшение трудоемкости ряда операций технологического процесса (особенно таких, как приготовление формовочной смеси, изготовление форм, очистка отливок и др.); г) сокращение объема переработки и транспортирования формовочных материалов.

Основные недостатки литья в оболочковые формы: а) относительно высокая стоимость и дефицитность смоляного связующего; б) сложность модельной (стержневой) оснастки; в) повышенное выделение вредных веществ вследствие термического разложения смоляного связующего; г) недостаточная прочность оболочек при получении относительно тяжелых отливок; д) склонность к появлению в отливках специфических дефектов (в частности, газовых раковин, «апельсиновой корки» и др.); е) сложность ввода в технологический поток отливок нового наименования (в связи с необходимостью предварительного нагрева модельной оснастки).

2.8. Литье под давлением

Сущность процесса заключается в том, что форма заполняется расплавом под действием внешних сил, превосходящих силы гравитации, а затвердевание отливки протекает под избыточным давлением. Сочетание этих двух особенностей процесса позволяет получать отливки высокого качества. Чистая поверхность и точные размеры рабочей полости металлической пресс-формы, высокая скорость движения расплава позволяют резко сократить продолжительность заполнения и получить тонкостенные отливки сложной конфигурации с чистой поверхностью.

Внешнее давление на затвердевающий расплав и высокие скорости охлаждения его в металлической форме способствуют измельчению структуры металла в отливке, уменьшению усадочных дефектов, повышению механических свойств.

Литье под давлением с холодной камерой прессования заключается в том, что расплавленный металл заливается в камеру прессования 1 специальной машины (рис. 2.8, а), а затем под действием поршня 2, перемещающегося в этой камере, через литниковые каналы заполняет полость металлической пресс-формы, затвердевает под избыточным давлением и образует отливку. После затвердевания и охлаждения до определенной температуры из отливки сначала извлекаются стержни 3 (рис. 2.8, б), а затем пресс-форма раскрывается (рис. 2.8, в) и толкатели 4 удаляют отливку из пресс-формы (рис. 2.8, г). От отливки отделяют литники и зачищают заусенцы.

Литьем под давлением с холодной камерой прессования изготавливают отливки для различных отраслей машиностроения и приборостроения из цинковых, алюминиевых, магниевых, медных сплавов, реже из чугуна и стали, массой от нескольких граммов до нескольких десятков килограммов, обычно тонкостенные сложной конфигурации, с развитой поверхностью.

Размеры и масса отливок зависят от мощности машин, на которых осуществляется процесс: чем большее усилие запираания пресс-формы, скорость перемещения подвижных частей и давление литья, тем больших размеров возможно получение отливок.

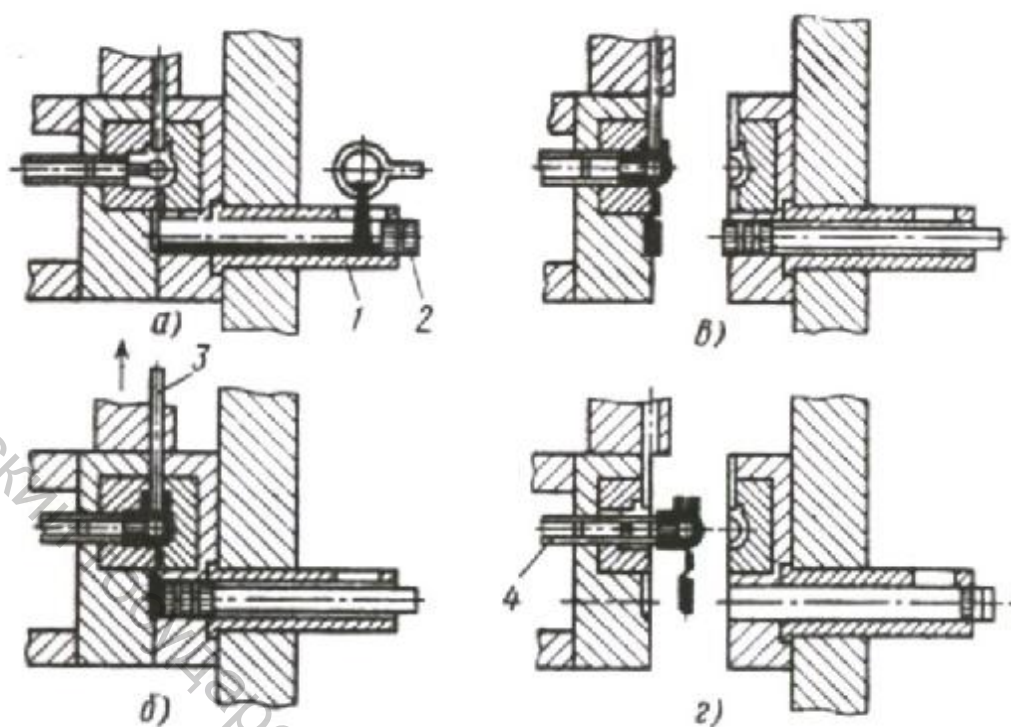


Рис. 2.8. Схема технологического процесса литья под давлением на машине с холодной камерой прессования: а - заполнение камеры прессования, б - заполнение полости пресс-формы, в - разъем пресс-формы, г - удаление отливки. 1 - камера прессования, 2 - поршень, 3 - стержень, 4 - толкатель

Машины с горячей камерой по сравнению с холодной более производительны, однако камера прессования и прессовый поршень на этих машинах работают в тяжелых условиях: они постоянно погружены в расплав, быстро изнашиваются и требуют замены. Такие машины обычно используют для получения отливок из цинковых, свинцово-сурьмянистых, магниевых сплавов, не взаимодействующих с материалами поршня и камеры прессования.

Машины с вертикальной горячей камерой прессования лишены этого недостатка, и их используют преимущественно для изготовления мелких, небольших отливок с тонкими стенками. Получать на этих машинах крупные отливки сложно, так как в камерах прессования, работающих в расплаве, трудно создать высокие давления прессования, необходимые для получения крупногабаритных отливок.

При литье под давлением основные показатели качества отливки — точность размеров, шероховатость поверхности, механические свойства, плотность и герметичность — определяются особенностями ее формирования.

1. Поток расплава в литниковой системе и полости пресс-формы движется с высокими скоростями. Форма заполняется за десятые, а часто и за сотые доли секунды. Это позволяет, несмотря на высокую скорость охлаждения расплава в форме, изготавливать весьма тонкостенные отливки с толщиной стенки менее 1 мм. Высокая кинетическая энергия движущегося расплава и статическое давление в момент окончания заполнения формы способствует получению чистой поверхности отливки.

2. Использование металлической пресс-формы с точными размерами рабочей полости и давление на расплав и затвердевающую отливку способствуют повышению точности отливок по массе и размерам. Высокая точность размеров отливок до 8—13-го квалитетов позволяет уменьшить припуски на обработку до 0,3—0,8 мм, а в некоторых случаях полностью исключить обработку резанием; остается только зачистка мест удаления питателей и облоя. Шероховатость поверхности отливок под давлением зависит в основном от шероховатости поверхности пресс-формы и технологических режимов литья. Обычно отливки под давлением имеют шероховатость $R_z = 20—10$ мкм и даже $R_a = 1,25—0,63$ мкм.

3. Полное исключение трудоемких операций изготовления, сборки и выбивки форм; металлическая пресс-форма используется многократно; сборка формы и извлечение из нее готовой отливки выполняются машиной. Указанные обстоятельства и высокая скорость затвердевания отливки в пресс-форме делают процесс литья под давлением одним из самых высокопроизводительных литейных процессов и создают предпосылки для полной автоматизации производства.

Наряду с указанными преимуществами литье под давлением имеет ряд недостатков.

1. Габаритные размеры и масса отливок ограничены мощностью машины (усилием, развиваемым механизмом заπίрания).

2. Высокая стоимость пресс-формы, сложность и трудоемкость изготовления, ограниченная стойкость, особенно при литье сплавов черных металлов и медных сплавов, что снижает эффективность процесса и ограничивает область его использования.

3. Трудности выполнения отливок со сложными полостями, поднутрениями, карманами.

5. Жесткая неподатливая пресс-форма способствует появлению напряжений в отливках при усадке, что также ограничивает номенклатуру сплавов, из которых могут быть изготовлены отливки.

Экономически целесообразно, вследствие высокой стоимости пресс-форм, сложности оборудования, высокой производительности, применять литье под давлением в массовом и крупносерийном производстве точных отливок с минимальными припусками на обработку из легких, цинковых и медных сплавов, а в некоторых случаях и специальных сплавов и сталей.

Этот процесс с полным основанием может быть отнесен к малооперационным и практически безотходным технологиям, так как литники и облой подвергаются переплавке, а отходы в стружку малы.

2.9. Операции свободнойковки

К основным операциям свободнойковки относят осадку, протяжку, прошивку, рубку, гибку и скручивание.

Осадка — это основная кузнечная операция, в результате которой увеличивается площадь поперечного сечения (диаметр D) заготовки за счет уменьше-

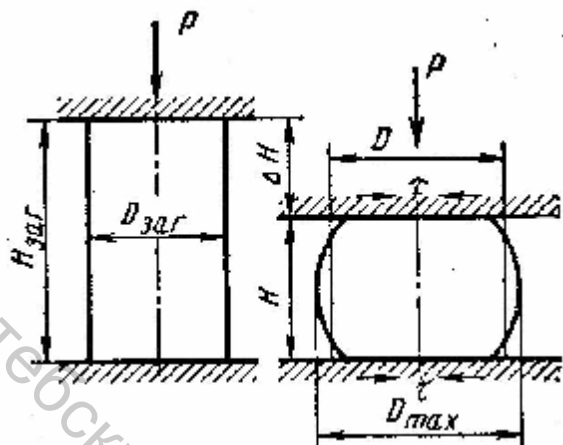


Рис. 2.9. Схема осадки

ния ее длины (высоты H). Схема операции представлена на рис. 2.9. Заготовку диаметром $D_{\text{заг}}$ и высотой $H_{\text{заг}}$ деформируют параллельно ее оси. После осадки диаметр заготовки увеличивается до D_{max} , а боковая поверхность становится бочкообразной вследствие действия контактных сил трения τ . При этом высота заготовки уменьшается.

Осадку применяют в качестве окончательной операции при получении поковок с относительно большими площадями поперечного сечения

(фланцев, дисков шестерен) из заготовок с меньшим поперечным сечением.

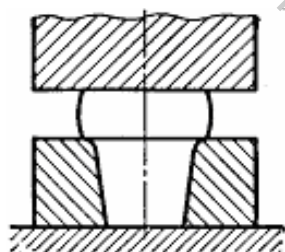


Рис. 2.10. Схема высадки

Как предварительную операцию осадку применяют перед прошивкой для выравнивания торцов, уменьшения высоты прошиваемых заготовок (поковок типа колец, муфт, барабанов и т.д.), перед протяжкой – для увеличения деформации и разрушения литой дендритной структуры.

У исходной заготовки при осадке во избежание продольного изгиба $H_{\text{заг}}/D_{\text{заг}} < 3$. Желательно, чтобы торцы заготовки под осадку были гладкими и перпендикулярными к оси заготовки. Для заготовок большой высоты это требование обязательно.

У исходной заготовки при осадке во избежание продольного изгиба $H_{\text{заг}}/D_{\text{заг}} < 3$. Желательно, чтобы торцы заготовки под осадку были гладкими и перпендикулярными к оси заготовки. Для заготовок большой высоты это требование обязательно.

Высадкой называется местная осадка, т. е. осадка части заготовки. Схема высадки приведена на рис. 2.10.

К отделочным операциям после осадки относят обкатку и правку торцов (рис. 2.11). Основное назначение этих операций — уменьшение припуска на механическую обработку за счет резкого уменьшения бочкообразности при обкатке и уменьшение искривления дисков правкой торцов.

Протяжкой называют кузнечную операцию, при которой увеличивают длину исходной заготовки при одновременном уменьшении площади ее поперечного сечения (рис. 2.12). Протяжку и ее разновидности используют при ковке подавляющего

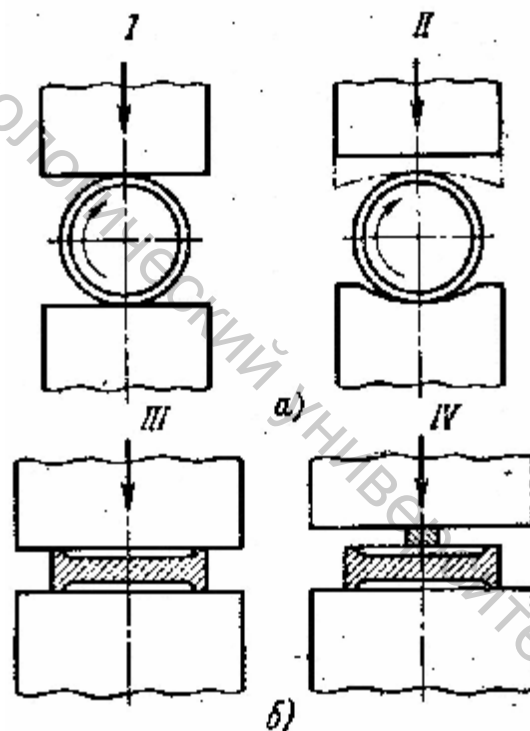


Рис. 2.11. Отделка после осадки: а– обкатка по диаметру (I– бойками; II– с подкладками); б– правка торцов (III– бойками, IV– плоской раскаткой).

числа поковок. Она является основной формоизменяющей операцией при изготовлении гладких, ступенчатых и коленчатых валов, шатунов, цилиндров, колец и других деталей. На протяжку затрачивают до 70% всего времени работы при ковке.

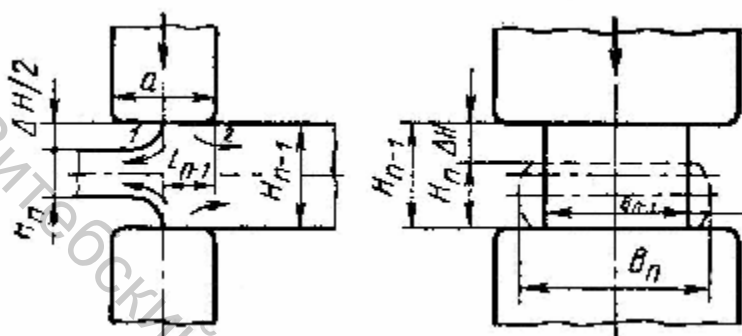


Рис. 2.12. Схема протяжки на плоских бойках (рис. 2.13, а). В дальнейшем грани восьмиугольника могут быть обжаты на шестнадцатигранник.

Протяжкой в вырезных бойках получают поковки круглого сечения. Для этого выполняют протяжку на квадрат, стороны которого $A = (0,97 \dots 0,98) D_{\text{пок}}$ (где $D_{\text{пок}}$ — диаметр поковки). После этого заготовку с квадратным сечением обжимают по диагоналям на восьмиугольник

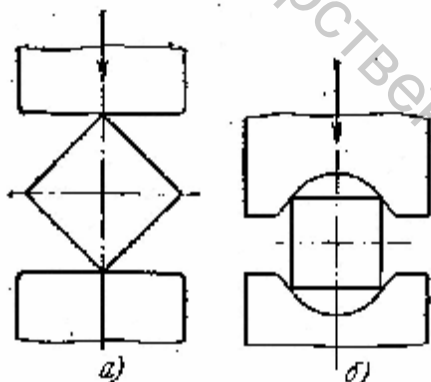


Рис. 2.13. Протяжка на круг из квадрата

Материалы с ограниченной пластичностью протягивают вырезными бойками (см. рис. 2.13, б). С помощью вырезных бойков, которые бывают полукруглыми (радиальными и ромбическими), протягивают в основном с круга на круг.

Протяжкой с оправкой получают полые заготовки типа цилиндров, толстостенных труб, втулок и т. д. Изделия могут быть гладкими (рис. 2.14) или с уступами. Длина заго-

товки L_0 увеличивается до длины поковки $L_{\text{пок}}$ и площадь поперечного сечения заготовки уменьшается в данном случае практически только за счет уменьшения наружного диаметра полой заготовки D_0 . Внутренний диаметр заготовки d_0 остается практически постоянным ($d_0 = d_{\text{пок}}$). Для облегчения съема поковки с оправки последнюю выполняют конической (конусность 1/100—1/150). Для повышения стойкости внутри оправки сверлят отверстие, по которому подают охлаждающую жидкость. Оправку перед протяжкой вводят в нагретую заготовку, диаметр отверстия в которой должен быть больше диаметра оправки.

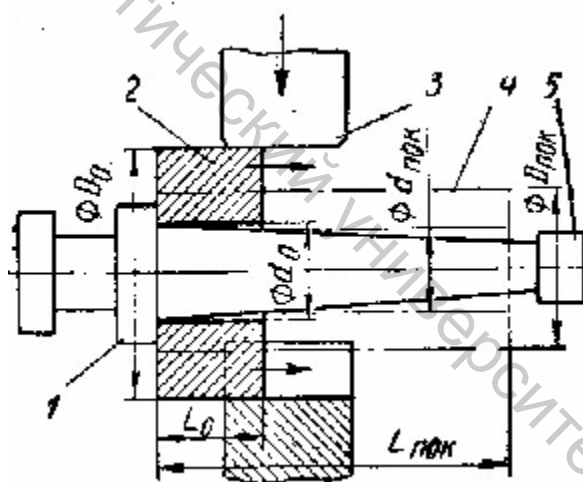


Рис. 2.14. Схема протяжки с оправкой: 1— борт оправки, 2— заготовка, 3— боек, 4— поковка, 5— оправка

Ковку начинают с конца заготовки, обращенного к меньшему диаметру оправки. При этом в процессе ковки заготовка перемещается в сторону бурта оправки до упора в него. Вначале куют концевой пояс с одной стороны заготовки, а потом со стороны заготовки, обращенной к бурту оправки. Концевые пояса куют в первую очередь потому, что металл по краям заготовки остывает быстрее. Затем поковку куют в направлении от ее края, противоположного бурту оправки, к бурту оправки. В этом случае металл течет вдоль оси заготовки в одном направлении — от бурта оправки к ее концу. Так как диаметр конца оправки немного меньше диаметра у бурта, то между поковкой и оправкой образуется очень малый зазор, за счет которого усилие съема поковки с оправки уменьшается.

Раскаткой на оправке (рис. 2.15) получают относительно короткие тонкостенные поковки типа колец, обечаек, бандажей и т. д. При раскатке на оправке увеличиваются внутренний и наружный диаметры заготовки, незначительно высота за счет уменьшения толщины стенки исходной заготовки. В этом случае протяжка идет вдоль касательных к среднему диаметру заготовки (увеличивается длина заготовки по среднему диаметру). В качестве инструмента используют плоский боек (рис. 2.15, б) или при работе на прессах узкий «боек-лягушку» (рис. 2.15, в) и цилиндрическую оправку.

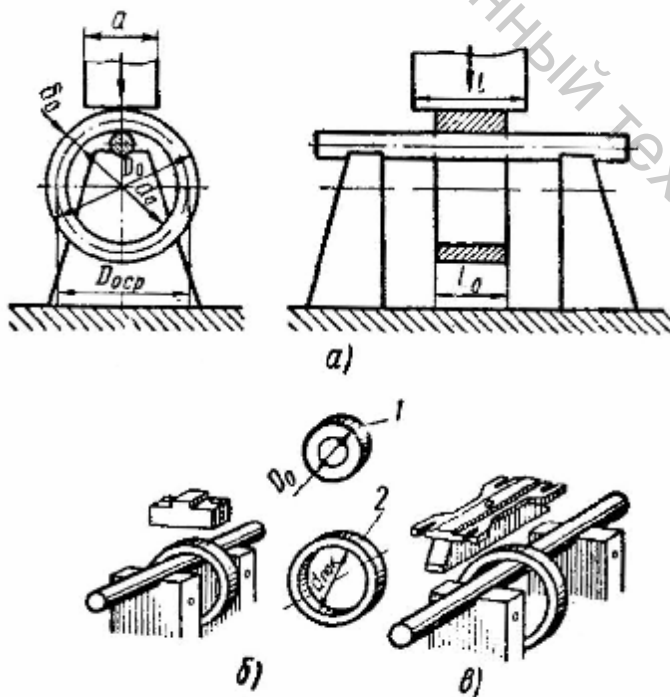


Рис. 2.15. Раскатка на оправке

Разгонку применяют для уширения всей поковки или ее части, как правило, концевой. В качестве инструмента используют широкие бойки при больших подачах при протяжке или полукруглые раскатки при поэтапном деформировании.

Передача — это операция, при которой одна часть заготовки смещается относительно другой при сохранении параллельности их осей. Эту операцию используют при ковке поволоков с односторонними выступами типа колеччатых валов. Передача осуществляется в одной или двух плоскостях. В обоих случаях предварительно выполняют пережим под передачу, смещают бойки и, поддерживая одну часть

поковки цепями мостового крана (поддержку цепью можно заменить установкой подставки), производят передачу. При передаче происходит утяжка металла в местах предварительного пережима. Для компенсации утяжки высоту заготовки под передачу увеличивают на 25% от размера поковки. После передачи избыточный металл разгоняют раскаткой или бойками. В месте передачи не-

значительно уменьшается площадь поперечного сечения заготовки, что характерно для протяжки. После передачи поковку обязательно правят.

Вспомогательные операции и приемы при протяжке используют в основном как подготовительные для последующей протяжки.

Наметку (засечку) применяют для точного распределения металла между отдельными частями поковки. По разметке устанавливают круглую раскатку небольшого диаметра и вдавливают ее легкими ударами или нажатиями в металл поковки. Образующиеся углубления называют *наметкой*.

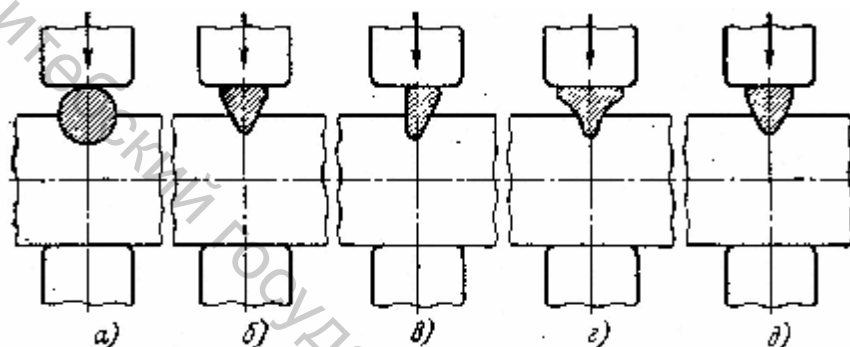


Рис. 2.16. Пережим: а- круглой раскаткой, б- двусторонней треугольной пережимкой, в- односторонней треугольной пережимкой, г, д- фасонными пережимками

Пережим— вспомогательная операция, при которой наметки увеличивают до глубины уступов или выемок на поковке (рис. 2.16). Пережимают с помощью пережимок, имеющих разные формы поперечного сечения.

К отделочным операциям после протяжки относят проглаживание и правку заготовок.

Проглаживанием достигают гладкой поверхности поковки доводя ее размеры до установленных допусков. Проглаживание представляет собой протяжку с небольшой степенью деформации при больших подачах, причем обычно длинные стороны бойков устанавливают вдоль оси поковки, т. е. в направлении, перпендикулярном обычному положению при протяжке. Для проглаживания используют также прямоугольные раскатки.

Правкой выпрямляют изогнутые поковки. Правка по существу является операцией гибки.

Прошивка — кузнечная операция, посредством которой в заготовке получают сквозные или глухие полости (углубления) за счет вытеснения материала (рис. 2.17).

Заготовку прошивают с помощью специальных инструментов — прошивней (рис. 2.18).

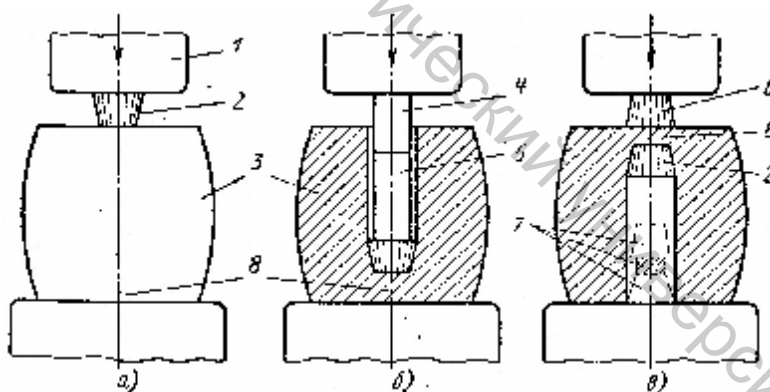


Рис. 2.17. Прошивка без подкладного кольца: а-в- этапы прошивки, 1-верхний боек, 2-основной прошивень, 3- заготовка, 4,5- надставки, 6- прорезной прошивень, 7- прошивни и выдра после прошивки, 8- прибыльная сторона слитка

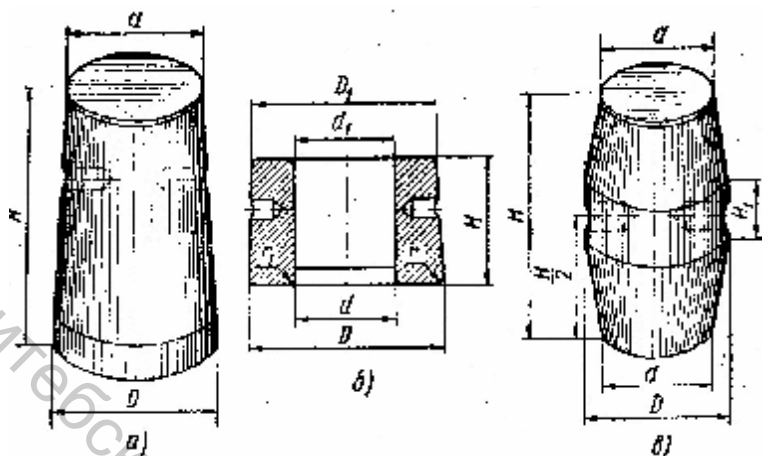


Рис. 2.18. Прошивки: а— сплошной, б— пустотельный, в— бочкообразный

Глубина прошивки должна быть на 10—20% меньше высоты прошивня. В этом случае прошивень из заготовки удаляют двумя способами: с помощью нажимного кольца и обкаткой по диаметру плоскими бойками.

Отрубкой называют полное отделение части заготовки по незамкнутому контуру путем внедрения в заготовку деформирующего инструмента. Разделение за-

готовки на части по незамкнутому контуру называют *разрубкой*.

Отрубку используют практически при производстве всех поковок, выпускаемых в кузнечных цехах. Отрубают с помощью топоров различных форм. Для отрубki полосового материала иногда используют квадраты.

Способы отрубki. Отрубку с одной стороны применяют при ковке малогабаритных заготовок (рис. 2.19). В заготовке оставляется перемычка h , равная толщине обуха топора a (рис. 2.19, а). Затем заготовку поворачивают на 180° , против надруба устанавливают квадрат и резко по нему ударяют (рис. 2.19, б). Отрубаемые части заготовки, как правило, не имеют заусенцев. Отход, полученный при отрубке (вырубленная перемычка), называют *обсечкой*.

Отрубку с двух сторон применяют для заготовок больших сечений, используя топоры небольшой высоты (рис. 2.20). При отрубке по этой схеме перемычки не оставляют. Топор внедряется на половину глубины заготовки, затем ее кантуют на 180° . Топор ус-

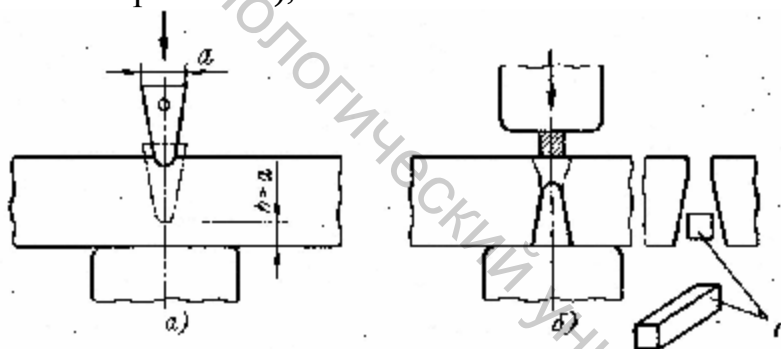


Рис. 2.19. Отрубка с одной стороны. 1- обсечка

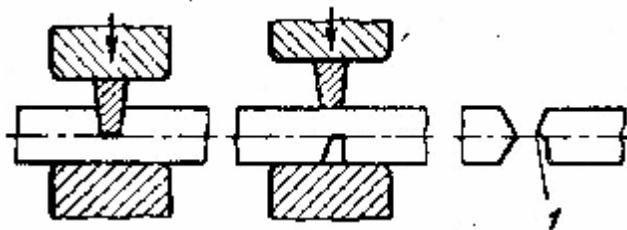


Рис. 2.20. Отрубка с двух сторон. 1- заусенец

танавливают напротив надруба со смещением в сторону получаемой поковки, и повторным нажатием разделяют заготовку на две части.

Отрубка с трех сторон применяется для заготовок круглого сечения на плоских и вырезных бойках. При этом профиль поперечного сечения искажается незначительно (рис. 2.21).

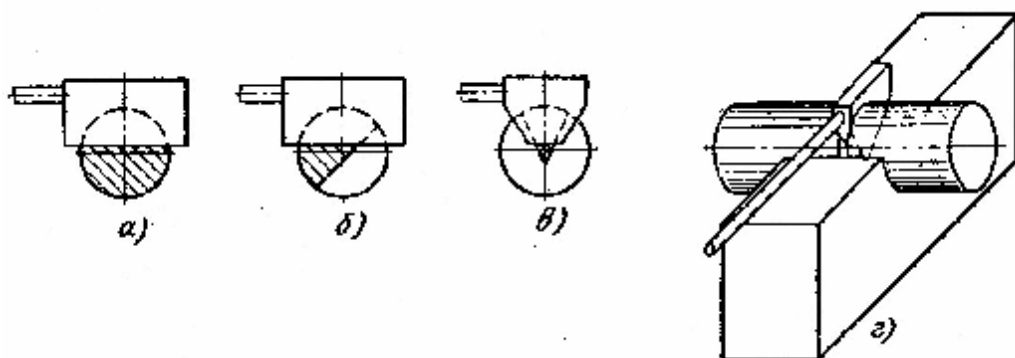


Рис. 2.21. Отрубка с трех сторон

Отрубку с четырех сторон (рис. 2.22) применяют для крупных поковок, как правило, с оставлением перемычки.

Заготовку надрубает с четырех сторон (попарно с двух противоположных сторон, не доходя до их середины) обычными или трапецеидальными топорами. В прорезь вводят топор обухом вниз или плоскую раскатку, что более целесообразно, и окончательно разделяют заготовку. На разделяемых таким способом частях заготовки заусенцы не образуются.

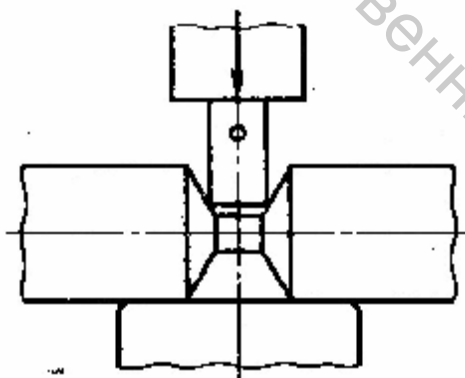


Рис. 2.22. Отрубка с четырех сторон

Инструмент для отрубki — топоры (рис. 2.23) изготавливают из стали 5ХНВ или 50. При отрубке обух топора должен быть параллелен верхнему бойку. Кроме того, формы обуха и бойка должны быть сопрягаемыми.

Гибка — кузнечная операция, посредством которой образуют или изменяют углы между частями заготовки или придают ей изогнутую форму (рис. 2.24). Гибку применяют как основную (единственную) операцию или в сочетании с другими для получения изделий типа угольников, кронштейнов, крюков, хомутов и других изделий. Гибку производят разными способами: универсальным инструментом и в специальных гибочных штампах.

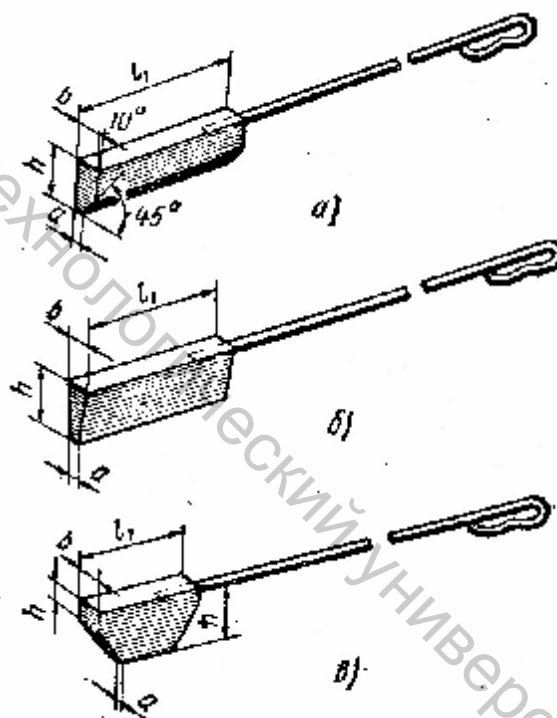


Рис. 2.23. Топоры для отрубki:
а — односторонний; б — двусторонний;
в — для вырезного бойка

При гибке искажается сечение заготовки и уменьшается его площадь. Кроме того, возможно образование складок по внутреннему контуру, утяжины и трещины по наружному контуру. Чем меньше радиус закругления и чем больше угол изгиба, тем больше проявляются эти дефекты. Круглое сечение заготовки преобразуется в овальное, прямоугольное – в трапециевидное. Поэтому после гибки необходима правка в местах изгиба. Утяжку на наружном радиусе гибки правкой устранить нельзя. Для получения равнопрочного сечения или поковок с внешним заостренным углом необходимо, чтобы в месте изгиба заготовки предварительно было получено утолщение. При проектировании деталей, получаемых гибкой, желательно задавать только внутренний радиус изгиба.

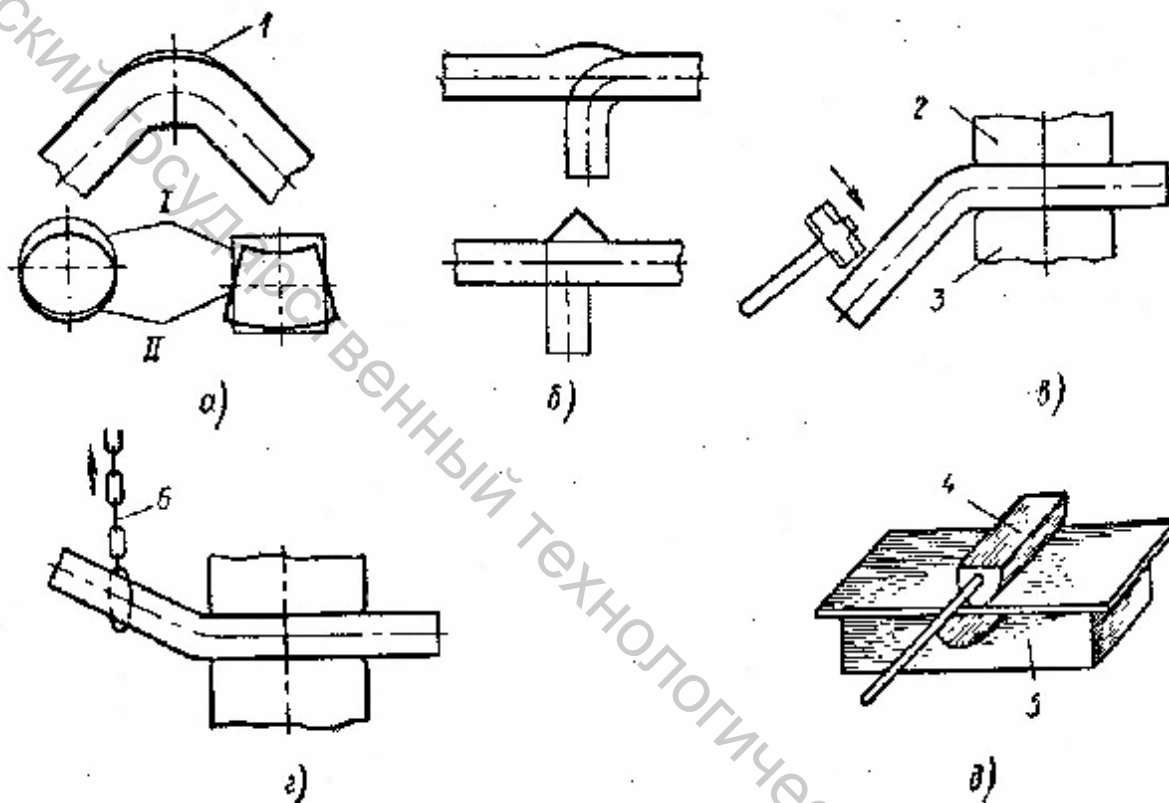


Рис. 2.24. Гибка: а- искажение формы поперечного сечения, образование утяжины и складок; б- усиление места гибки; в- гибка кувалдой; г- гибка с помощью крана; д- раскаткой в подкладном штампе; 1- утяжка, 2- верхний боек, 3- нижний боек, 4- раскатка, 5- штамп, 6- кран, I- до гибки; II- после гибки.

Скручивание (рис. 2.25) — это кузнечная операция, с помощью которой часть заготовки поворачивается вокруг продольной оси. Скручивание применяют при ковке многоколенных коленчатых валов, крупных сверл, бурильных инструментов и тому подобных деталей.

В зависимости от размеров заготовки можно скручивать вручную с помощью тисков или бойков. Крупные заготовки скручивают с помощью мостового крана и изогнутых или шарнирных вилок. При скручивании поковка может изогнуться. Во избежание изгиба к скручиваемой части поковки подвешивают груз (боек) или закрепляют на столе прессы. Секторные шарнирные вилки обеспечивают больший угол разворота, чем изогнутые вилки.

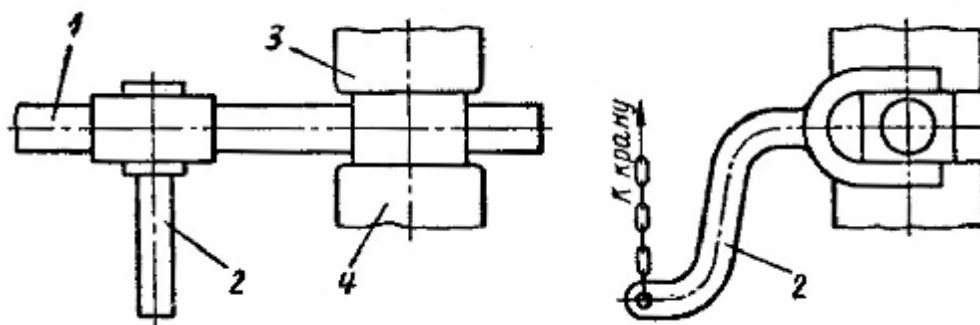


Рис. 2.25. Схема скручивания: 1- груз (противовес), 2- изогнутая вилка, 3- верхний боек, 4- нижний боек

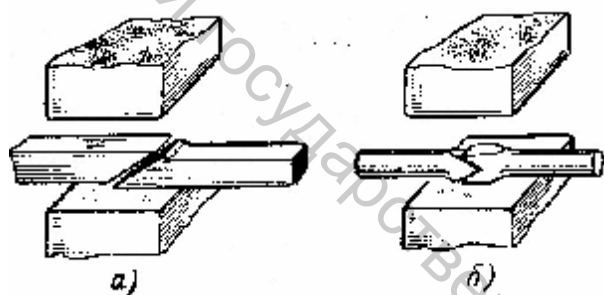


Рис. 2.26. Сварка под молотом:
а- внахлестку, б- вразруб

Скручивание происходит за счет сдвиговых деформаций. Пластичность металла в условиях сдвига минимальна, поэтому перед этой операцией необходимо подготовить поверхности мест скручивания – тщательно выгладить или даже ободрать на токарном станке, предварительно удалив все дефекты (во избежание концентрации напряжений).

Кузнечной сваркой называют операцииковки, посредством которой отдельные части или концы одной заготовки после предварительного нагрева металла соединяют в одно целое вначале слабыми, а затем сильными ударами (рис. 2.26), при этом температура нагрева заготовки 1300—1350 °С.

2.10. Объемная штамповка в открытых и закрытых штампах

Объемной штамповкой получают поковки различной конфигурации – от простых по форме до очень сложных. Осуществляется объемная штамповка на молотах, кривошипных горячештамповочных и гидравлических прессах.

Штамповка в открытых штампах характеризуется тем, что штамп в процессе деформирования остается открытым (рис. 2.27). Зазор Δ между подвижной 1 и неподвижной 2 частями открытого штампа является величиной переменной. В этот зазор выдавливается облой, высота которого в процессе деформирования изменяется. Облой перекрывает выход, и оставшийся металл заполняет полость (ручей) штампа. Избыточный металл после заполнения всей полости штампа вытесняется в облойную канавку 3.

Размеры и формы канавок, в которых размещается облой, зависят от размеров и конфигурации поволоков, поступающих в чистовой ручей. Правильно выбранные формы и размеры канавок обеспечивают заполнение рельефа полости штампа и вытеснение избыточного металла из ручья. Облойная канавка имеет узкий выход из полости штампа и расширенную часть – магазин, предназначенный для свободного размещения вытесняемого металла. Для последую-

щей обрезки облоя важно, чтобы сопряжение поковки с обломом было выполнено как можно более резко. Однако при небольшом радиусе закругления в месте

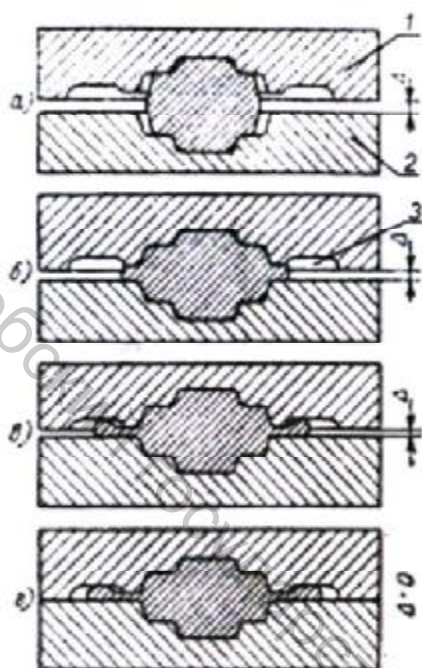


Рис. 2.27. Схема штамповки в открытом штампе: а – г - последовательность заполнения штампа. 1, 2 - соответственно подвижная и неподвижная часть штампа, 3 - облойная канавка

перехода от поковки к облою раскаленный металл нагревает острый порог штампа, и он быстро изнашивается. Канавка теряет форму, что приводит к браку поковок. Поэтому на практике применяют более рациональные формы канавок, которые имеют увеличенный порог и магазин.

Недостаточная ширина порога вызывает деформацию штампа, а большая ширина порога приводит к повышенному расходу энергии на штамповку вследствие большого сопротивления образованию облоя и его деформации.

Линия разъема штампов может быть прямой или ломаной. Ломаная линия разъема усложняет изготовление штампа, однако условия заполнения штампа улучшаются.

Разделительные операции. Схемы обрезки облоя и удаления пленок приведены на рис. 2.28. На практике используют горячую и холодную обрезку. Горячую обрезку осуществляют при отделении облоя или пленок от поволоки из легированных и

высоколегированных сталей. Усилие при горячей обрезке в 5 – 6 раз меньше усилия при холодной обрезке, поэтому поковки с большой площадью среза целесообразно обрезать в горячем состоянии.

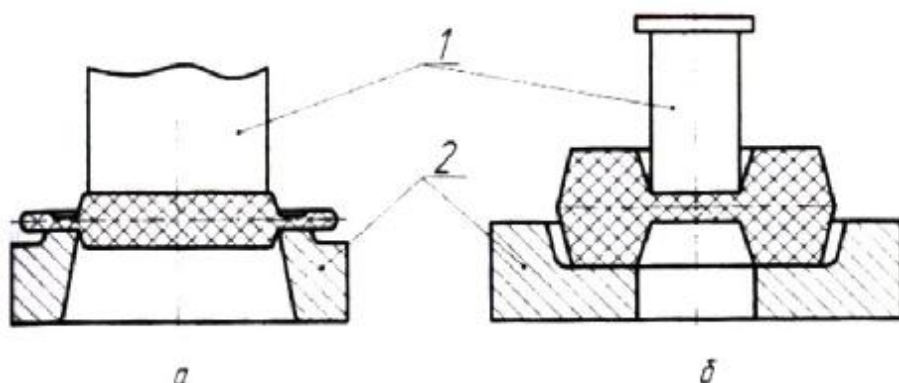


Рис. 2.28. Схемы обрезки облоя (а) и удаления пленок (б): 1-пуансон, 2-матрица

Поковки небольших размеров, но тонкие подвержены короблению при горячей обрезке и поэтому подлежат холодной обрезке, которая в таких случаях не требует больших усилий и обычно не сопровождается последую-

щей правкой поволоки.

Ручьи штампов объемной штамповки. Поковки сложной формы, имеющие значительную разницу в площадях поперечного сечения, требуют предва-

рительной обработки с целью придания формы, близкой к окончательной. Поковки таких форм получают в многоручьевом штампе.

Обработку заготовки в одном ручье называют переходом. Количество ручьев в штампе обычно соответствует количеству переходов.

Операцией называют законченную часть технологического процесса, включающего все переходы объемной штамповки, совершаемые за один нагрев независимо от количества используемого оборудования.

Все ручьи горячей объемной штамповки можно разделить на три основные группы: подготовительные, окончательные и отрезные.

Подготовительные ручьи штампов предназначены для формообразования заготовки простой формы в фасонную, приближающуюся к окончательной форме изделия.

Окончательные ручьи предназначены для оформления поковки и подразделяются на чистовой и черновые.

Чистовой ручей (рис 2.29, а) предназначен для получения окончательной, отчетливо оформленной детали в соответствии с требованиями приемочного чертежа и технических условий. Изготавливают окончательный ручей по чертежу горячей поковки. Поэтому размеры полости ручья увеличивают на величину температурной усадки.

Предварительный ручей (рис. 2.29, б) предназначен для получения формы, близкой к окончательной, и обеспечивает стойкость окончательного ручья.

Заготовительно-предварительный (рис. 2.29, в) служит для получения формы, близкой к окончательной, и одновременно на некоторых участках выполняет роль заготовительного, обеспечивая значительное долевое поперечное смещение металла.

Формовочный ручей (рис, 2.29, г) служит в основном для придания заготовке формы, приближающейся к форме плана поковки. В этом ручье происходит лишь незначительное осевое перемещение металла.

Гибочный ручей (рис 2.29, д) служит для изгиба заготовки в соответствии с формой поковки в плане незначительного осевого перемещения и пережима заготовки в отдельных сечениях.

Пережимной ручей (рис. 2.29, е) служит для пережима, сопровождаемого уменьшением площади поперечных сечений исходной заготовки в одних местах при незначительном наборе в других местах. Осевое перемещение также незначительно.

Открытый подкатной ручей (рис. 2.29, ж) служит для увеличения площади поперечных сечений заготовки в одних местах за счет уменьшения площади поперечных сечений исходной заготовки в других местах при незначительном удлинении заготовки. Закрытый подкатной ручей (рис. 2.29, з), благодаря закрытому профилю ручья в поперечных сечениях обеспечивает более значительный набор металла, т.е. более интенсивное перемещение металла из участков ручья с поперечными сечениями, меньшими, чем у исходной заготовки, на участки по сечению больше, чем сечение исходной заготовки. Удлинение при этом незначительно.

Открытый протяжной ручей (рис. 2.29, и) предназначен для увеличения длины исходной заготовки за счет уменьшения площади ее поперечных сечений в тех местах, где это необходимо в соответствии с формой поковки. Закрытый протяжной ручей (рис. 2.29, к), благодаря закрытому профилю ручья в поперечных сечениях, интенсифицирует перемещение металла в осевом направлении и способствует более значительному удлинению заготовки.

Площадка для оттяжки конца (рис. 2.29, л) служит для удлинения части исходной заготовки. Площадка для осадки (рис. 2.29, м) служит для уменьшения высоты и увеличения площади поперечного сечения исходной заготовки. Площадка для расплющивания (рис. 2.29, н) служит для расплющивания исходной заготовки, иногда сопровождаемого местным пережимом металла.

Отрезной нож (рис. 2.29, о) применяют для отделения штампованной поковки от прутка, когда из исходной заготовки получают несколько поковок.

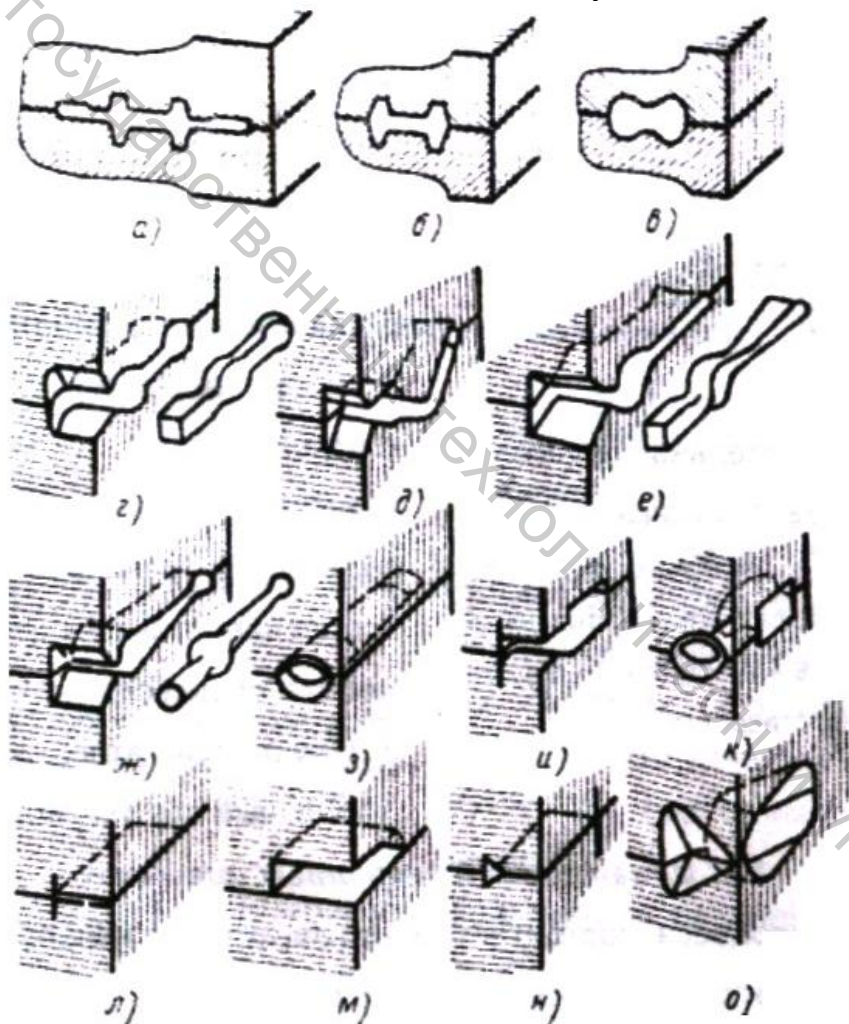


Рис. 2.29. Схемы ручьев штампов:

а - открытый окончательный ручей, б - предварительный ручей, в - заготовительно-предварительный ручей, г - формовочный ручей, д - гибочный ручей; е - пережимной ручей, ж - открытый подкатной ручей, з - закрытый подкатной ручей, и - открытый протяжной ручей, к - закрытый протяжной ручей, л - площадка для оттяжки конца, м - площадка для осадки, н - площадка для расплющивания, о - отрезной нож

Штамповка в закрытых штампах. Сущность процесса состоит в том, что заготовка с начальными размерами H_0 и D_0 деформируется, находясь в полости одной части штампа, в которую входит, как в направляющую, другая его часть (рис. 2.30, а, б). Штамп не обеспечивает свободного удаления цилиндрической поковки с конечными размерами H_k и D_k из ручья. Для извлечения поковки в одном случае применяется выталкиватель 3 и штамповочные уклоны α (рис. 2.30, в).

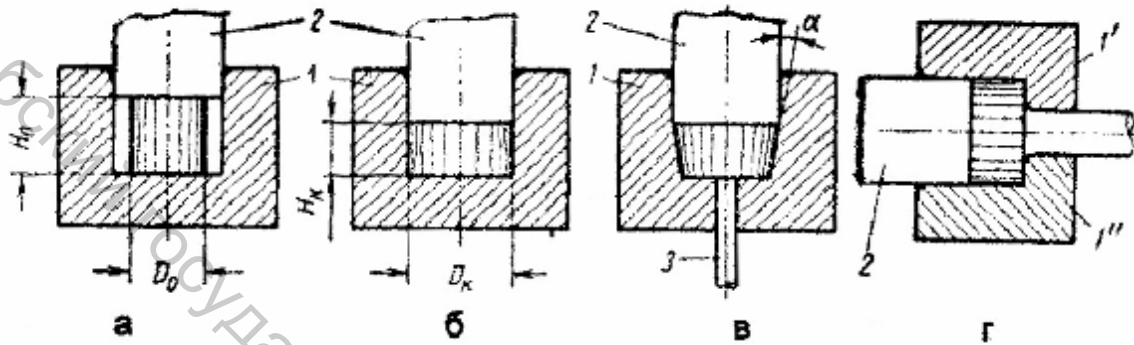


Рис. 2.30. Схемы штамповки в закрытых штампах: 1 — матрица, 2 — пуансон, 3 — выталкиватель

В другом случае (рис. 2.30, г) часть штампа, в которой расположена полость, выполнена разъемной, состоящей из двух половин 1' и 1''; штамп состоит из трех частей и имеет разъем в двух плоскостях, штамповочные уклоны при этом не нужны.

Поковки, формируемые в закрытых штампах, более высокого качества чем в открытых за счет лучшего расположения волокон, отсутствия местного интенсивного течения металла в облой и перерезанных волокон.

На рис. 2.31 показана схема расположения волокон в поковках, штампуемых в открытом и закрытом штампах.

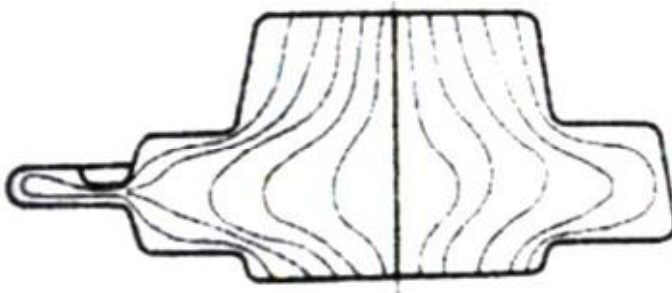


Рис. 2.31. Расположение волокон в поковках, штампуемых в открытом (левая часть) и закрытом (правая часть) штампах

Приведенная схема иллюстрирует большую неравномерность деформации в случае штамповки в открытых штампах. Это свидетельствует о более низком качестве получаемых поковок, чем при штамповке в закрытых штампах.

Штамповка в закрытых штампах характеризуется следующими признаками:

- облой не предусматривается, поэтому объем металла в полости практически не меняется;
- образующийся заусенец вследствие затекания металла в зазор по месту разъема штампа незначителен; толщина заусенца не меняется в процессе штамповки, а направление истечения совпадает с направлением движения пуансона;
- макроструктура поковок такова, что волокна металла обтекают контур поковки и не перерезаются.

2.11. Штамповка на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ)

ГКМ представляют собой кривошипные прессы с перемещением главного и зажимного ползунов в горизонтальной плоскости. Конструкция предусматривает наличие двух взаимно перпендикулярных разъемов (рис. 2.32).

Один разъем проходит между пуансоном 1, закрепленным в блоке пуансонов 2, и матрицами 3, 4. Второй разъем находится между неподвижной матрицей 3 и подвижной 4. В начале процесса пуансон и обе матрицы находятся в разомкнутом состоянии (положение I).

Пруток металла диаметром D_0 помещается в неподвижную матрицу до соприкосновения с упором 5, положение которого отрегулировано так, что в полости матрицы оказывается участок прутка длиной l_0 , предназначенный для деформирования (высадки). Затем включают машину на рабочий ход. Подвижные части приходят в движение в следующей последовательности. Прежде всего, в рабочее положение становится подвижная матрица (положение II). Это обеспечивает плотный зажим прутка, после чего упор 5 автоматически отходит, а пуансон приходит в соприкосновение с прутком металла.

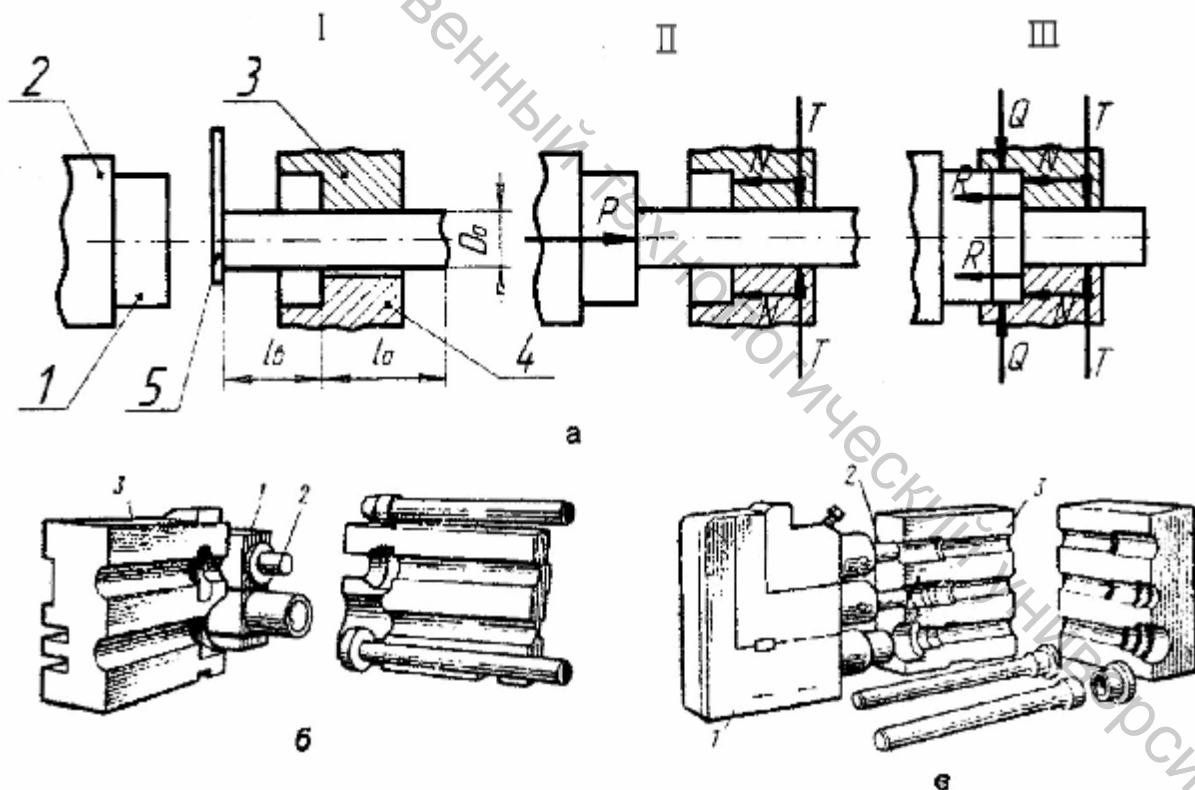


Рис. 2.32. Штамповка на ГКМ: а - схема процесса штамповки, б - двухручьевого штамп, в - трехручьевого штамп. 1 - пуансон, 2 - блок пуансонов, 3 - матрица неподвижная, 4 - матрица подвижная, 5 - упор

При дальнейшем движении пуансона производится деформация части прутка длиной l_6 , при этом заготовка принимает форму полости ручья (положение III).

При обратном ходе машины из полости сомкнутых матриц удаляется пуансон, подвижная матрица отходит, подвижный упор становится в исходное положение, а оператор удаляет прутки с деформированным концом. Такой порядок передвижения частей инструмента обеспечивается кинематической системой ГKM.

В заготовке в момент зажатия прутка (положение II) возникают боковые силы T , которые вызывают силы трения N , удерживающие прутки при последующей деформации его конца силой P пуансона ($P < N$). В положении III сила P имеет максимальное значение, но это не требует увеличения сил трения для удержания прутка в зажатом состоянии, так как образовавшееся утолщение на конце прутка упирается в заднюю стенку ручья и возникают дополнительные силы R и Q .

Применяют ГKM с вертикальным и горизонтальным разрезами матриц. На постсоветском пространстве наиболее распространены ГKM с вертикальным разрезом матриц. За рубежом наиболее распространены машины с горизонтальным разрезом матриц. Горячая штамповка на ГKM является весьма распространенным и одним из наиболее производительных и экономичных способов штамповки во всех отраслях машиностроения.

Наличие двух взаимно перпендикулярных плоскостей разреза штампов позволяет применять самую прогрессивную технологию – закрытую штамповку и получать такие поковки, которые невозможно получать при штамповке на другом штамповочном оборудовании в штампах с одной плоскостью разреза, например, поковки со сквозным отверстием, с глубокой глухой полостью, со стержнем, прошитым утолщением и др.

Основные операции при штамповке на ГKM – *высадка, прошивка и просечка, а также пережим, отрезка, гибка, расплющивание, выдавливание и обрезка облоя.*

2.12. Операции листовой штамповки

Использование листов в качестве исходного материала для формирования плоских и объемных заготовок методом штамповки является наиболее прогрессивным и распространенным технологическим процессом производства. Листовая штамповка имеет ряд преимуществ перед другими видами обработки. В техническом отношении к преимуществам листовой штамповки относятся возможности: изготовления сложных заготовок; выполнения сборочных работ; осуществления точной обработки контура заготовок и отверстий; изготовления легких и прочных конструкций при минимальном расходе металла; широкие возможности автоматизации.

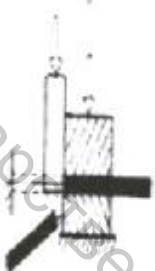
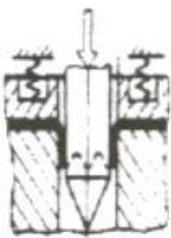
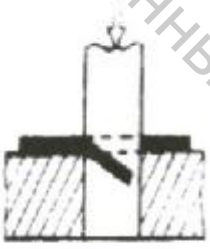
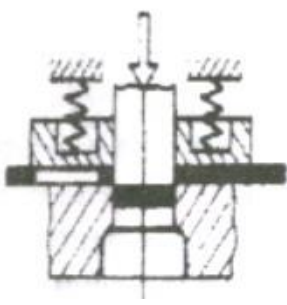
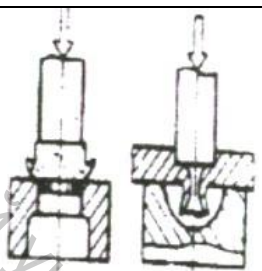
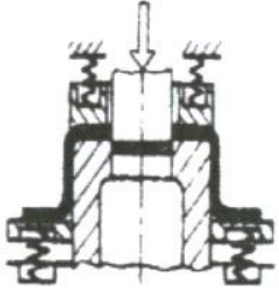
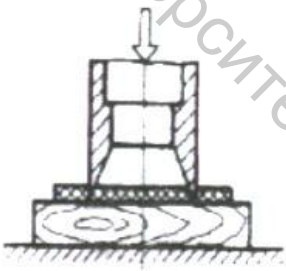
В экономическом отношении листовая штамповка обладает следующими преимуществами: экономным использованием материала и сравнительно не-

большими отходами; высокой производительностью оборудования; низкой стоимостью изготовления заготовок.

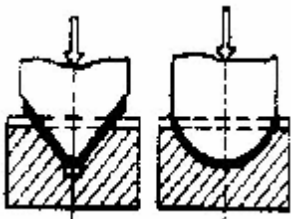
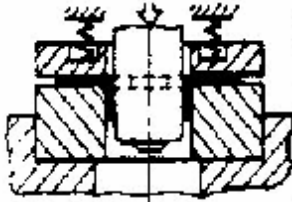
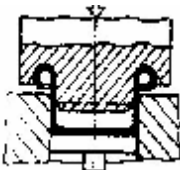
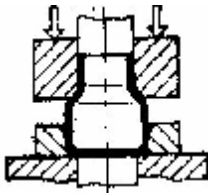
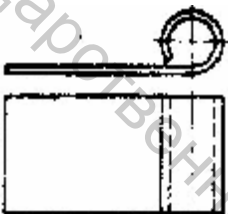
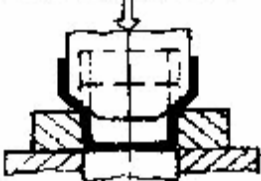
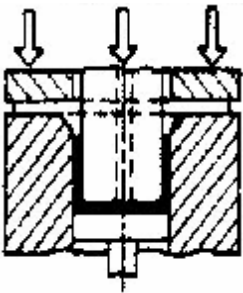
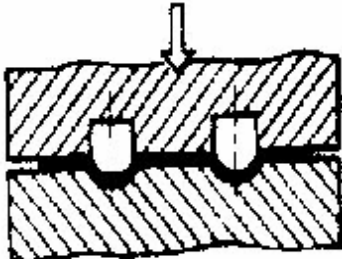
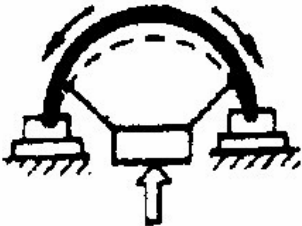
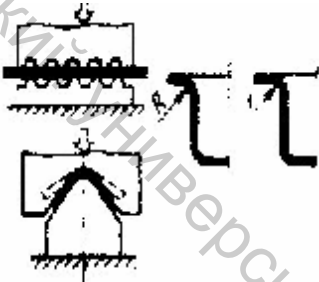
Операции листовой штамповки разделяются на две группы: разделительные и формообразующие (таблица 2.1– 2.2). *Разделительные операции* предназначены для полного или частичного отделения одной части металла от другой. *Формообразующие операции* предназначены для объемного пластического формообразования плоских заготовок.

Таблица 2.1

Схемы основных разделительных операций и
их определение

Термин и его определение	Схема операции	Термин и его определение	Схема операции
Отрезка - полное отделение части заготовки по незамкнутому контуру путем сдвига		Проколка – образование в заготовке отверстия без удаления металла в отход	
Надрезка - неполное отделение заготовки путем сдвига		Обрезка - удаление излишков металла (припусков, облоя) путем сдвига	
Вырубка - полное отделение заготовки или изделия от исходной заготовки по замкнутому контуру путем сдвига (отдельная часть – изделие)		Зачистка - удаление технологических припусков с помощью штампа с образованием стружки для повышения точности размеров и уменьшения шероховатости штамповочной заготовки	
Пробивка - образование отверстия или паза путем сдвига с удалением отдельной части металла в отход		Просечка в штампе - образование отверстия в заготовке путем внедрения в нее инструмента с удалением части материала в отход	

**Схемы формоизменяющих операций листовой штамповки
и их определение**

Термин и его определение	Схема операции	Термин и его определение	Схема операции
Гибка - образование или изменение углов между частями заготовки или придание ей криволинейной формы		Отбортовка - образование борта по внутреннему контуру заготовки	
Закатка - образование закругленных бортов на краях полой заготовки		Обжим в штампе - уменьшение размеров поперечного сечения части полой заготовки	
Завивка - образование закруглений на концах плоской заготовки или заготовки из проволоки		Раздача - увеличение размеров поперечного сечения части полой заготовки	
Вытяжка - образование полой заготовки или изделия из плоской или полой исходной заготовки		Рельефная формовка - образование рельефа в листовой заготовке за счет местных растяжений без обусловленного изменения толщины стенки	
Обтяжка - образование заготовки заданной формы приложением растягивающих усилий к ее краям		Правка давлением - устранение искаженной формы заготовки, уменьшение радиусов сопряжений отдельных участков заготовки	

К *заготовительным операциям* относятся правка листов и полос на листо-правильных машинах и правильных валках, а также резка листов на полосы или штучные заготовки. Ряд операций выполняется на давяльных, роликовых и накатных станках.

К *отделочным* относятся следующие операции: полирование, лакировка, окрашивание, оксидирование, металлизация, декоративные и противокоррозионные покрытия (цинкование, меднение, лужение, никелирование, хромирование, кадмирование и т.д.).

2.13. Производство заготовок методами порошковой металлургии

Технологическая схема производства изделий и полуфабрикатов методами порошковой металлургии состоит из следующих основных процессов: получение порошков с требуемыми свойствами; подготовка порошков к формованию; формование их различными методами в брикеты или заготовки определенных форм и размеров; спекание заготовок при определенной температуре; термическая и химико-термическая обработка; обработка давлением, пропитка и т.п.

Подготовка порошков к прессованию.

Отжиг порошков применяют с целью повышения их пластичности и пресуемости за счет восстановления остаточных оксидов и снятия наклепа. Нагрев осуществляют в защитной среде (восстановительной, инертной или вакууме) при температуре порядка 0,4–0,6 абсолютной температуры плавления металла порошка или наименее тугоплавкого компонента смеси порошков. Наиболее часто отжигу подвергают порошки, полученные механическим измельчением, электролизом и разложением карбониллов, которые по условиям их производства требуют существенной доработки.

Классификация – это разделение порошков по величине частиц на фракции, используемые либо непосредственно для формования, либо для составления смеси, содержащей необходимое количество частиц каждого размера. Некоторые из получаемых фракций порошка могут оказаться непригодными для последующего применения и требуют какой-либо дополнительной обработки (укрупнения в случае мелких фракций или размола в случае крупных фракций). Наиболее распространена ситовая классификация порошков.

Смешивание – это приготовление однородной механической смеси из металлических порошков различного химического и гранулометрического состава или смеси металлических порошков с неметаллическими. Это одна из важных технологических операций процесса изготовления порошковых изделий. Для взвешивания смешиваемых компонентов используют торговые или технические весы. Приготовление смеси заданного состава проводят в специальных смесительных устройствах. Важной задачей смешивания является обеспечение однородности смеси, так как от этого во многом зависят конечные свойства изделий.

Прессование порошков в закрытой пресс-форме. Сущность процесса прессования порошка заключается в уменьшении начального объема сжатием. Объем порошкового тела при прессовании изменяется в результате заполнения пустот между частицами за счет их смещения и пластической деформации частиц.

Прессование в закрытой пресс-форме выполняют по одно- или двусторонней схеме. Прессование по односторонней схеме (рис. 2.33, а) осуществляется подвижным верхним пуансоном: прессование по двусторонней схеме (рис. 2.33, б) осуществляется двумя подвижными пуансонами верхним и нижним.

Изостатическое прессование Одним из наиболее перспективных методов получения крупногабаритных заготовок и изделий из порошков является метод изостатического (всестороннего) прессования, основное преимущество которого заключается в возможности получения заготовок и изделий с равномерно

распределенной по объему плотностью. Это достигается равномерным приложением давления ко всем внешним поверхностям прессуемого порошка. При этом практически отсутствуют потери давления на внешнее трение. Отсутствие потерь на внешнее трение и равномерное давление при изостатическом прессовании обеспечивают необходимую плотность брикетов при давлениях, значительно меньших, чем при прессовании в пресс-формах.

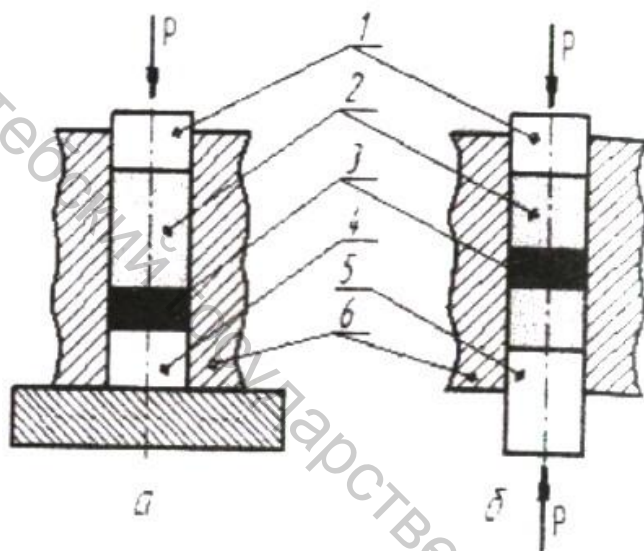


Рис. 2.33. Схемы одно-(а) и двустороннего (б) прессования порошков: 1 – подвижный верхний пуансон, 2 – порошок, 3 – спрессованная заготовка, 4 – неподвижный пуансон, 5 – подвижный нижний пуансон, 6 – матрица

Применяют три основных вида изостатического прессования:

- гидростатическое;
- изостатическое формование в толстостенной эластичной оболочке;
- горячее изостатическое прессование (газостатическое, гидростатическое).

Гидростатическое прессование. При гидростатическом прессовании порошков в качестве среды, передающей давление, применяют жидкости.

В качестве рабочих жидкостей чаще всего применяют водные эмульсии различных масел, глицерин, чистые минеральные

масла, можно использовать и воду при условии добавки в нее ингибиторов ржавчины.

Материалами эластичных контейнеров при гидростатическом прессовании являются, чаще всего, тонкостенная резина в виде специально изготавливаемых для этой цели оболочек-чехлов либо латекс, наносимый на поверхность предварительно сформированной заготовки методами окунания с последующей сушкой

Импульсное формование. Импульсное формование порошков можно осуществлять либо многократным воздействием на порошок импульсами давления относительно небольшой амплитуды – наложением вибраций, либо воздействием на порошок одним или несколькими импульсами большой амплитуды. В первом случае процесс называют *вибрационным*, во втором – *импульсным формованием*.

Вибрационное прессование Применение вибрации при прессовании позволяет снизить давление прессования в десятки раз. Наиболее эффективно вибрация сказывается при формовании порошков, представляющих собой определенную совокупность фракций. Вибрационное прессование целесообразно применять для уплотнения порошков твердых и хрупких металлов, которые практически пластически не деформируются.

Известны два основных вида вибрационного прессования, которые различаются характером передачи вибрации на порошок:

а) прессование по схеме "вибрирующего контейнера", когда вибрированию подвергается контейнер, в котором порошок уплотняется под действием собственной массы. По этой схеме высокую плотность можно получить практически без приложения внешнего давления и, что особенно важно, можно получить мерное распределение плотности по объему брикета;

б) прессование по схеме "вибрирующих пуансонов", когда уплотнение порошка происходит под действием вибрации верхнего или нижнего пуансона или обоих пуансонов одновременно. Давление при этом снижается незначительно.

Вибрационное прессование значительно облегчает изготовление изделий сложной формы. Доказано, что порошковая масса при вибрировании приобретает свойства вязкой жидкости и хорошо заполняет формы различной сложности. При изготовлении методом вибрационного прессования изделий сложных форм целесообразно применение графитовых матриц, в которых можно было бы в дальнейшем их спечь. Частоты, применяемые при вибрационном прессовании, обычно невелики и равны 50–100 Гц при амплитудах 5–30 мкм. Применение вибрационного прессования в ряде случаев целесообразно и при прессовании пластичных порошков. В этом случае давление прессования снижается незначительно, но зато улучшается равномерность распределения плотности, особенно у торцов брикета.

Уплотнение порошков под действием вибрации происходит довольно быстро, в течение нескольких секунд. Продолжительность уплотнения зависит от формы частиц и гранулометрического состава порошка. Более гладкие и простые по форме частицы уплотняются быстрее.

Способы импульсного формования. В зависимости от источника энергии различают взрывное, электрогидравлическое, электромагнитное и пневмомеханическое формование порошков

Формование заготовок из пластифицированных порошков. Пластифицирование – важная операция при подготовке к прессованию порошковой керамики карбидов, нитридов, боридов и др. Пластифицирующие вещества, вводимые в смесь перед прессованием, с одной стороны, облегчают скольжение частиц порошка относительно друг друга и стенок пресс-формы, способствуя тем самым уплотнению смеси, а с другой, придают заготовкам некоторую дополнительную прочность за счет клеящей способности пластификатора.

Применяемые пластификаторы должны легко удаляться из заготовки при сушке или низкотемпературном спекании и не оставлять примесей. В качестве пластификаторов применяют парафин, раствор каучука, раствор бакелита, раствор поливинилового спирта, различные глины, жидкое стекло или различные комбинации из них.

Так, при формовании твердых сплавов хорошо зарекомендовал себя пластификатор, включающий озокерит, твердый парафин и парафиновое масло.

Спекание. Спекание – это нагрев и выдержка порошковой заготовки при температуре ниже точки плавления основного компонента с целью обеспечения

заданных физико-механических свойств. Спекание представляет сложный комплекс большого количества физико-химических явлений, протекающих одновременно или последовательно при нагревании заготовок. Возможны две разновидности процесса спекания: твердофазное, т.е. без образования жидкой фазы, и жидкофазное, при котором легкоплавкие компоненты смеси порошков расплавляются. Спекание изделий, спрессованных из порошков, проводят в среде защитного газа или вакууме. Применение защитных атмосфер обусловлено необходимостью предохранения спекаемых материалов от окисления в процессе термической обработки, а также восстановления оксидных пленок на поверхности частиц.

Окисление при спекании крайне нежелательно, так как процесс уплотнения и упрочнения спекаемых брикетов тормозится и даже останавливается при образовании на поверхности частиц оксидных пленок. Спекаемые частицы могут окисляться кислородом, содержащимся в защитной атмосфере (например, в виде паров воды) в спекаемом материале в виде оксидов (покрывающих частицы порошков), в порах спекаемого брикета, а также кислородом воздуха, подсасываемого через неплотности печи.

Защиту от окисления особенно трудно осуществить при спекании металлов, образующих трудновосстановимые оксиды (хром, титан, алюминий). При спекании таких металлов требуется тщательная очистка защитного газа от кислорода. Выбор защитной среды сильно зависит от состава спекаемых изделий, типа печей, экономических факторов и т. п. Взаимодействие с атмосферой не должно приводить к образованию соединений, ухудшающих свойства спеченных тел. В целом атмосфера спекания влияет на десорбцию газов, рафинирование, восстановление и диссоциацию оксидов, перенос металла через газовую фазу; образование химических соединений при взаимодействии с материалом спекаемого тела, поверхностную диффузию атомов и др.

В качестве защитной атмосферы применяют водород, генераторный газ, диссоциированный аммиак, конвертированный природный газ, инертные газы (аргон, гелий), азот, эндо- и экзотермические газы, а также вакуум.

Точность изготовления порошковых деталей определяется точностью оборудования, пресс-форм, стабильностью упругих последствий, объемных изменений при спекании, износом пресс-форм, ростом линейных размеров при хранении и т. д.

Точность размеров холоднопрессованных брикетов при уплотнении «по давлению» соответствует для размеров по высоте 12—14-му квалитетам, для диаметральных — 6-8-му квалитетам: при уплотнении с ограничителем для высотных размеров соответствует 12-му квалитету, для диаметральных — 8—11-му квалитету. При изготовлении изделий с точностью по 6—7-му квалитетам для обеспечения допуска соосности детали пресс-формы изготавливают по 3—6-му квалитетам.

Спекание приводит к снижению точности размеров на 1—2 квалитета. Точность размеров поперечного сечения прессовок (круглость, соосность) практически не зависит от схемы прессования и определяется в основном точностью пресс-форм.

3. ОБРАБОТКА ТИПОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

3.1. Обработка наружных поверхностей вращения

3.1.1. Точение заготовок

Точение применяется для обработки преимущественно поверхностей вращения с помощью резцов. Обработка наружных поверхностей вращения называется обтачиванием, обработка канавок — прорезанием, обработка торцов — подрезанием. В зависимости от типа обрабатываемой поверхности используют различные типы универсальных или специальных резцов. Чаще всего главное вращательное движение сообщается заготовке, которая устанавливается в центрах, в самоцентрирующем патроне, в патроне и центре, в специальном или специализированном приспособлении, которое крепится к шпинделю станка, а движения подачи — резцу.

Точение заготовок для валов и других деталей, имеющих форму тел вращения, бывает следующих видов:

черновое (или обдирочное) — с точностью обработки до 12-го квалитета и с шероховатостью поверхности 160...40 мкм по критерию Rz;

чистовое — с точностью обработки до 8, 9-го квалитетов с шероховатостью поверхности до 2,5 по Ra;

чистовое, точное и тонкое — с точностью обработки до 7-го квалитета и с шероховатостью поверхности до 0,16 мкм по Ra.

Обработку указанных деталей производят на различных станках: токарно-винторезных (рис. 3.1), токарно-револьверных, многорезцовых, токарно-карусельных, одношпиндельных и многошпиндельных токарных полуавтоматах и автоматах.

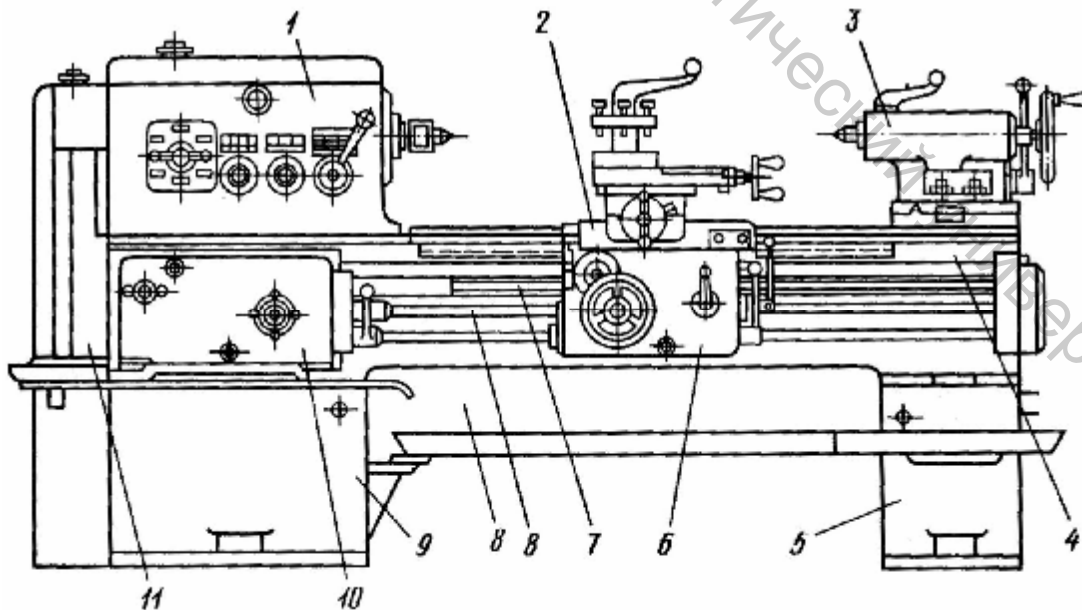


Рис. 3.1. Схема токарно-винторезного станка:

1- передняя бабка; 2- суппорт; 3- задняя бабка; 4- станина; 5, 9- тумбы; 6-фартук; 7-ходовой винт; 8-ходовой валик; 10-коробка подач; 11-гитара сменных шестерен

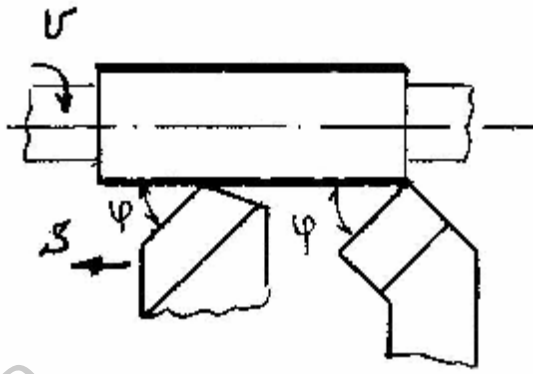


Рис. 3.2. Схема обработки прямыми и отогнутыми проходными резцами

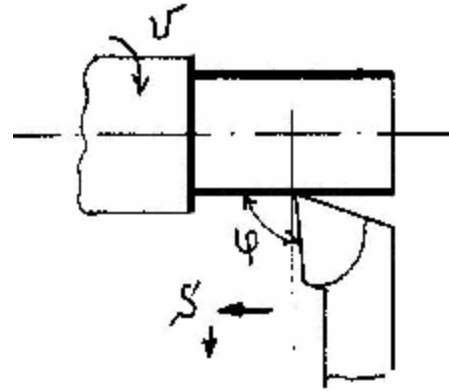


Рис. 3.3. Схема обработки проходным упорным резцом

К наружным поверхностям вращения, обрабатываемым точением, относят цилиндрические, конические и фасонные элементарные поверхности, а также прямые и угловые канавки. Частным случаем конической поверхности является торец.

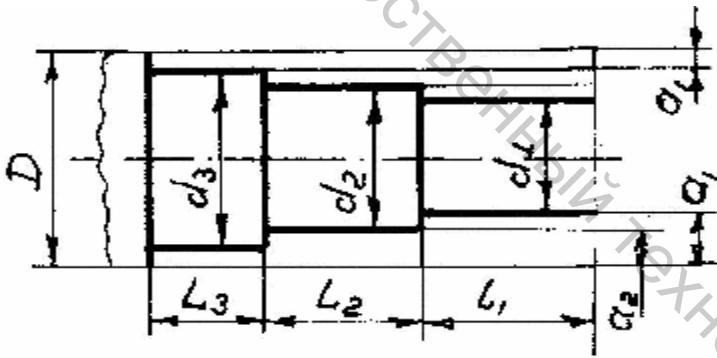


Рис. 3.4. Варианты удаления напуска

Формообразование наружных поверхностей осуществляется резцами, тип которых зависит от формы поверхности и от типа ее границы. Так открытые цилиндрические поверхности обрабатываются прямыми или отогнутыми проходными резцами с углом в плане $\varphi = 30...60^\circ$. Чем меньше φ , тем

выше стойкость резца. Но чаще всего применяют резцы с $\varphi = 45^\circ$ (рис. 3.2).

Полуоткрытые цилиндрические поверхности обрабатываются проходными упорными резцами с углом в плане $\varphi = 90...93^\circ$. Предпочтительнее $\varphi = 93^\circ$, чтобы торец формировался не за счет положения режущей кромки, а за счет поперечной подачи S (рис. 3.3).

Порядок удаления напуска со ступенчатой поверхности необходимо выбирать таким, чтобы суммарная длина рабочих и холостых проходов была минимальной. На рис. 3.4 показаны два варианта удаления напуска. В первом случае общая длина проходов будет

$$L_I = 2(L_1 + L_2 + L_3) + 2(L_1 + L_2) + 2L_1 = 6L_1 + 4L_2 + 2L_3,$$

а во втором

$$L_{II} = 2(L_1 + L_2 + L_3) = 2L_1 + 2L_2 + 2L_3.$$

Разница ΔL составляет

$$\Delta L = 4L_1 + 2L_2.$$

Следовательно, второй метод организации удаления напуска эффективнее

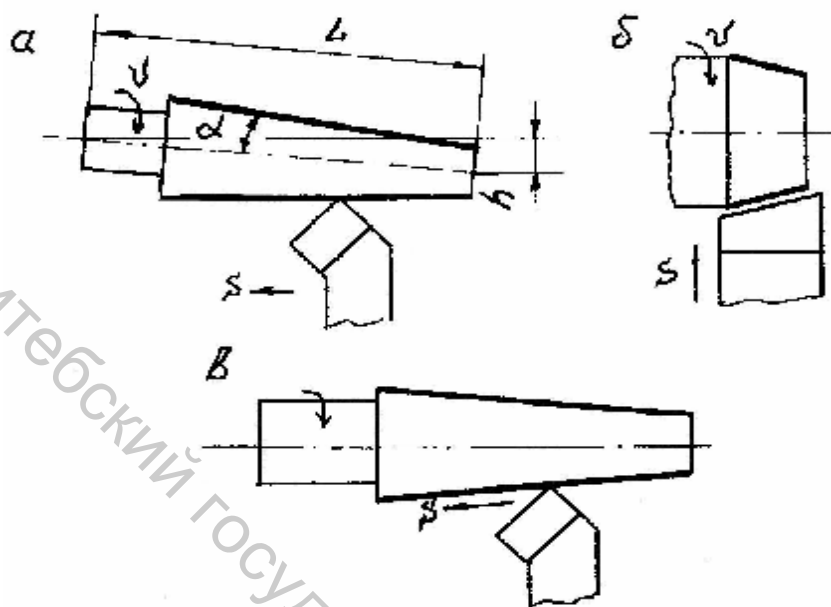


Рис. 3.5. Схема обработки конических поверхностей

первого, особенно если $a_1 \leq a_y$, где a_y — допустимая по жесткости и виброустойчивости глубина резания.

Коническую поверхность значительной длины и относительно небольшим углом наклона α , образующей к оси (от 1:16 до 1:30), обрабатывают таким же инструментом, что и цилиндрическую, но при этом поворачивают ось вращения заготовки так, чтобы образующая конуса стала параллель-

на направлению продольной подачи. Это осуществляется обычно за счет смещения центра задней бабки в горизонтальной плоскости на величину h , зависящую от требуемого угла α (рис. 3.5, а). $h = L \cdot \sin \alpha$, где L — длина заготовки.

Короткую (не более 30-40 мм) коническую поверхность можно обработать поперечной подачей специальным широким резцом, режущая кромка которого повернута на заданный угол (рис. 3.5, б). Кроме того, любую коническую поверхность можно обработать (ручной подачей), повернув поворотную плиту 4 верхних салазок 11 на заданный угол (рис. 3.5, в).

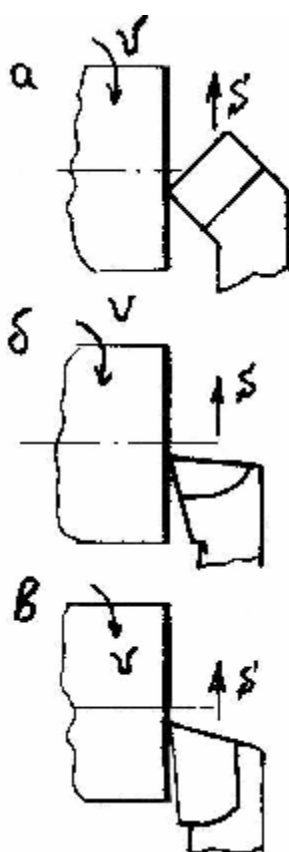


Рис. 3.6. Подрезка торца

Подрезание торца осуществляют либо подрезным резцом, либо проходными (отогнутым или упорным). Второе предпочтительнее, так как при этом нет необходимости в смене инструмента, когда после подрезания торца переходят к обтачиванию (рис. 3.6). Фасонное обтачивание, т. е. обработку поверхностей сложной конфигурации (сферических, ступенчатых, конических и др.), осуществляют при обработке фасонными резцами (рис. 3.7), а также при одновременном перемещении режущего инструмента в продольном и поперечном направле-

ниях (рис. 3.8, а). Фасонное обтачивание по копиру, контур которого соответ-

вует контуру обрабатываемой заготовки (рис. 3.8, б), значительно упрощает обработку заготовок. Фасонное обтачивание контура может также осуществляться по программе на станках оснащенных системой числового программного управления.

Галтельный переход от цилиндрической поверхности к торцу обрабатывают проходным упорным резцом, вершина которого имеет скругление соответствующего радиуса (рис. 3.7, б).

Рис. 3.7. Схема обработки короткой фасонной поверхности (а) и галтельного перехода (б)

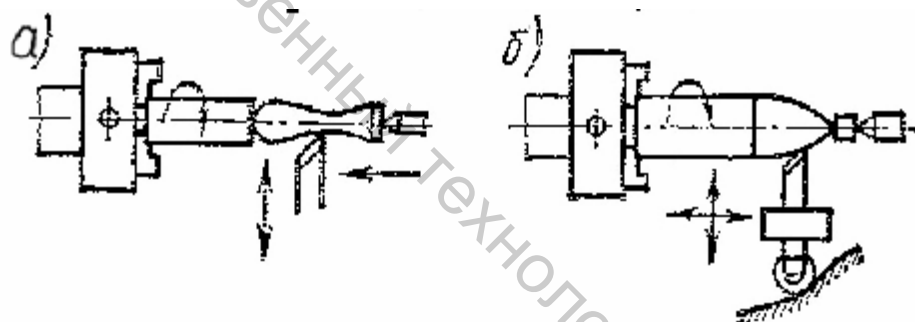


Рис. 3.8. Схемы обработки фасонных поверхностей: а— совмещением подач, б— по контуру

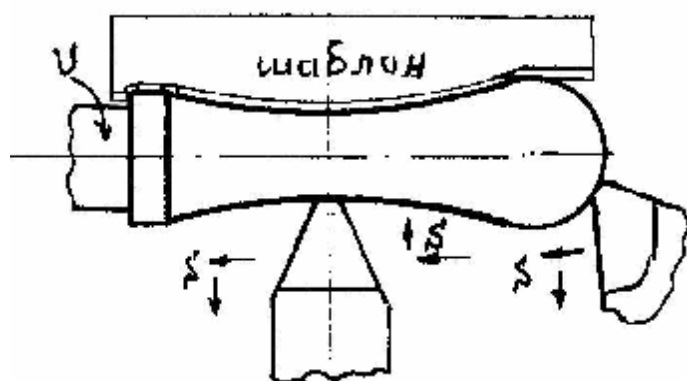


Рис. 3.9. Схема обработки неточной длинной фасонной поверхности

Обработка длинной фасонной поверхности, к точности профиля которой не предъявляются высокие требования (14-16 качество), на токарно-винторезном станке может быть выполнена при одновременном ручном управлении продольной и поперечной подачей остроконечного фасонного резца (рис. 3.9). Производительность и качество обработки зависят от

навыков рабочего. Для повышения производительности опытные рабочие ис-

пользуют автоматическую продольную подачу, управляя вручную только поперечной. Обработка такой фасонной поверхности осуществляется за несколько проходов и по частям. Контроль профиля осуществляется шаблоном, для которого на необрабатываемой и обрабатываемой поверхностях формирует измерительные базы.

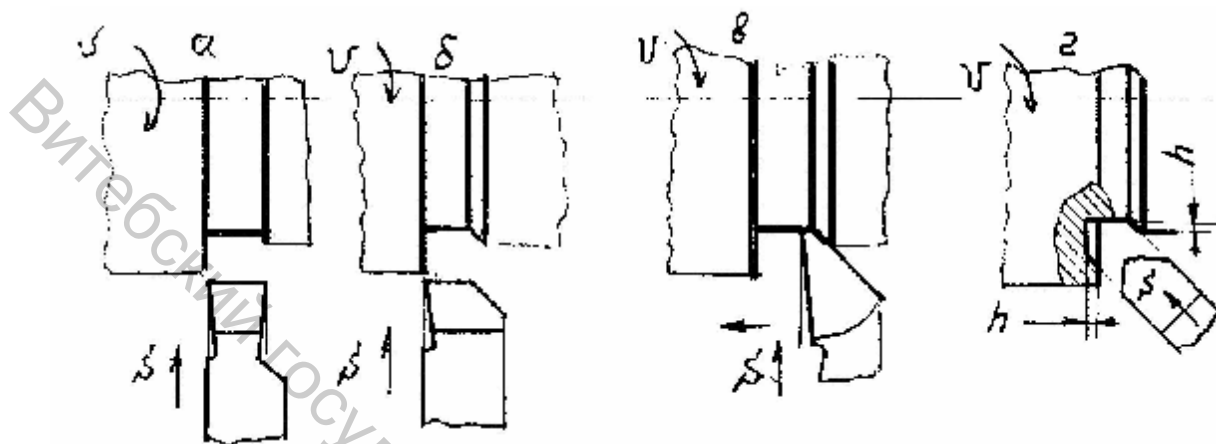


Рис. 3.10. Схемы обработки прямых и угловых технологических канавок

Канавки на периферии и на торце заготовки выполняются прорезными (канавочными) резцами. Канавки могут быть технологическими (для выхода инструмента при последующей отделочной обработке) или функциональными. Схемы обработки прямых и угловых технологических канавок приведены на рис. 3.10. Прямые технологические канавки обрабатываются либо канавочными резцами соответствующего профиля и ширины, которая обычно равна ширине канавки (см. рис. 3.10, а и б), или проходным упорным резцом со вспомогательным углом в плане $\phi_1 = 45^\circ$. Для последнего сначала осуществляют врезание поперечной подачей на глубину канавки, а затем продольной подачей обеспечивают ее ширину (см. рис. 3.10, в).

Угловая технологическая канавка выполняется канавочным отогнутым резцом с подачей под углом 45° к оси заготовки. Профиль рабочей части резца соответствует профилю канавки. Вместо подачи под углом можно использовать двухэтапную обработку: сначала радиальное врезание на глубину канавки, а затем осевое на такую же глубину в торец. Но при этом ширина резца должна быть меньше на $\Delta = 0,71 \cdot h$, где h — радиальная (и торцовая) глубина канавки (рис. 3.10-г).

Функциональные канавки могут быть прямоугольного, трапецеидального профиля и типа «ласточкин хвост». Кроме того, на торце могут быть Т-образные канавки. Прямоугольные и трапецеидальные канавки обрабатываются прорезными резцами соответствующего профиля. Широкие прямоугольные канавки обрабатываются за несколько проходов (рис. 3.11, а). Крупные трапецеидальные канавки часто обрабатываются в три перехода (резцами трех видов, см. рис. 3.11, б). В несколько переходов обрабатываются также канавки типа «ласточкин хвост» и Т-образные канавки (см. рис. 3.11, в и 3.11, г).

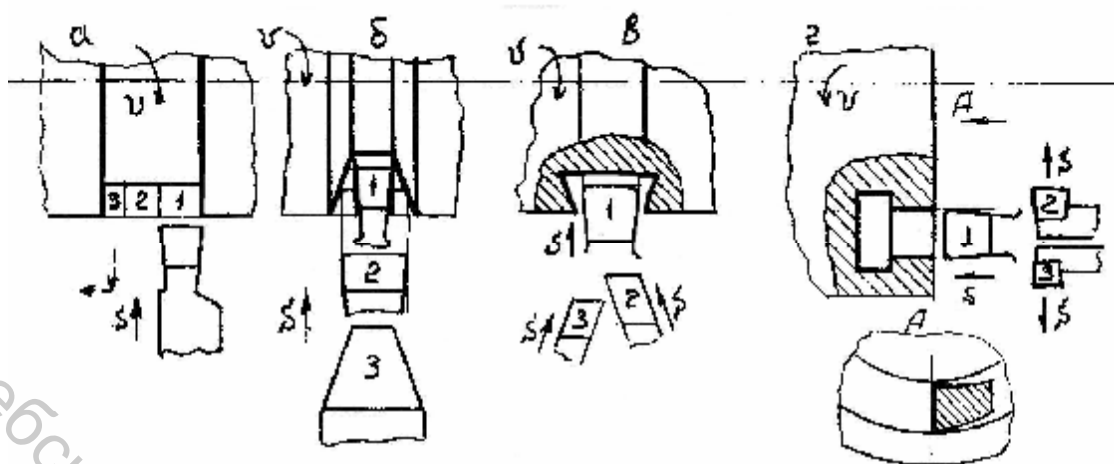


Рис. 3.11. Схемы обработки функциональных канавок

Деталь отрезается от групповой заготовки отрезными резцами (рис.3.12).

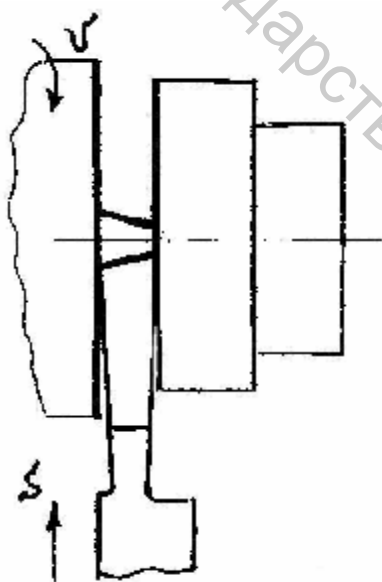


Рис. 3.12. Отрезание детали

Обтачивание валов и других деталей (тел вращения) обычно разделяется на две операции: черновое (предварительное) и чистовое (окончательное) обтачивание. При черновом обтачивании снимают большую часть припуска, обработка производится с большой глубиной резания и большой подачей. При обработке большого количества деталей (в серийном и массовом производстве) черновое обтачивание производится на самостоятельном станке, более мощном, чем станок для чистового обтачивания.

При чистовом обтачивании порядок обработки ступеней вала зависит также от заданных баз, допускаемой величины погрешностей в размерах отдельных ступеней и методов измерения длин.

При обтачивании вала со значительной разницей в диаметрах первой (более толстой) стороны и концевой (более тонкой) следует стремиться как можно меньше ослаблять вал при обработке, т.е. начинать обтачивание со ступени наибольшего диаметра, а ступень наименьшего диаметра часто бывает целесообразно обрабатывать последней.

3.1.2. Установка и закрепление заготовок на токарных станках

Для установки заготовки с использованием в качестве реальной технологической базы наружной цилиндрической или шестигранной поверхности обычно используется трехкулачковый самоцентрирующийся патрон. Такой патрон можно использовать также, если в качестве реальной технологической базы принята внутренняя цилиндрическая поверхность и прилегающий к ней торец,

но диаметр этой поверхности должен быть достаточно большим, чтобы внутри могли разместиться кулачки.

Четырехкулачковый патрон с независимым перемещением кулачков применяют преимущественно для закрепления заготовок с технологической базой некруглой формы (квадрат, прямоугольник и т.д.). Кулачки могут быть повернуты на 180° для закрепления за внутреннюю поверхность.

При токарной обработке валов в качестве реальных технологических баз используются центровые отверстия. В шпинделе передней бабки устанавливают неподвижный или плавающий центр (рис. 3.13, а, б). При обтачивании наружной конической поверхности в шпинделе передней бабки и пиноли задней бабки устанавливаются центры со сферической рабочей частью (см. рис. 3.13, в). Если необходимо подрезать торец заготовки, в пиноль задней бабки устанавливают полуцентр (см. рис. 3.13, г). При обычном обтачивании в пиноль задней бабки устанавливают вращающийся центр (рис. 3.14).

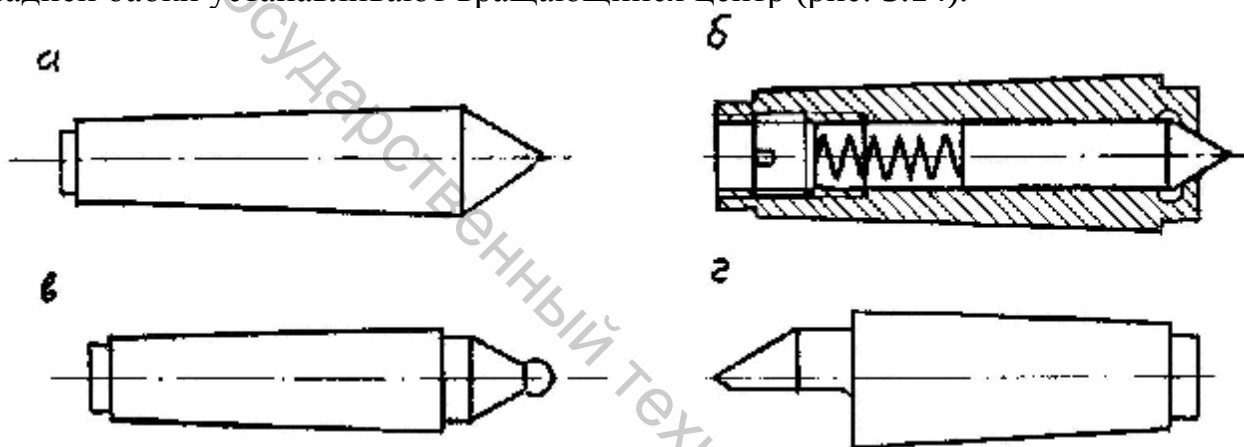


Рис. 3.13. Схемы центров

Передача крутящего момента от шпинделя заготовке осуществляется

пальцем поводкового патрона, закрепленного на шпинделе, через хомут, который закрепляется на заготовке (рис. 3.14). Передача крутящего момента заготовке может осуществляться поводковым патроном, зубцы которого внедряются в торец заготовки действием осевой силы, создаваемой задней бабкой.

Для повышения жесткости заготовку вала устанавливают в трехкулачковом патроне и центре задней бабки или при обтачивании длинной цилиндриче-

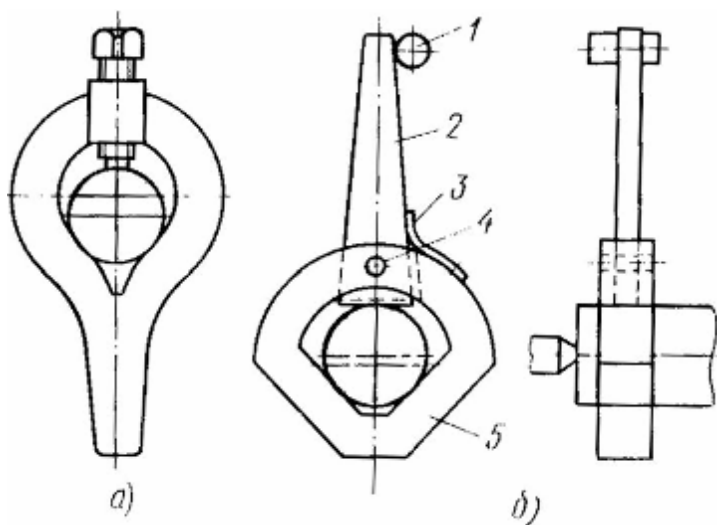


Рис. 3.14 Токарные хомуты:
а- обычный, б- самозатягивающийся

ской поверхности используют подвижный люнет, который закрепляется на продольных салазках суппорта (рис. 3.15). Опорные кулачки люнета сдвинуты по отношению к резцу в сторону задней бабки на 20...30мм.

Если в длинном валу или втулке, наружный диаметр которых не позволяет их разместить внутри шпинделя, необходимо обработать отверстие, то заготовку устанавливают в трехкулачковый патрон и неподвижный люнет (рис. 3.16), закрепляемый на направляющих станины.

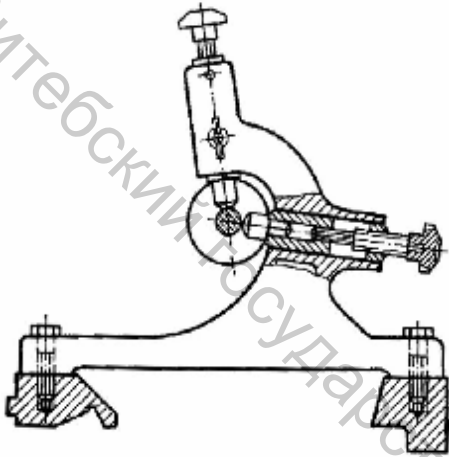


Рис. 3.15. Подвижный люнет

На рис. 3.17 показана схема обработки вала при его установке в центрах, поводковый патрон и хомутик, а также с применением люнета.

При обработке втулок и дисков, чтобы обеспечить соосность обрабаты-

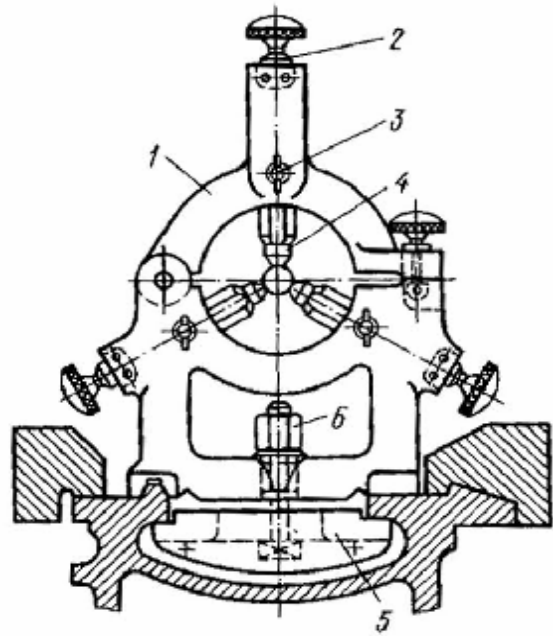


Рис. 3.16. Неподвижный люнет

ваемых поверхностей с отверстием, которое служит реальной технологической базой, заготовку устанавливают и закрепляют на оправках различной конструкции. Оправки могут быть консольными, когда они своим хвостовиком (конус Морзе) устанавливаются в шпинделе, или центровыми, когда они с закрепленной на них заготовкой устанавливаются в центрах.

Цилиндрические оправки для установки заготовок с гарантированным зазором (рис. 3.18) конструктивно простые, позволяют вести многоместную обработку, но не обеспечивают точного центрирования.

Цилиндрические прессовые оправки (рис. 3.19) применяются при необходимости обеспечить высокую точность взаимного расположения отверстия и обрабатываемых поверхностей. Используя при запрессовке упорные кольца (на ри-

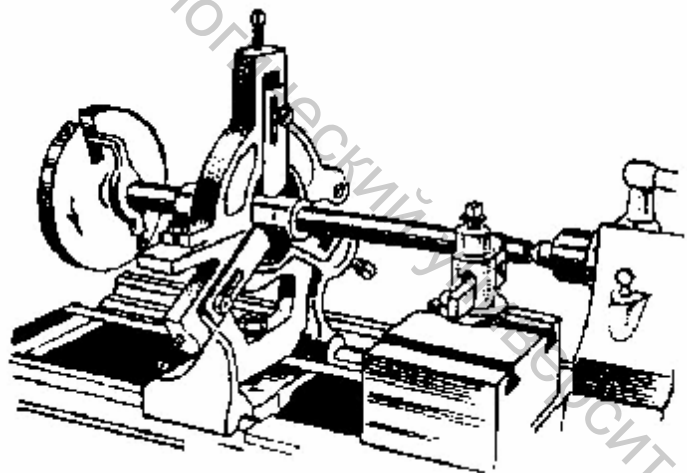


Рис. 3.17. Схема обработки вала на токарном станке

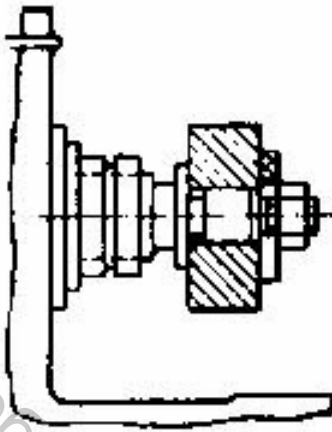


Рис. 3.18. Консольная оправка с зазором

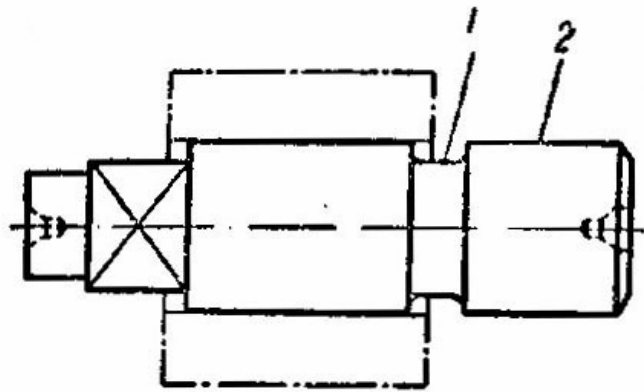


Рис. 3.19. Схема цилиндрической прессовой оправки

сунке не показаны), точно ориентируют заготовку по длине оправки. При наличии кольцевой выточки 1 можно подрезать оба торца заготовки. Шейка 2 – направляющая при напрессовке.

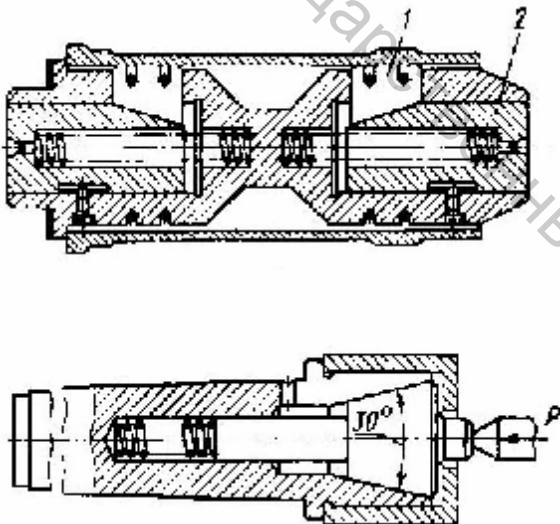


Рис. 3.20. Консольная цанговая и кулачковая центровая оправки

Наряду с жесткими применяют разжимные оправки: 1) цанговые; 2) кулачковые; 3) с тарельчатыми пружинами; 4) с гофрированными центрирующими втулками; 5) с упругой гильзой, которая разжимается изнутри гидропластом; 6) самозажимные роликовые. Консольная цанговая и кулачковая центровая оправка показаны на рис. 3.20. Силу закрепления на этих оправках обеспечивает давление центра задней бабки.

Консольная оправка с тарельчатыми пружинами показана на рис. 3.21. При вращении винта 5 втулка 2 сплющивает пружину 4. Ее наружный диаметр увеличивается, за счет чего происходит центрирование и зажим заготовки.

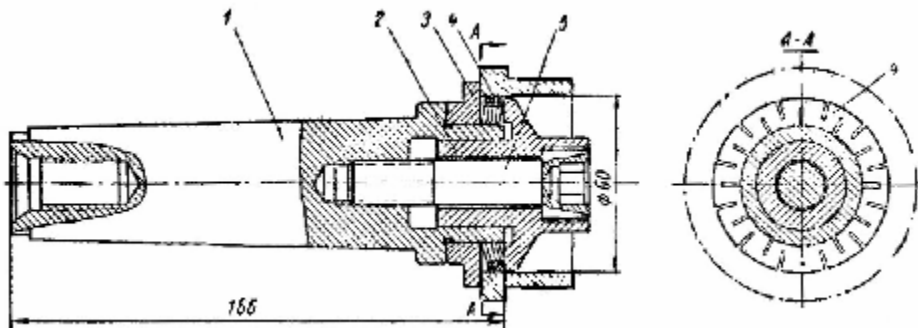


Рис. 3.21. Консольная оправка с тарельчатыми пружинами

Схема оправки с гофрированной центрирующей втулкой показана на рис. 3.22. При сжатии такой втулки также происходит увеличение наружного и уменьшение

внутреннего диаметров.

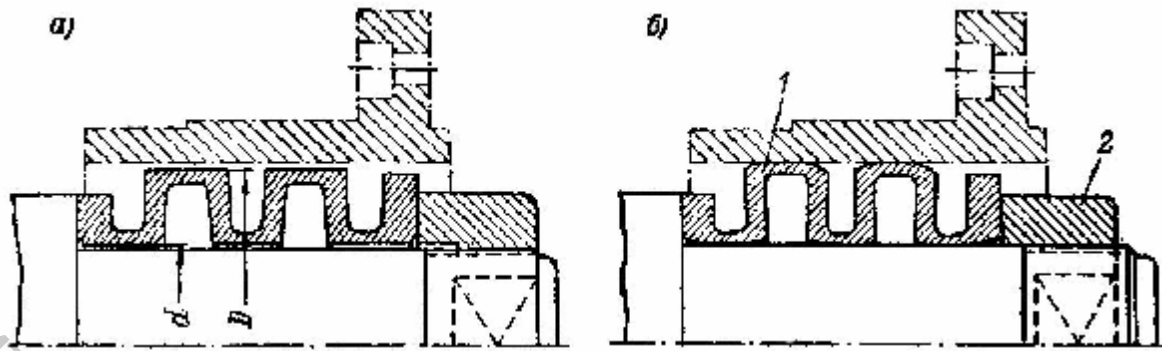
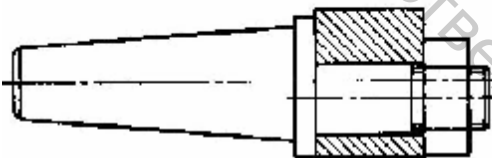
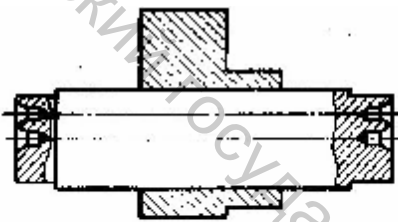


Рис. 3.22. Схема оправки с гофрированной центрирующей втулкой:
а- втулка в свободном состоянии, б- после зажима



Для обработки эксцентрической поверхности детали с отверстием, которое используется в качестве технологической базы, заготовка устанавливается на эксцентрические оправки (рис. 3.23); в четырехкулачковом патроне; в трехкулачковом патроне с мерной пластиной; в специальном патроне.

3.1.3. Обтачивание на многорезцовых станках

Рис. 3.23. Эксцентрические оправки

При обтачивании одновременно нескольких поверхностей вращения несколькими инструментами-резцами на многорезцовых станках осуществляется принцип концентрации операций.

Такие станки-полуавтоматы широко применяются в серийном и массовом производстве. Обычно на многорезцовых станках имеются два суппорта — передний и задний. Передний суппорт, имеющий продольное и поперечное движение, служит большей частью для продольного обтачивания деталей типа тел вращения. Задний суппорт, имеющий только поперечное движение, предназначен для подрезания торцов, прорезания канавок и фасонного обтачивания. Многоступенчатые суппорты могут быть оснащены большим количеством резцов, достигающим до 20 шт. Многорезцовые станки с большим расстоянием между центрами имеют два передних и два задних суппорта. Движение суппортов автоматизировано; закончив обработку, суппорты возвращаются в исходное положение автоматически. Останавливается станок также автоматически, рабочий только устанавливает и снимает заготовки и пускает станок. На многорезцовых станках детали обрабатывают в центрах, на оправках или в патронах.

На многорезцовых станках в результате сокращения основного и вспомогательного времени достигается значительное снижение трудоемкости и станкостроительной стоимости обработки.

Многорезцовое обтачивание можно выполнять тремя различными способами.

При обтачивании с продольной подачей (рис. 3.24, а) каждый резец установлен на определенный диаметр. По мере продольного движения суппорта резцы последовательно вступают в работу. Длины отдельных ступеней вала, которые надо получить при обтачивании, определяются взаимным расположением резцов.

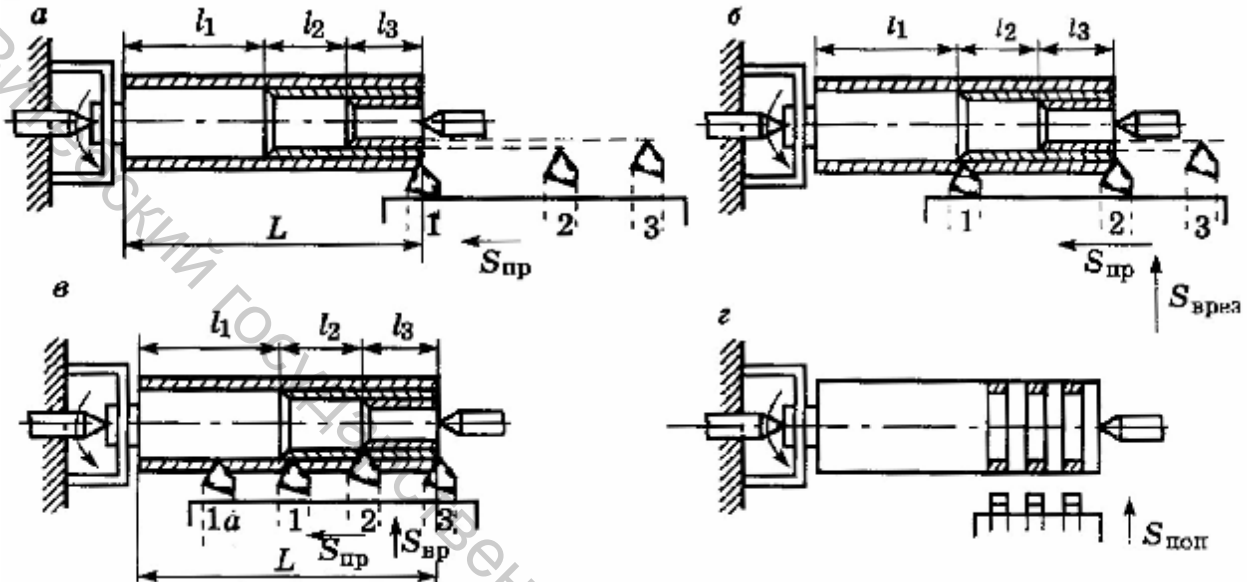


Рис. 3.24. Схемы многорезцового обтачивания вала

По схеме (рис. 3.24, а) резец 1 совершает путь, равный сумме длин участков:

$l_1 + l_2 + l_3 = L$; резец 2 — путь, равный $l_1 + l_2$, и резец 3 — путь, равный l_3 .

При обтачивании с врезанием и последующей продольной подачей (рис. 3.24, б) резцы 1, 2 и 3, расположенные, как и в предыдущем примере, начинают обработку заготовки одновременно в различных точках, а не с конца вала последовательно один за другим, как при первом способе. Вначале суппорт перемещается в поперечном направлении (от специального копира или линейки), резцы врезаются на требуемую глубину, и затем суппорт движется в продольном направлении. Каждая ступень вала (l_1 ; l_2 ; l_3) обтачивается одним резцом, вследствие чего суппорт передвигается на длину наиболее длинной ступени l_1 . Этот способ применим при условии, что весь припуск может быть снят каждым резцом за один рабочий ход.

Разновидность этого способа показана на рис. 3.24, в; здесь для сокращения длины хода суппорта длинная ступень l_1 обтачивается двумя и более резцами (в других подобных случаях применяют и более двух резцов). Если длина каждой ступени примерно кратна длине наиболее короткой ступени, то длина пути каждого резца равна длине этой наиболее короткой ступени. По схеме (рис. 3.24, в) каждый резец совершает путь, равный длине $l_3 = l_2 = l_1/2$.

При обтачивании поперечной подачей (рис. 3.24, г) каждый резец обтачивает данную ступень путем поперечной подачи, причем ширина каждого резца соответствует ширине обрабатываемой ступени. Этот метод имеет ограничен-

ное применение, он может быть использован при обработке коротких цилиндрических, конических и фасонных шеек валов.

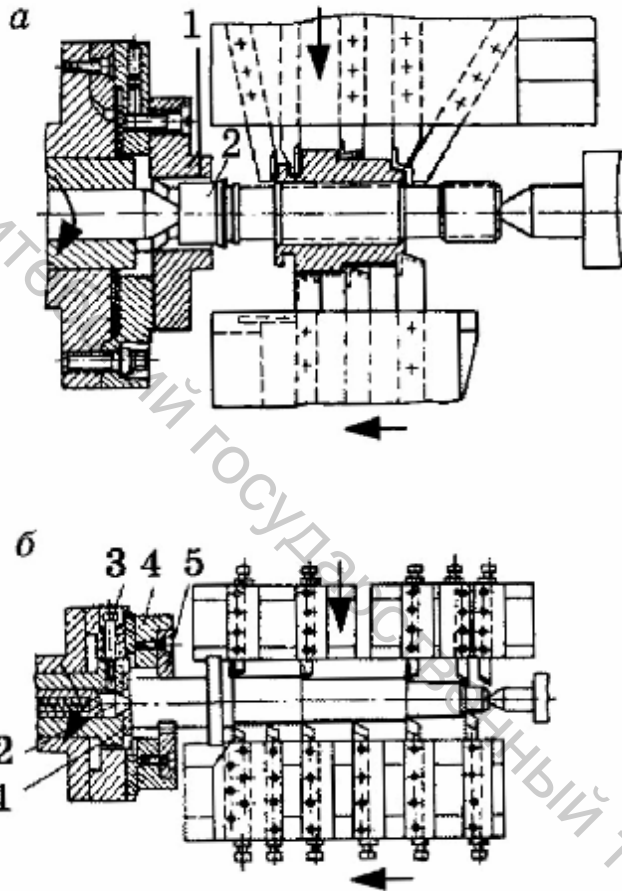


Рис. 3.25. Схема наладки многорезцового станка для обтачивания: а- двухвенцового зубчатого колеса, б- ступенчатого вала

На рис. 3.25, а изображена схема наладки многорезцового станка для обтачивания заготовки двухвенцового зубчатого колеса. Заготовка обтачивается на шлицевой оправке, которую предварительно запрессовывают в точно обработанное шлицевое отверстие. Оправка устанавливается в центры и получает вращение через левый квадратный конец 2-й поводковой скобы 1. Резцы устанавливают по специально обточенной заготовке или по специальному шаблону. Наладка станка занимает сравнительно немного времени. Так как время обработки одной заготовки на многорезцовом станке значительно меньше, чем на обычном токарном, то партию в 5-10 заготовок уже выгодно обтачивать на многорезцовом станке.

На рис. 3.25, б показана схема обтачивания ступенчатого вала на многорезцовом станке. Неодинаковая глубина центровых отверстий вызывает различные положения заготовки на станке. Но погрешности центрования не будут иметь влияния при использовании плавающего переднего центра 2, фиксирующего только радиальное положение заготовки, причем положение ее вдоль оси определяется тем, что она своим торцом упирается в неподвижный торец 1 приспособления. Центр 2 фиксируется винтом 3. Вращение заготовки осуществляется самозажимным поводковым патроном 4 с двумя эксцентриковыми кулачками 5.

Для получения точной и чистой, окончательно отделанной наружной цилиндрической поверхности применяются в зависимости от предъявляемых требований и характера детали различные виды чистовой отделочной обработки. К числу их относятся: тонкое (алмазное) точение, шлифование в центрах, бесцентровое, или абразивной лентой, притирка (доводка), механическая до-

3.1.4. Способы чистовой и отделочной обработки наружных цилиндрических поверхностей

Для получения точной и чистой, окончательно отделанной наружной цилиндрической поверхности применяются в зависимости от предъявляемых требований и характера детали различные виды чистовой отделочной обработки.

К числу их относятся: тонкое (алмазное) точение, шлифование в центрах, бесцентровое, или абразивной лентой, притирка (доводка), механическая до-

водка абразивными колеблющимися брусками (суперфиниш), полирование, поверхностное пластическое деформирование и др.

3.1.4.1. Тонкое (алмазное) точение

Тонкое (алмазное) точение применяется, главным образом, для отделочной обработки деталей из цветных металлов и сплавов (бронзы, латуни, алюминиевых сплавов и т.п.) и отчасти для деталей из чугуна и стали. Объясняется это тем, что шлифование цветных металлов значительно труднее, чем стали и чугуна, вследствие быстрого засаливания шлифовального круга. Кроме того, обработка алмазными резцами стальных и чугунных деталей пока еще значительно менее эффективна, чем деталей из цветных металлов и сплавов.

При тонком точении обработка производится резцами, оснащенными твердыми сплавами; последние в ряде случаев заменяют алмазные резцы. Метод алмазного точения сохранил свое название и при замене алмазных резцов резцами из твердых сплавов, но с режимами резания, примерно такими же, какие применяются для алмазных резцов и которые характеризуются высокими скоростями резания при малой подаче и малой глубине резания.

Для точения деталей из бронзы применяется скорость резания 200-300 м/мин; для деталей из алюминиевых сплавов — 1000 м/мин и выше при подаче 0,03-0,1 мм/об и глубине резания 0,05-0,10 мм.

Тонкое точение производится на быстроходных станках с частотой вращения шпинделя от 1000 до 8000 мин⁻¹, а в некоторых случаях даже выше, в связи с чем к станкам предъявляются особые требования в отношении точности, жесткости, виброустойчивости. Алмазным точением достигается точность обработки 7-го качества с шероховатостью поверхности 1,25-0,16 по критерию Ra.

Производительность обработки деталей при тонком точении особенно незакаленных деталей выше чем при шлифовании, а качество поверхности лучше из-за отсутствия процесса шаржирования (под шаржированием понимают внедрение в поверхность притира абразивных частиц). В крупносерийном и массовом производстве для тонкого точения применяются специальные быстроходные станки, в наибольшей степени удовлетворяющие условиям обработки.

Алмазные резцы обычной конструкции состоят из двух основных частей — алмаза и стальной державки. Алмазный кристалл весом от 0,5 до 1,2 карата, обработанный шлифованием (огранкой) для получения требуемых углов режущей части, закрепляют с помощью пайки в стальной державке. В последнее время широко применяют резцы с механическим креплением алмаза в державке.

Алмазный кристалл перетачивают от 6 до 15 раз; он может быть использован до веса в 0,1 карата.

Стойкость алмазных резцов обычно выше стойкости твердосплавных резцов в десятки раз. Себестоимость обработки деталей алмазными резцами в среднем в 1,5-2 раза меньше, чем твердосплавными, и в 3-4 раза меньше, чем резцами из быстрорежущей стали. В последнее время вместо алмазных кри-

сталлов широкое применение находят кубический нитрид бора, эльбор, белбор и некоторые другие материалы.

3.1.4.2. Шлифование

Шлифование является основным методом чистовой отделки наружных цилиндрических поверхностей. При обработке на шлифовальных станках режущим инструментом являются шлифовальные абразивные круги, которые состоят из мелких зерен абразивных материалов, сцементированных связующим веществом — связкой. Твердость абразивных материалов значительно выше твердости закаленной стали.

Шлифовальные круги в основном изготавливают из искусственных шлифовальных материалов (электрокорунд, карбиды кремния, бора, циркония, борсиликарбид, кубический нитрид бора (эльбор), синтетический алмаз). Они более однородны и чисты по составу, а также дешевле природных.

Для выпускаемых промышленностью шлифовальных кругов применяют шесть видов связок: керамическую, бакелитовую, вулканитовую, силикатную, глифталевую и металлическую. В машиностроении наиболее распространена *керамическая связка*. Ее готовят из огнеупорной глины, полевого шпата и кварца.

Бакелитовая (органическая) *связка* — синтетическая смола. Круги на бакелитовой связке прочны и упруги, но плохо переносят воздействие охлаждающей жидкости. Другой вид органической связки — *вулканитовая связка*, состоящая из каучука и серы. Круги на вулканитовой связке прочны и водостойки, позволяют работать с большой скоростью, но сравнительно быстро засаливаются.

Глифталевая связка применяется для волокнистых упругих кругов при тонком и отделочном шлифовании деталей из закаленных сталей.

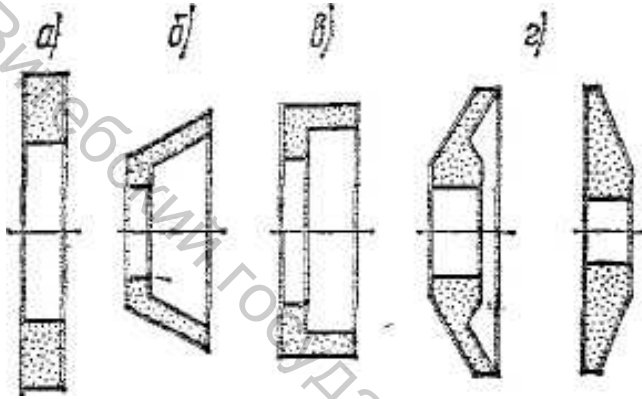
Металлическая связка бывает вольфрамокобальтовая, железо-никелевая, медно-оловянная и применяется для алмазных кругов. Круги обладают большой износостойкостью и производительностью и позволяют работать при более высокой температуре.

Важнейшим параметром, определяющим режущие свойства шлифовального круга, является его *зернистость* (обозначаемая номером), т. е. размером зерен (иначе крупность зерен) абразивных материалов, из которых состоит круг. Зернистость определяется размерами сторон ячеек контрольных сит, применяемых для анализа зернистых абразивных материалов. Так, например, номер зернистости 18 означает, что абразивные зерна этой зернистости проходят через сито с ячейками размером стороны 200 мкм и не проходят через сито с ячейками размером 160 мкм.

Твердость шлифовального круга характеризуется силой, которую нужно приложить к зерну, чтобы вырвать его из связки. Чем больше эта сила, тем тверже круг. Мягкие круги быстро изнашиваются, а слишком твердые быстро забиваются снимаемой стружкой (засаливаются) и вследствие этого сильно нагревают обрабатываемую заготовку. Поэтому для шлифования твердой стали применяют мягкие круги, так как затупившиеся зерна их легко вырываются из

связки, обнажая нижележащие зерна с острыми кромками - круг как бы самозатачивается. Наоборот, при шлифовании мягкой стали применяют твердые круги, так как стойкость их больше. Для шлифования меди и латуни применяют мягкие крупнозернистые круги.

По твердости круги разделены на классы: мягкий (М), среднемягкий (СМ), средний (С), среднетвердый (СТ), твердый (Т), весьма твердый (ВТ) и чрезвычайно твердый (ЧТ).



По форме абразивные круги бывают плоскими (рис. 3.26, а), чашечными коническими (рис. 3.26, б), цилиндрическими (рис. 3.26, в), тарельчатыми (рис. 3.26, г) и дисковыми (рис. 3.26, д).

Современные прогрессивные способы изготовления заготовок — отливки и штамповки — дают возможность получить их с размерами и формой, близкими к размерам и форме готовой детали, и часто представляется воз-

можным ввиду весьма малых припусков обходиться без обработки лезвийным инструментом, окончательно обрабатывая заготовки только шлифованием и получая этим методом обработки окончательные точные размеры и надлежащую шероховатость поверхности детали.

Шлифовальные круги подвергают *правке* для восстановления режущей способности, потерянной в результате засаливания и затупления, для исправления геометрической формы изношенного круга и обеспечения правильного расположения рабочей поверхности оси его вращения на шлифовальном станке.

При правке круга с его поверхности удаляют слой изношенных абразивных зерен. Правку абразивных кругов производят техническими алмазами: алмазно-металлическими карандашами или кристаллами алмаза, запаянными в стальные оправы. Чаще применяют заменители алмазов: твердосплавные диски, специальные абразивные диски, металлические диски и звездочки.

Для обработки наружных цилиндрических поверхностей применяют следующие виды шлифования:

- а) обдирочное;
- б) точное, которое может быть предварительным и чистовым;
- в) тонкое.

Обдирочное шлифование применяется взамен предварительной обработки резанием лезвийным инструментом и здесь не рассматривается.

Наиболее распространенным является обычное точное шлифование, при котором точность обработки наружных цилиндрических поверхностей достигает 7-го качества, а шероховатость поверхности — 1,25-0,32 мкм по критерию Ra.

Тонкое шлифование дает возможность получить более высокую степень точности обработки, соответствующую 6-му качеству точности, и более высокое качество поверхности, соответствующее 0,32-0,08 мкм по критерию Ra.

Тонкое шлифование осуществляется мягким мелкозернистым шлифовальным кругом при большой скорости его вращения (более 40 м/с), малой скорости вращения обрабатываемой детали (до 10 м/мин) и малой глубине резания (до 5 мкм/раб.ход); шлифование сопровождается усиленным охлаждением обрабатываемой детали.

Шлифование наружных цилиндрических и конических поверхностей (называемое «круглым» шлифованием) производят на круглошлифовальных станках, причем обрабатываемая деталь может быть установлена в центрах станка, цанге, патроне или в специальном приспособлении. В зависимости от диаметра детали применяют скорость ее вращения от 10 до 50 м/мин; скорость шлифовального круга составляет обычно у многих станков порядка 30 м/с, а при скоростном шлифовании и использовании современных прочных кругов достигает 50 м/с. Продольная подача и глубина резания варьируются в зависимости от способов шлифования.

Различают следующие два способа круглого шлифования:

- а) шлифование с продольной подачей;
- б) шлифование с поперечной подачей, иногда называемое способом врезания.

Первый способ заключается в том, что в процессе шлифования обрабатываемая деталь (рис. 3.27, а) совершает продольные движения попеременно в обе стороны; поперечная подача шлифовального круга производится по окончании каждого продольного движения (хода). При предварительном шлифовании продольная подача обычно составляет 0,5-0,8 высоты круга на один оборот детали, при окончательном — 0,2-0,5 высоты круга; глубина резания — 0,005-0,02 мм на каждый рабочий ход. Этот способ является наиболее распространенным и удобным для шлифования валов.

Второй способ — шлифование с поперечной подачей ($S_{\text{поп}}$) или способ врезания (рис. 3.27, б). При этом способе шлифование производится широким кругом сразу по всей длине шлифуемой поверхности детали. Шлифовальному кругу сообщается поперечная подача по направлению к центральной линии детали. Высота круга выбирается несколько больше, чем длина шлифуемой поверхности детали. Этот способ наиболее производителен и широко применяется в массовом и крупносерийном производстве. Он позволяет, пользуясь *фасонным кругом*, получить соответствующую форме круга поверхность детали.

В настоящее время в условиях крупносерийного и массового производства применяются круглошлифовальные станки с двумя, тремя и более шлифовальными кругами.

При необходимости шлифования уступа и прилегающей узкой шейки ступенчатого вала применяют станки с поворотной шлифовальной бабкой — универсальные и торцекруглошлифовальные (рис. 3.27, в). Угол поворота круга зависит от соотношения припусков на диаметр шейки и торца.

При измерении диаметра шлифуемой шейки вала предельной скобой приходится останавливать станок, что связано со значительной затратой времени. В современной практике широко применяют специальные контрольные устрой-

ства, измеряющие диаметр обрабатываемой поверхности в процессе шлифования.

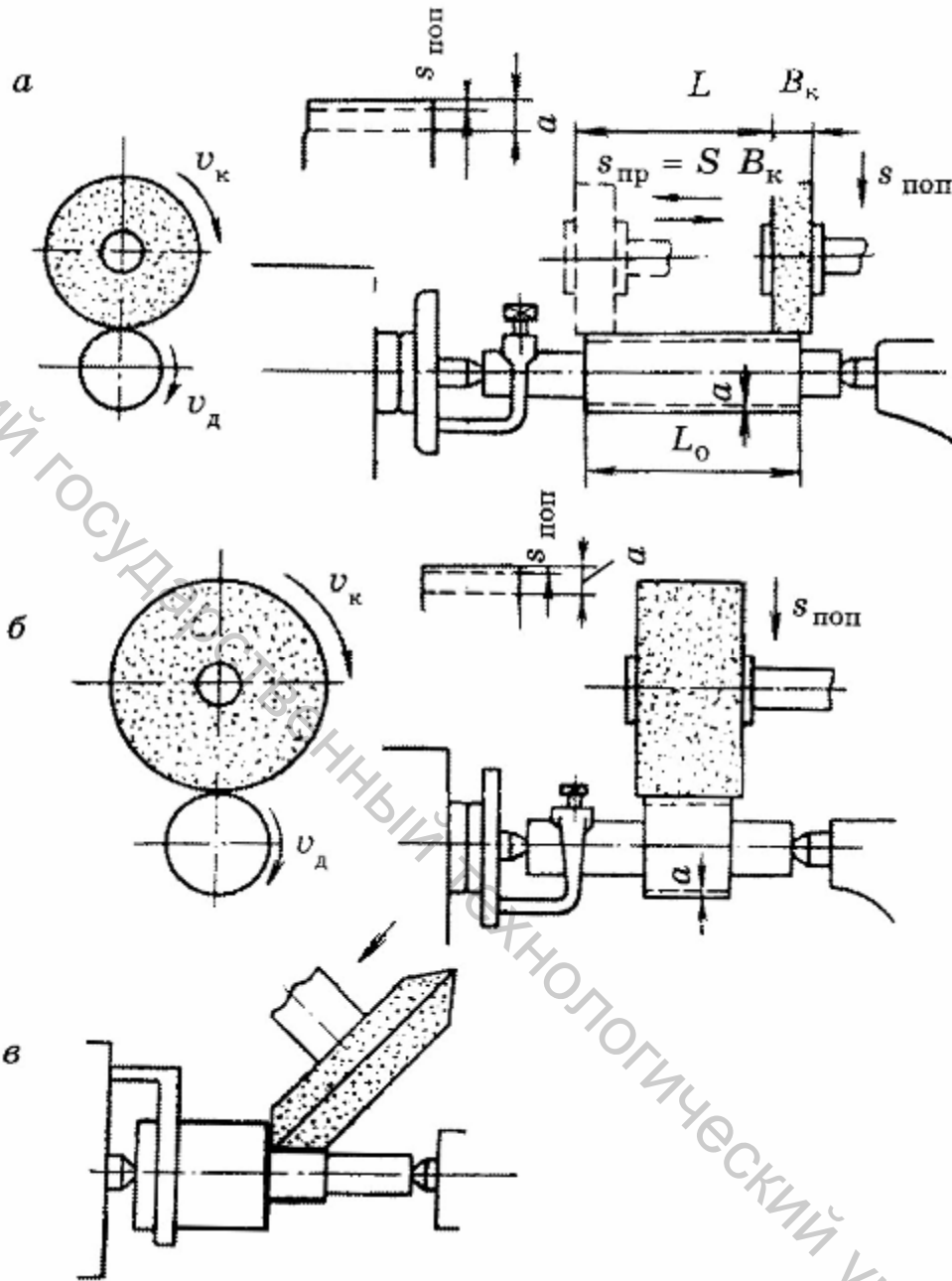


Рис. 3.27. Схемы круглого шлифования: а– с продольной подачей; б– с поперечной подачей; в– шлифование уступа и шейки вала

Круглое наружное продольное и врезное шлифование осуществляется на круглошлифовальных станках. Круглошлифовальные станки характеризуются наибольшими диаметром и длиной шлифуемой заготовки. Круглошлифовальные горизонтальные центровые станки общего назначения, в том числе с ЧПУ, с поворотными и неповоротными шлифовальной и передней бабками, предназначены для продольного и врезного шлифования. Круглошлифовальный центровый полуавтомат 3М151 показан на рисунке 3.28.

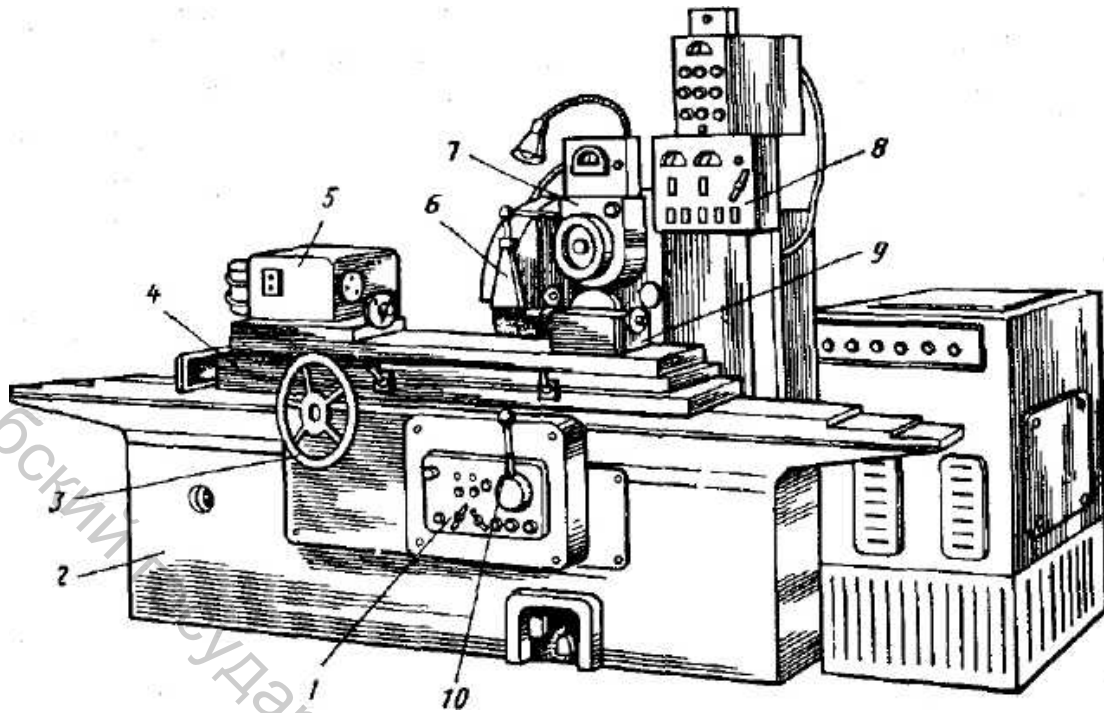


Рис. 3.28. Круглошлифовальный станок 3М 151:

1 – панель гидравлического управления станком; 2 – станина; 3 – маховичок ручного перемещения стола; 4 – стол; 5 – передняя бабка; 6 – шлифовальная бабка; 7 – механизм поперечной подачи; 8 – панель управления пуском насоса, шлифовального круга, вращением заготовки и регулированием подачи работой сигнальных ламп; 9 – задняя бабка; 10 – рукоятка быстрого подвода-отвода шлифовальной бабки, пуска гидравлического перемещения стола из зоны шлифования в зону правки и отвода стола

Бесцентровое шлифование. При бесцентровом шлифовании деталь 2 не закрепляется в центрах, как на круглошлифовальных станках, а свободно (без крепления) помещается между двумя шлифовальными кругами (рис. 3.29, а), из которых круг 1 – большего диаметра — является шлифующим, а круг 3 – меньшего диаметра – ведущим кругом, который вращает деталь и сообщает ей продольную подачу. Шлифующий круг вращается с окружной скоростью 30-35 м/с, ведущий круг имеет скорость 20-30 м/мин. Обрабатываемая деталь поддерживается опорой со скосом, имеющей форму ножа. Благодаря скосу, направленному в сторону ведущего круга, деталь прижимается к этому кругу.

Опора устанавливается таким образом, чтобы центровая ось обрабатываемой детали находилась выше линии центров круга (на половину диаметра детали, но не более 15 мм). Если центровая ось детали будет лежать на прямой линии, соединяющей центры шлифующего и ведущего круга, то деталь может получиться не цилиндрической формы, а с огранкой.

На бесцентрово-шлифовальных станках можно шлифовать детали, имеющие форму тела вращения с цилиндрическими, коническими и фасонными поверхностями.

Бесцентровое шлифование может производиться двумя способами:

1-й способ — продольной подачи (сквозное шлифование «на проход» — рис. 3.29, а, б);

2-й способ — поперечной подачи (врезания — рис. 3.29, в).

Выбор того или другого способа зависит от формы обрабатываемой детали.

Шлифование способом продольной подачи применяют для шлифования

валов, втулок, поршневых пальцев, поршней и других деталей цилиндрической формы (без буртиков); шлифуемая деталь поступает с одной стороны станка, а выходит — с другой. Для осуществления этого движения (сквозной подачи) ведущий круг устанавливается под углом наклона $\alpha = 1-5^\circ$ к оси шлифующего круга. С изменением угла наклона ведущего круга изменяется величина подачи: чем больше угол, тем величина подачи больше и соответственно грубее шероховатость поверхности. Окружную скорость ведущего круга $V_{в.к.}$ (рис. 3.29, а) можно разложить на две составляющие; V_d —

перпендикулярную оси шлифуемой детали и равную окружной скорости вращения этой детали и S — параллель-

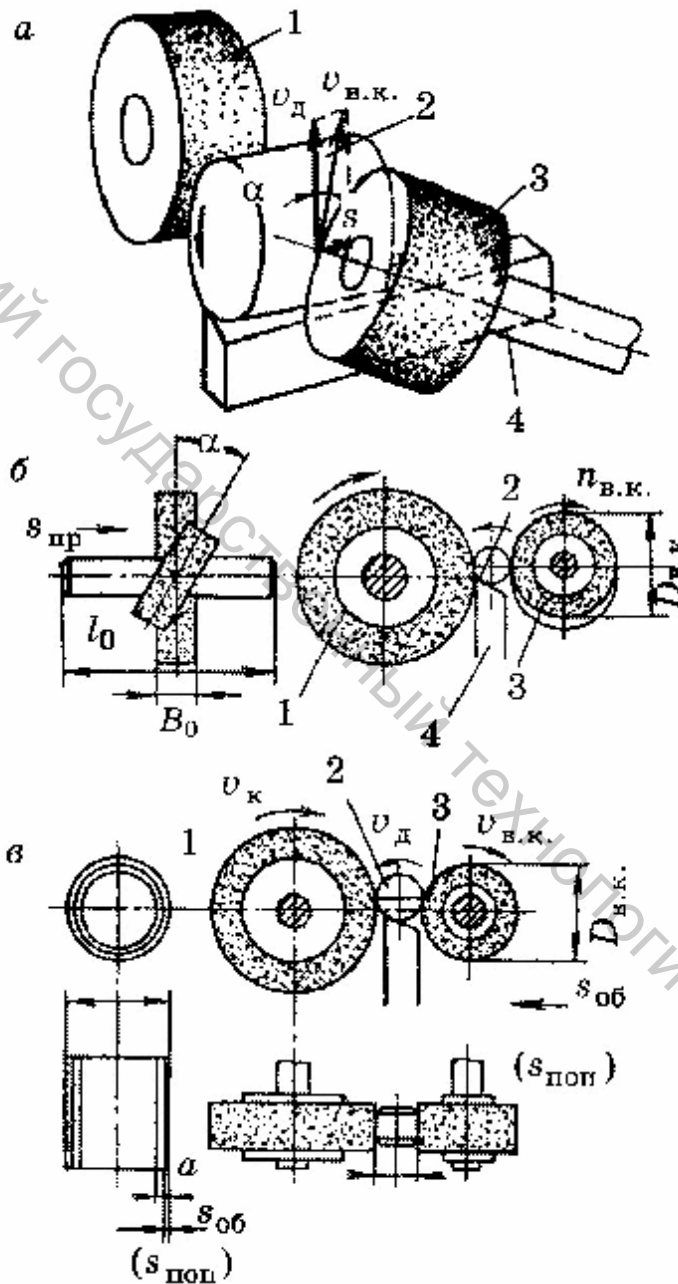


Рис. 3.29. Схемы бесцентрового шлифования: а — общая схема; б — с продольной подачей; в — с поперечной подачей; 1 — шлифовальный круг; 2 — обрабатываемая деталь; 3 — ведущий круг; 4 — опора (нож)

ную оси шлифуемой детали, равную скорости ее подачи вдоль оси.

Из рис. 3.29, а видно, что окружная скорость вращения детали равна $V_d = V_{в.к.} \cos \alpha$, а скорость подачи вдоль оси равна $S = V_{в.к.} \sin \alpha$.

Для приближения величины подачи к действительной необходимо ввести поправочный коэффициент на скольжение детали в пределах 0,98-0,95 в зависимости от угла наклона ведущего круга; для угла $\alpha = 1^\circ$ коэффициент принимается равным 0,98, для угла $\alpha = 5^\circ$ коэффициент равен 0,95.

Минутная подача шлифуемой детали колеблется от 1000 до 4000 мм. Глубина шлифования при отделочных проходах составляет 0,01-0,03 мм (при черновых проходах — 0,05-0,10 мм).

При сквозном шлифовании за несколько проходов можно достигнуть точности обработки 0,003-0,005 мм для деталей диаметром до 30 мм.

Шлифование способом поперечной подачи (способом врезания) осуществляется поперечной подачей ведущего круга по направлению к шлифуемому кругу, причем перед этим деталь укладывается на опору сверху или сбоку. По окончании шлифования детали, когда достигнут необходимый размер, ведущий круг отводится, деталь снимается и закладывается новая.

При этом способе оси ведущего и шлифуемого кругов параллельны. Подача ведущего круга принимается от 0,003 до 0,01 мм на один оборот детали. Шлифование способом врезания применяется главным образом при обработке деталей с буртиком или имеющих форму конуса. Для шлифования конусных деталей ведущий круг заправляют на конус, при этом опору (нож) устанавливают наклонно (под углом).

Шлифование абразивной лентой (ленточное шлифование). В определенных случаях используют процесс шлифования абразивной лентой (рис. 3.30). Ленточное шлифование осуществляется либо при свободном натяжении ленты, либо с поджимом ее специальным роликом.

Этот вид обработки применяется для шлифования различных поверхностей — цельных и прерывистых, различается в зависимости от форм и свойств применяемых опорных элементов.

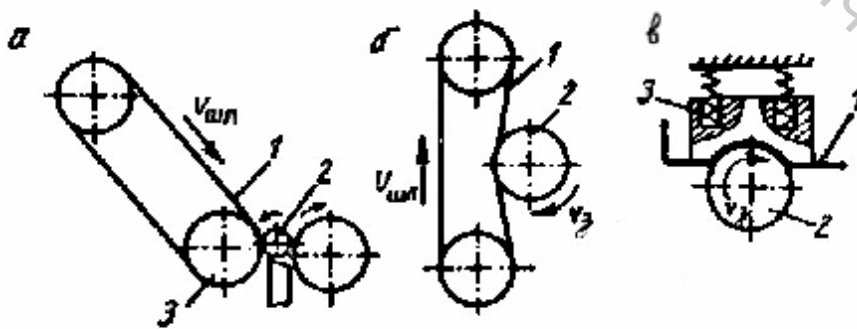


Рис. 3.30. Схемы ленточного шлифования наружных поверхностей вращения: а- круглое бесцентровое; б- круглое наружное без копира и с копиром

К недостаткам обработки абразивными лентами следует отнести:

1) трудность достижения высокой точности обработки;

2) трудность шлифования уступов;

3) сложность механизации и автоматизации данного метода обработки.

го метода обработки.

Из-за этих недостатков описываемый вид обработки не нашел широкого применения в производстве.

3.1.4.3. Суперфиниш или механическая доводка

Суперфиниш или механическая доводка абразивными колеблющимися брусками представляет собой метод особо чистой доводки поверхностей: плоских, круглых, вогнутых, внутренних, наружных и др., применяемый наиболее часто в автомобильной промышленности. Суперфиниш предусматривает обработку поверхности с абразивными брусками, которые осуществляют три, а иногда и более самостоятельных движений; совершая в том числе и колебательное.

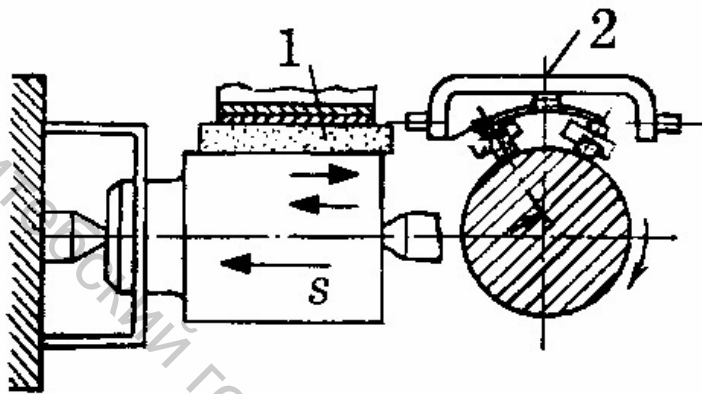


Рис. 3.31. Схема суперфиниширования

Главным рабочим движением является колебательное движение головки 2 с абразивными брусками 1 (рис. 3.31), направленное вдоль их оси; при этом ход брусков составляет 2-6 мм, а число двойных ходов (колебаний) в минуту 200-1000. Идея суперфиниша основана на так называемом принципе «неповторяющегося следа», заключающемся в том, что каждое отдельное зерно абразива не проходит дважды по одному и тому же пути. Число двойных колебаний брусков должно находиться в определенном соотношении с частотой вращения обрабатываемой детали. Скорость резания при суперфинише весьма низкая — от 1 до 2,5 м/мин.

Удельное давление абразивных брусков на обрабатываемую поверхность при суперфинише очень мало — в пределах 0,0049-0,245 мПа (меньшие значения — при окончательном суперфинише, большие — при предварительном), вследствие этого поверхность при обработке не нагревается и высота гребешков не превышает 0,15-0,20 мкм; зернистость брусков выбирается 3-8 мкм и мельче. Охлаждение при суперфинише имеет большое значение для получения чистой поверхности. Здесь особенно важна смазывающая способность охлаждающей жидкости. Обычно применяется керосин с маслом.

Одна из задач суперфиниша — уничтожить, насколько возможно, риски, оставшиеся на поверхности от предыдущей механической обработки. Шероховатость поверхности, обработанной методом суперфиниша, достигает до 0,01 мкм по критерию Ra.

При суперфинише подача брусков на один оборот детали не является постоянной величиной, поэтому основное (технологическое) время устанавливается на основании хронометража. Толщина снимаемого слоя металла — 0,005-0,020 мм; продолжительность обработки обычно лежит в пределах 0,2-0,5 мин.

При обработке шеек коленчатого вала методом суперфиниша абразивные бруски, укрепленные в головке, совершают 450 двойных колебаний в минуту с амплитудой 5 мм. Коленчатый вал вращается с частотой 100-135 мин⁻¹. Охлаждающая жидкость поступает к брускам непрерывно. Все шатунные и коренные шейки обрабатываются одновременно примерно за 20 с.

3.1.4.4. Полирование

Полирование — это процесс обработки поверхности мягким кругом с нанесенным на него мелкозернистым абразивным порошком, смешанным со смазкой.

Материалом для полировальных кругов служат войлок, фетр, парусина, кожа.

Современным видом абразивного инструмента являются полировальные круги с графитовым наполнителем, причем применение этих кругов позволило:

а) получать высококачественную гладкую поверхность деталей с шероховатостью 0,08-0,02 мкм по критерию Ra;

б) устранить малоэффективные, непроизводительные ручные способы и инструменты полирования;

в) увеличить производительность труда в 6-8 раз.

В состав полировальных кругов входят, в основном, естественный корунд ЕМ-28, бакелитовая связка и карандашный графит в качестве наполнителя. За короткое время полировальные круги с графитовым наполнителем нашли применение во многих отраслях машиностроения.

В определенных случаях вместо полировальных кругов используются полировальные абразивные ленты. Эти ленты изготавливаются с тонким слоем абразивных зерен зернистостью 8-3 мкм или их покрывают абразивными пастами. При полировании желобов колец шариковых подшипников ленты иногда заменяются текстильными жгутами, покрытыми абразивными пастами.

Полированием не исправляются погрешности геометрической формы, а также местные дефекты, полученные или оставшиеся от предыдущих операций (вмятины, раковины и др.). Полированная поверхность имеет блестящий, зеркальный вид. Полирование ведется при высокой скорости полировального круга или абразивной ленты (до 40 м/с). В массовом и крупносерийном производстве для полирования применяют многошпиндельные полировальные автоматы.

Для отделочной обработки наружных цилиндрических поверхностей применяют также поверхностное пластическое деформирование (ППД), вибрационную и магнитоабразивную обработку (см. далее).

3.2. Обработка отверстий

3.2.1. Сверление, зенкерование, развертывание отверстий

Сверление применяется для формообразования цилиндрических отверстий в сплошном материале. Если в результате обработки сверлом увеличивается диаметр предварительно полученного в заготовке отверстия, то процесс называется *рассверливанием*. Самым распространенным способом обычного (неглубокого) сверления является обработка спиральным сверлом. Но этот способ сверления можно успешно применять, только если длина обрабатываемого отверстия не превышает 3...5 диаметров.

Сверление спиральными сверлами осуществляется на сверлильных, токарных, расточных, многоцелевых и агрегатных станках. На этих станках возможны следующие сочетания абсолютных движений инструмента и заготовки: 1) сверло вращается и совершает осевую подачу; 2) заготовка вращается, а сверло совершает осевую подачу; 3) заготовка и сверло вращаются, осевую подачу совершает сверло.

При сверлении распространенной погрешностью является так называемый *увод сверла*, т. е. смещение и перекос оси обработанного отверстия по отношению к оси вращения шпинделя станка.

Сверло состоит из рабочей части, шейки и хвостовика (рис. 3.32). Конический или цилиндрический хвостовик служит для закрепления сверла в шпинделе станка или в патроне.

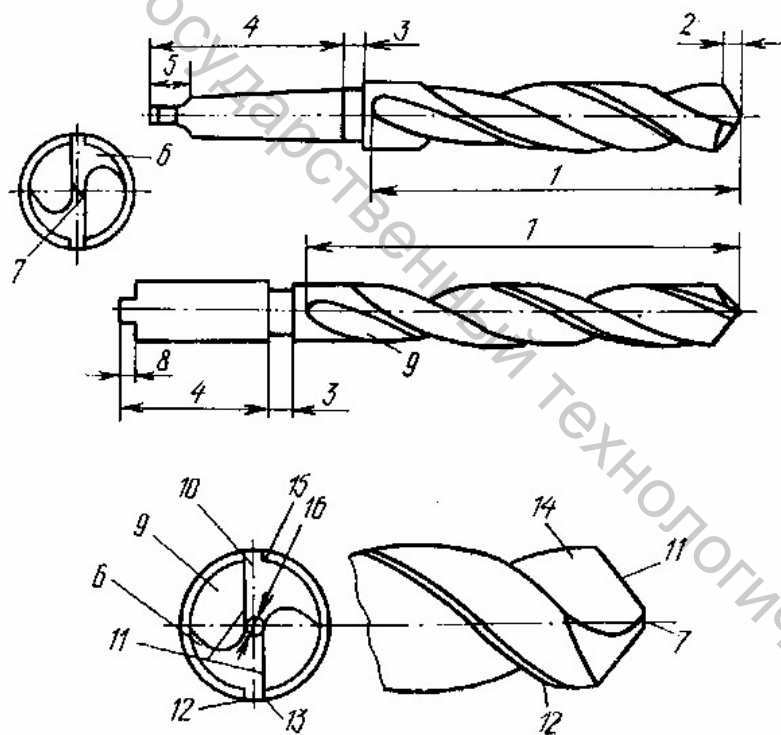


Рис. 3.32. Части и конструктивные элементы спирального сверла:

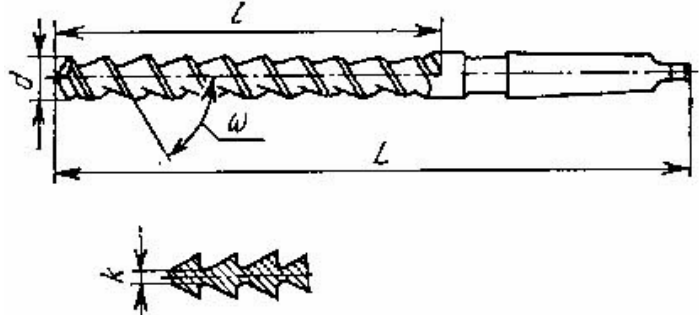
1 — рабочая часть; 2 — режущая часть; 3 — шейка; 4 — хвостовик; 5 — лапка; 6 — зуб; 7 — поперечная кромка; 8 — поводок; 9 — стружечная канавка; 10 — задняя поверхность; 11 — режущие кромки; 12 — ленточка; 13 — кромка ленточки; 14 — передняя поверхность; 15 —

Повышение производительности и точности обработки отверстий сверлением достигается различными способами. К ним можно отнести применение новых материалов для режущей части, совершенствование геометрии инструмента, новые способы заточки и т. д. Использование этих способов во многих случаях дает возможность повышать режимы резания или увеличивать стойкость сверл.

Специальные спиральные сверла (табл. 3.1) для глубокого сверления отличаются увеличенным диаметром

сердцевины (до 0,5 диаметра сверла), углом $\varphi = 35-60^\circ$, специальным профилем стружечных канавок. В конструкции сверл выделяют две части: режущую и транспортирующую. Первая отделяет и деформирует стружку, вторая, имеющая увеличенный угол наклона стружечных канавок, отводит ее.

Некоторые виды сверл для глубокого сверления

Сверла спиральные конструкции Ворошиловградского машиностроительного завода: $d = 4\text{--}12\text{ мм}$; $k = (0,25\text{--}0,30)d$; $w = 35^\circ$; глубина сверления $15d$	
Сверла спиральные конструкции Минского СКБ АЛ: $d = 5\text{--}20\text{ мм}$; $k = (0,4\text{--}0,5)d$; $w = 50\text{--}60^\circ$; глубина сверления до $100d$	

При вращении обрабатываемой заготовки глубокие отверстия можно сверлить как при невращающемся, так и при вращающемся сверле. Вращение инструмента в этом случае используется как средство повышения скорости резания.

Способ сверления отверстий при вращении заготовки применяют как на токарных станках, так и на станках для глубокого сверления.

Одним из видов специальных сверл для глубокого сверления является *пушечное сверло* (рис. 3.33, а). У этого сверла имеется только одна режущая кромка и длинная направляющая часть сверла. Соприкосновение направляющей части с поверхностью просверленной части отверстия происходит на дуге, немного большей 180° . Направляющую поверхность рабочей части сверла, соприкасающуюся с поверхностью отверстия, во избежание заедания сверла в отверстии делают с уклоном в направлении от режущей кромки к стержню сверла.

Для правильного направления сверла в начальный момент сверления необходимо предварительно точно расточить отверстие по диаметру рабочей части сверла на глубину не менее половины диаметра отверстия. Пушечные и им подобные сверла можно применять для сверления в сплошном металле и для расверливания отверстий, предварительно просверленных спиральными сверлами меньших диаметров.

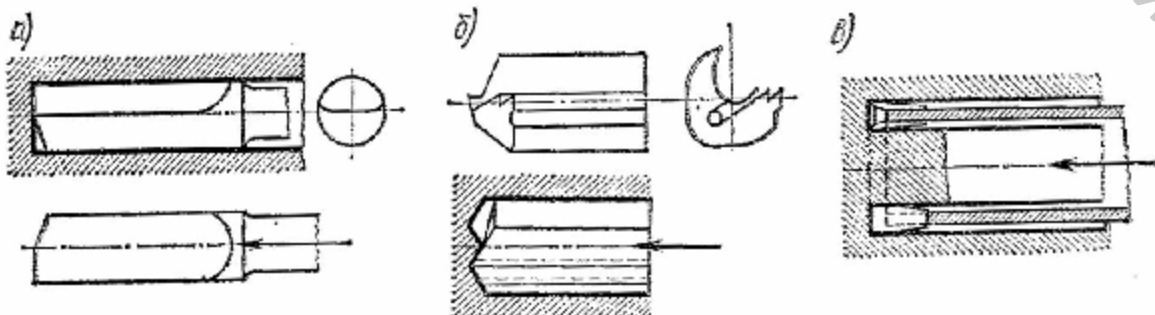


Рис. 3.33. Типы сверл для глубокого сверления

Более совершенным видом сверла для глубокого сверления является *ружейное сверло* (рис. 3.33, б). Направляющая часть этого сверла обеспечивает лучшее направление режущей части, так как охватывает дугу окружности отверстия, равную примерно $250 \dots 260^\circ$. Рабочую часть таких сверл, как пушечные, делают конической в направлении от режущей кромки к стержню. Чтобы уменьшить трение и улучшить охлаждение сверла, вдоль направляющей части его снимают лыски. Режущую кромку у ружейных сверл часто делают в виде ломаной линии для лучшего дробления стружки.

Охлаждающая жидкость в большинстве конструкций специальных сверл для глубокого сверления поступает в зазор между стержнем и поверхностью отверстия и затем к режущей кромке сверла под сильным давлением. Далее жидкость, захватывая раздробленную стружку, удаляется из отверстия через полую центральную часть головки и стержня сверла.

Ружейные сверла могут работать не только по предварительно просверленному отверстию, но и в сплошном металле.

При работе специальными сверлами применяют подачи $0,02 \dots 0,05$ мм/об в зависимости от диаметра отверстия, обрабатываемого материала, шероховатости и точности обрабатываемой поверхности.

Наиболее совершенным видом сверл для глубокого сверления отверстий большого диаметра является *пустотелое сверло*. При использовании такого сверла в стружку превращается лишь кольцеобразная часть удаляемого металла, внутренняя же часть остается целой и после окончания сверления ее удаляют в виде цилиндрического стержня. Сверла этого вида (рис. 3.33, в) состоят из головки со вставными ножами, которая соединяется с головкой сверла с помощью резьбы. Такие виды специальных сверл применяют при обработке на станках больших пустотелых валов, длинных шпинделей станков и т. п.

Для обработки цилиндрических, конических отверстий и торцовых поверхностей применяется инструмент, который называется *зенкером*. Назначение зенкера – увеличить отверстие, полученное сверлением, штамповкой или отливкой, а также исправить направление оси отверстия. По характеру работы зенкер напоминает сверло, но отличается от последнего оформлением режущих кромок. Благодаря увеличенному числу режущих кромок, а также повышенной жесткости зенкер имеет лучшее направление и дает более чистые отверстия, чем сверло. Резание осуществляется кромками, расположенными наклонно или перпендикулярно к оси зенкера. В отличие от сверла зенкер не имеет поперечной кромки, поэтому условия резания на всем протяжении режущих кромок зенкера более равномерные и благоприятные, чем у сверла.

Так же, как и сверло, зенкер имеет хвостовик и рабочую часть, которая делится на режущую и калибрующую. Длину рабочей части и общую длину зенкера выбирают с учетом условий работы. Для глубоких отверстий применяют насадные зенкеры или с укороченным хвостовиком, но насаженные на длинную оправку.

По типу крепления на станке зенкеры делятся на хвостовые и насадные (рис. 3.34). Конструктивное оформление хвостового зенкера аналогично сверлу

с коническим хвостовиком. В насадных зенкерах имеется посадочное коническое отверстие (с конусностью 1:30) и паз под торцовую шпонку. Наряду с описанными существует ряд специальных конструктивных оформлений хвостовиков зенкеров для установки их в быстросменных патронах.

Диаметр зенкера выбирают из условий его использования. Если зенкер предназначен для предварительной обработки отверстия, его диаметр должен быть меньше номинального диаметра отверстия на величину припуска под последующую обработку. Если зенкер служит для окончательной обработки отверстия, его диаметр принимают с учетом допуска отверстия, величины разбивки и запаса на износ.

Глубина резания при зенкеровании равна половине разности диаметров отверстия до и после обработки. Длина режущей кромки зенкера должна быть больше глубины резания в 2,5–3 раза.

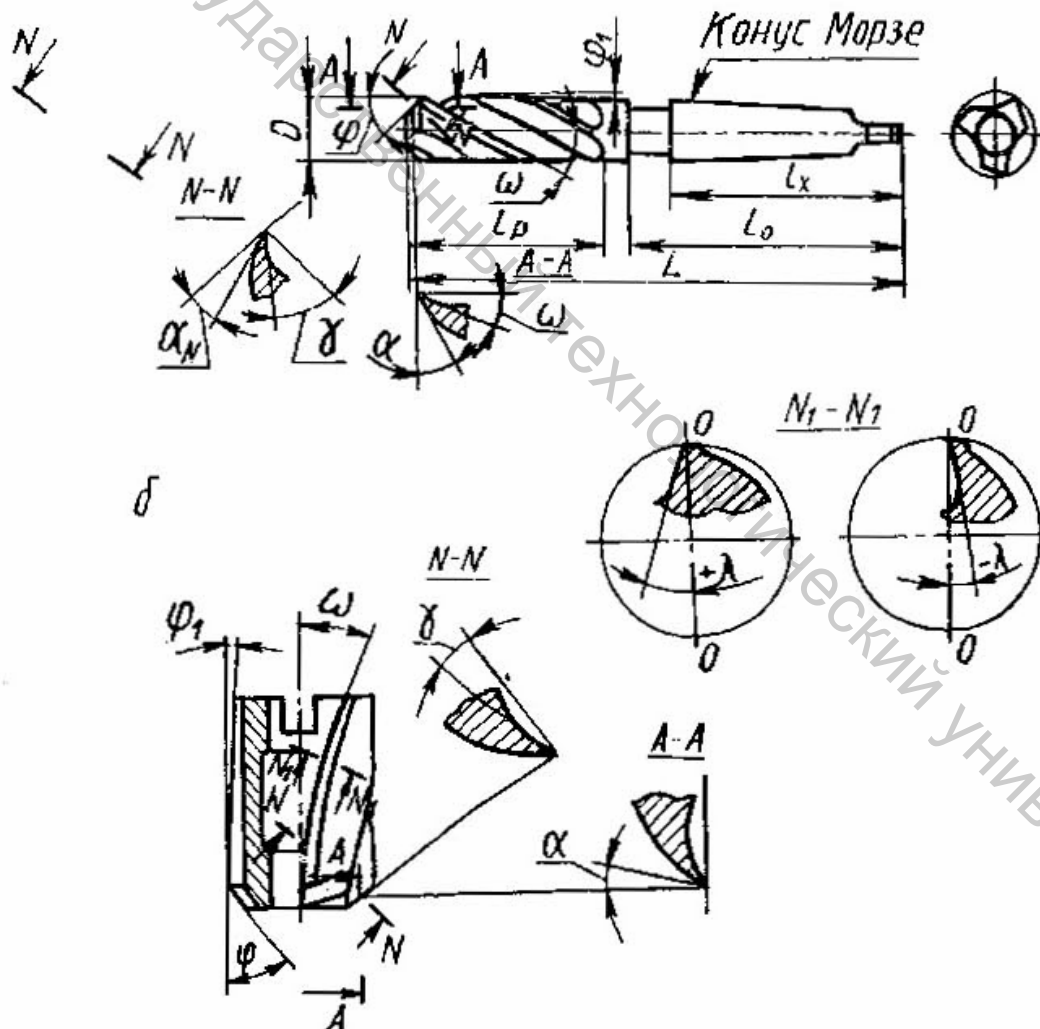


Рис. 3.34. Конструктивные и геометрические параметры хвостового (а) и насадного (б) зенкеров

При выборе числа канавок зенкера учитывают его назначение. Для черновой обработки выбирают меньшее число канавок, так как это увеличивает про-

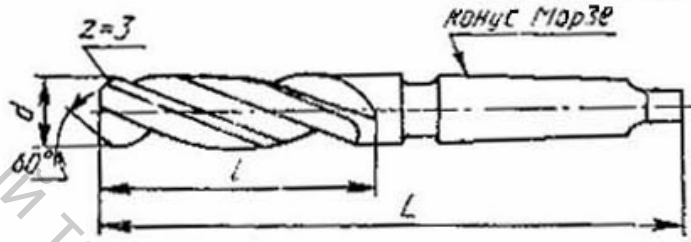
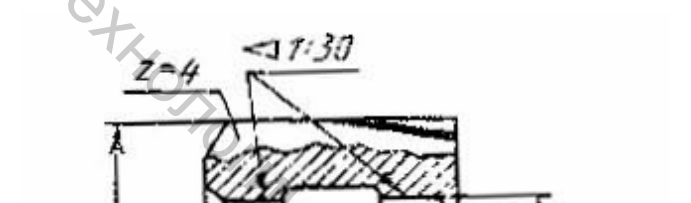
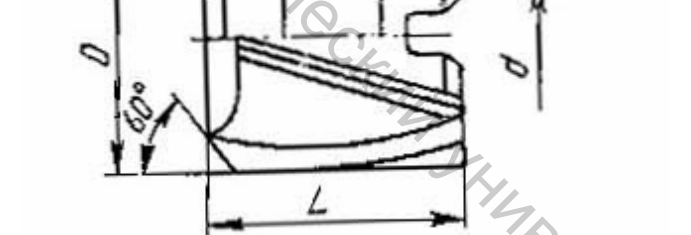
странство для размещения и отвода стружки. Зенкеры для чистовой обработки имеют большее количество канавок, и за счет этого улучшается направление зенкера, повышается точность обработки, снижается шероховатость поверхности.

Угол наклона ω винтовой канавки зенкера рекомендуется принимать тем больше, чем меньше твердость обрабатываемого материала и больше диаметр зенкера. Чтобы обеспечить направление в обрабатываемом отверстии, каждое перо зенкера снабжается узкими цилиндрическими ленточками.

Некоторые типы и размеры стандартизованных зенкеров для предварительной и окончательной обработки отверстий приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Некоторые типы и размеры зенкеров для предварительной и окончательной обработки отверстий

Назначение, тип и основные размеры	Эскиз
Зенкеры цельные с коническим хвостовиком из быстрорежущей стали, тип 1 (ГОСТ 12489—71): $d = 10-40$ мм; $L = 160-350$ мм; $l = 80-200$ мм; $z = 3$	
Зенкеры цельные насадные из быстрорежущей стали, тип 2 (ГОСТ 12489—71): $D = 32-80$ мм; $d = 13-32$ мм; $L = 30-52$ мм; $z = 4$	
Зенкеры цельные насадные из быстрорежущей стали (ГОСТ 5.653—70): $D = 32-52$ мм; $d = 13-22$ мм; $L = 30-42$ мм; $z = 4$	

Стандартные зенкеры выпускаются в двух исполнениях: зенкер № 1—для промежуточной обработки отверстий перед их обработкой черновыми развертками (развертки № 1) и зенкер № 2 — для окончательной обработки отверстий с допуском Н11.

Конструкции зенковок аналогичны рассмотренным конструкциям зенкеров. Их общей особенностью является наличие направляющей цапфы, обеспечивающей соосность обрабатываемой поверхности с отверстием под головку болта или винта. Некоторые типы и размеры зенковок приведены в таблицах 3.3 и 3.4.

Некоторые типы и размеры цилиндрических зенковок

Назначение, тип и основные размеры	Эскиз
Тип 1 – с постоянной направляющей цапфой и цилиндрическим хвостовиком: $d=2,3-14$ мм; $d_{ц}=1,2-8,4$ мм; $d_1=3-14$ мм; $L=40-100$ мм; $l=2,5-7$ мм; $l_1=6-20$ мм	
Тип 2 – со сменной направляющей цапфой и коническим хвостовиком: $d=11-40$ мм; $L=125-250$ мм; $d_{ц}=4-10$ мм; конус Морзе № 1-4	
Тип 3 – насадные: $D=34-63$ мм; $L=40-50$ мм; $d=10-22$ мм	

Таблица 3.4

Основные типы и размеры конических зенковок

Назначение, тип и основные размеры	Эскиз
Тип 2 – зенковки центровочные для центровых отверстий 60° без предохранительного конуса: $d=2-6,3$ мм; $D=5-16$ мм; $L=45-71$ мм; $l=3-9,5$ мм	
Тип 3 – зенковки центровочные для центровых отверстий 60° с предохранительным конусом 120° : $d=0,8-6,3$ мм; $D=5-25$ мм; $D_1=1,55-12,5$ мм; $L=35,5-71$ мм; $l=0,82-6,5$ мм	
Тип 5 – зенковки для центровых отверстий 60° с коническим хвостовиком: $D=16-63$ мм; $L=110-120$ мм; $d_0=3-12$ мм; $d=14-40$ мм; $l=30-65$ мм; конус Морзе № 1-4	

Для окончательной обработки отверстий применяются развертки. Они применяются после предварительной обработки отверстия зенкером, расточным резцом или сверлом и может быть использована в качестве чистового или чернового инструмента. В зависимости от технологических требований при помощи разверток можно получить отверстия с широким диапазоном допусков от 10 до 6-го квалитетов точности и шероховатости обработанной поверхности 2,5–0,1 мкм.

Основное отличие развертки от сверла и зенкера состоит в том, что развертка только исправляет форму и размеры отверстия, но направление его оси, как правило, не может исправить. Развертки имеют рабочую часть, состоящую из режущей и калибрующей частей, шейки и хвостовика (рис. 3.35). Конструктивное оформление хвостовой части машинной развертки аналогично зенкерам.

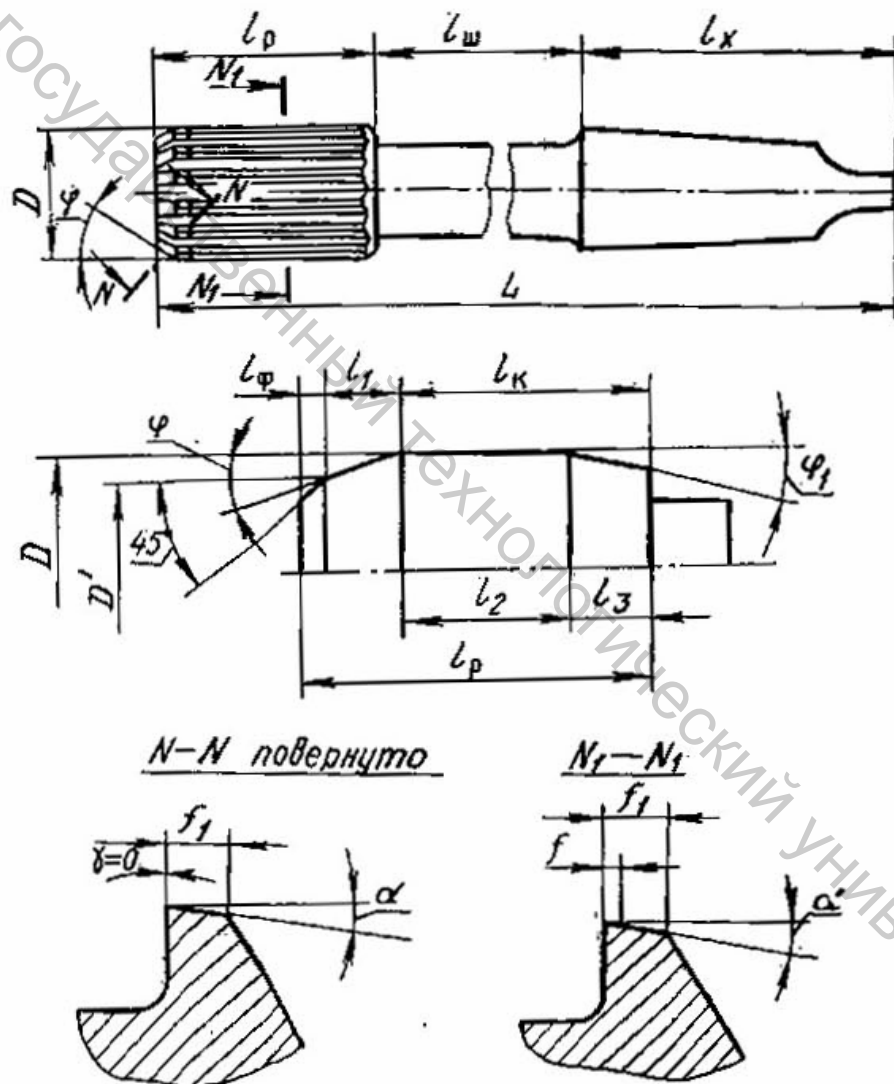


Рис. 3.35. Конструктивные элементы хвостовой развертки

Диаметр развертки – важнейший конструктивный элемент. При его выборе необходимо учитывать разбивку, так как отверстие, получаемое после развертки, почти всегда несколько больше самой развертки; запас на износ, по причине того, что развертка изнашивается по диаметру от трения о стенки обрабаты-
ваемого отверстия.

мого отверстия; допуски на изготовление самой развертки. Поскольку размер развертки является основным конструктивным элементом, обеспечивающим точность обработки, режущие кромки, расположенные на диаметре калибрующей части, должны быть острыми и не иметь зазубрин, вмятин и других дефектов, которые могут появиться при транспортировании разверток.

Длина развертки зависит от глубины развертываемого отверстия и метода крепления развертки. Если развертка имеет направляющую часть, в общую длину развертки, кроме рабочей, входит длина направляющей части. Длину рабочей части развертки рекомендуется принимать в пределах 0,8–3 от ее диаметра. Чем короче рабочая часть развертки, тем легче она режет, но зато резко ухудшается направление развертки в отверстии и увеличивается шероховатость обработанной поверхности.

Развертка, как правило, имеет большее число зубьев, чем зенкер (6...12). Число зубьев является четным, чтобы облегчить измерение диаметра микрометром, и зависит от диаметра развертки.

Зубья развертки по окружности распределяются неравномерно. Это объясняется тем, что в процессе резания всегда возникают колебания нагрузки на зуб, вызванные неравномерной плотностью обрабатываемого материала, различными включениями в металл. Если развертка имеет постоянный окружной шаг, между зубьями могут появиться периодически повторяющиеся увеличения нагрузки, и возникает огранка отверстия. Избежать этого явления помогает неравномерный окружной шаг зубьев.

Угол режущей части развертки 2ϕ (рис. 3.35) определяется ее назначением. От угла режущей части зависит распределение составляющих силы резания. Чем меньше угол ϕ , тем меньше осевая сила и легче проникновение развертки в обрабатываемое отверстие. Но одновременно стружка становится более тонкой, а при обработке вязких материалов она хуже отделяется. Передний угол зуба развертки принимают близким к 0° . В этом случае процесс резания напоминает процесс скобления и в результате получается гладкая поверхность. Однако в зависимости от условий обработки применяются развертки с положительными и отрицательными передними углами.

Задний угол развертки также принимают небольшим для сохранения прочности режущей кромки. На режущей части зуб развертки затачивается остро (без фаски), на калибрующей части оставляют цилиндрическую ленточку, ширина которой зависит от диаметра развертки. Назначение ленточки у развертки то же, что и у сверла и зенкера, однако наряду с этим она выглаживает обработанную поверхность и снижает ее шероховатость.

Калибрующая часть развертки выполняется с обратной конусностью. Для ручных разверток ее рекомендуется принимать 0,010–0,015 мм на 100 мм длины, для машинных разверток с жестким креплением 0,04–0,06 мм, для машинных разверток с качающимися патронами 0,06–0,08 мм. Изменение величины обратной конусности обусловлено тем, что ручная развертка работает с небольшой скоростью резания и сравнительно мало разбивает отверстие, направляясь строго по обработанному отверстию. При работе машинных разверток

разбивание отверстия калибрующей частью, прилегающей к шейке развертки, значительно больше, поэтому обратная конусность у них должна быть больше.

Для получения правильного отверстия применяют качающиеся или плавающие оправки, патроны для крепления в них разверток. Вследствие шарнирного крепления развертка может перемещаться в различных направлениях и самоустанавливаться по подготовленному отверстию.

Некоторые основные типы и, размеры цилиндрических разверток, выпускаемых централизованно, даны в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Основные типы и размеры цилиндрических разверток

Наименование, тип и основные размеры	Эскиз
Развертки машинные цельные, тип 1 (ГОСТ 1672—80): $D = 3,0\text{--}9,0\text{ мм}$; $d = 3,0\text{--}9,0\text{ мм}$; $L = 60\text{--}100\text{ мм}$; $l = 10,0\text{--}16,0\text{ мм}$; $l_1 = 32\text{--}50\text{ мм}$	
Развертки машинные цельные, тип 2 (ГОСТ 1672—80): $D = 10\text{--}32\text{ мм}$; $L = 140\text{--}240\text{ мм}$; $d = 8\text{--}23\text{ мм}$; $l = 16\text{--}25\text{ мм}$; конус Морзе № 1—3; $z = 6$ при $D = 10\text{ мм}$; $z = 8$ при $D \leq 28\text{ мм}$; $z = 10$ при $D > 30\text{ мм}$; для $D = 10\text{--}30\text{ мм}$ и $\phi = 5^\circ$ $l_1 = 4,5\text{ мм}$; для $D > 30\text{ мм}$ и $\phi = 5^\circ$ $l_1 = 6,5\text{ мм}$; для $D > 30\text{ мм}$ и $\phi = 15^\circ$ $l_1 = 3,5\text{ мм}$; для $D = 10\text{--}30\text{ мм}$ и $\phi = 45^\circ$ $l_1 = 1,0\text{ мм}$; для $D > 30\text{ мм}$ и $\phi = 45^\circ$ $l_1 = 1,5\text{ мм}$	
Развертки машинные цельные насадные, тип 3 (ГОСТ 1672—80): $D = 25\text{--}50\text{ мм}$; $d = 13\text{--}22\text{ мм}$; $L = 30\text{--}42\text{ мм}$; $l = 22\text{--}30\text{ мм}$; $z = 8$ при $D < 30\text{ мм}$; $z = 10$ при $30\text{ мм} \leq D < 35\text{ мм}$; $z = 12$ при $D \geq 35\text{ мм}$; $\phi = 5; 15; 45^\circ$; значения l_1 те же, что и в предыдущем случае	

Комбинированные инструменты применяются для совмещения операций или переходов при обработке ступенчатых отверстий. Наиболее распространенными одноступенчатыми комбинированными инструментами являются ступенчатые сверла, зенкеры и развертки. Комбинированные сверла и зенкеры при малом перепаде диаметров ступеней изготавливаются перешлифовкой различных инструментов (рис. 3.36, а и 3.37, а). Такие инструменты допускают сравнительно небольшое количество переточек, ограниченное длиной ступени меньшего диаметра. Поэтому используются сверла и зенкеры с чередующимися зубьями (рис. 3.36, б и 3.37, б), у которых калибрующий участок каждой ступени проходит по всей длине рабочей части. Такие инструменты допускают значительное число переточек.

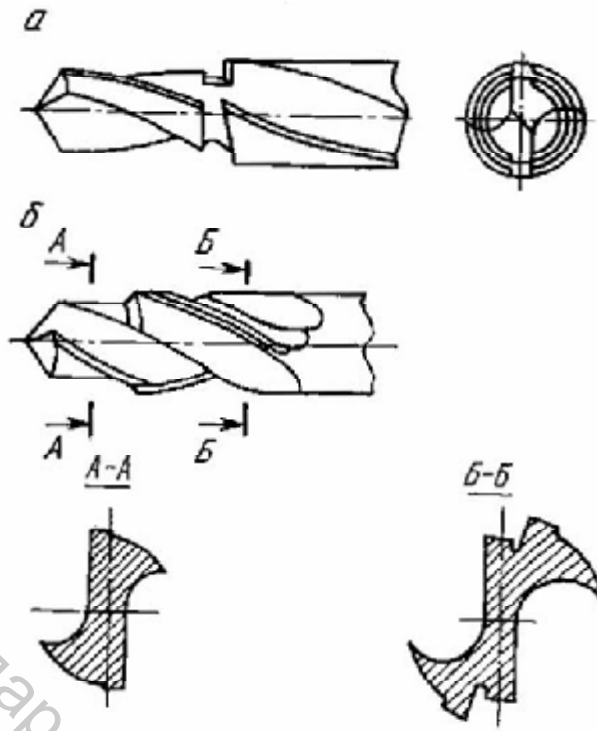


Рис. 3.36. Комбинированные сверла

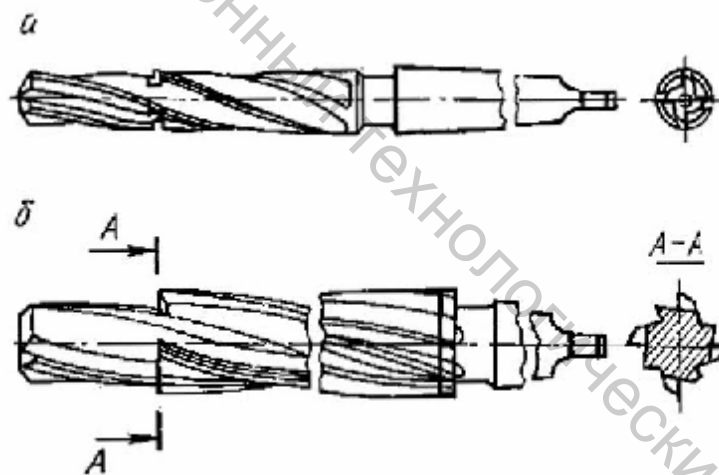


Рис. 3.37. Комбинированные зенкеры

Сверлильные станки подразделяют на универсальные, специализированные и специальные. К универсальным станкам относятся вертикально-сверлильные, радиально-сверлильные, настольно-сверлильные и др., к специализированным — сверлильные станки для глубокого сверления. В массовом производстве применяют специальные агрегатные многошпиндельные сверлильные станки, предназначенные для выполнения определенной операции.

По признаку устройства шпинделей многошпиндельные сверлильные станки подразделяют на две группы: с нерегулируемыми (постоянными) и с регулируемыми шпинделями. На многошпиндельных сверлильных станках одновременно сверлят несколько отверстий, количество которых может превышать 200.

Общие виды вертикально и радиально-сверлильных станков показаны на рис. 3.38 – 3.39.

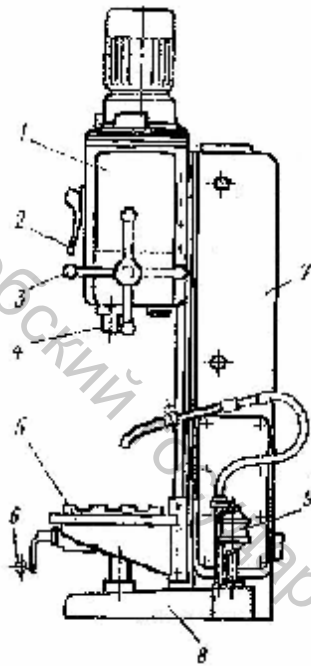


Рис. 3.38. Общий вид вертикально-сверлильного станка мод. 2H135

1- шпиндельная бабка; 2- рукоятка; 3- штурвал; 4- сверлильный шпиндель; 5- стол; 6- маховичок; 7- колонна; 8- станина

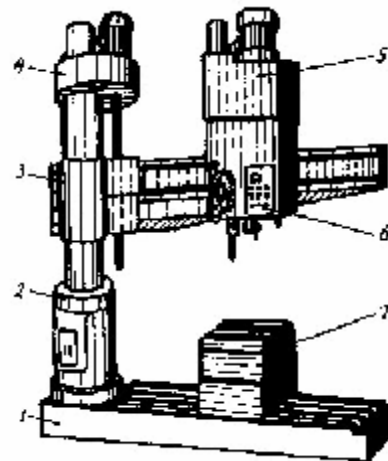


Рис. 3.39. Общий вид радиально-сверлильного станка мод. 2M55

1- фундаментная плита; 2- цоколь; 3- рукав (траверса); 4- механизм подъема; 5- шпиндельная головка; 6- пульт управления; 7- стол

Принципиальное отличие радиально-сверлильных от вертикально-сверлильных станков состоит в том, что при обработке отверстий на радиально-сверлильных станках инструмент перемещают (позиционируют) относительно обрабатываемой заготовки, а на вертикально-сверлильных позиционируют заготовку. Шпиндель радиально-сверлильного станка легко можно перемещать как в радиальном направлении, так и по окружностям различных радиусов. Это дает возможность сверлить отверстия в любой точке детали.

Основные виды обработки, которые можно выполнять на сверлильных станках, показаны на рис. 3.40. Сверление отверстий производится при вращении сверла и его осевой подаче (рис. 3.40, а). Инструментом служит обыкновенное спиральное или другой конструкции сверло.

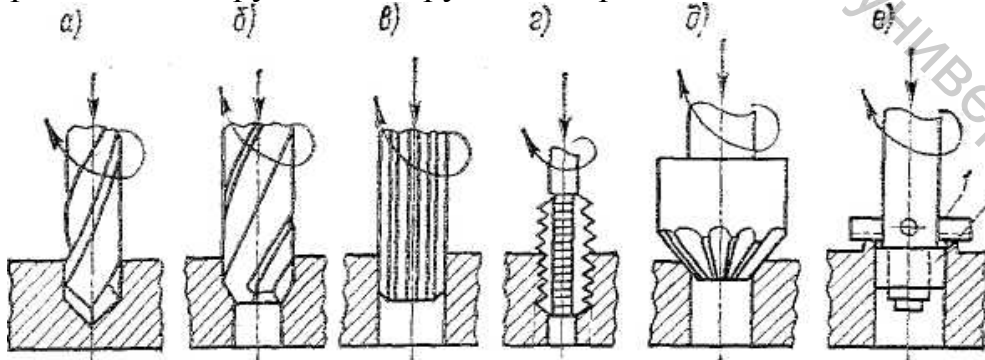


Рис. 3.40. Виды работ, производимых на сверлильных станках: а- сверление; б- зенкерование; в- развертывание; г- нарезание резьбы; д- зенкование; е- цекование.

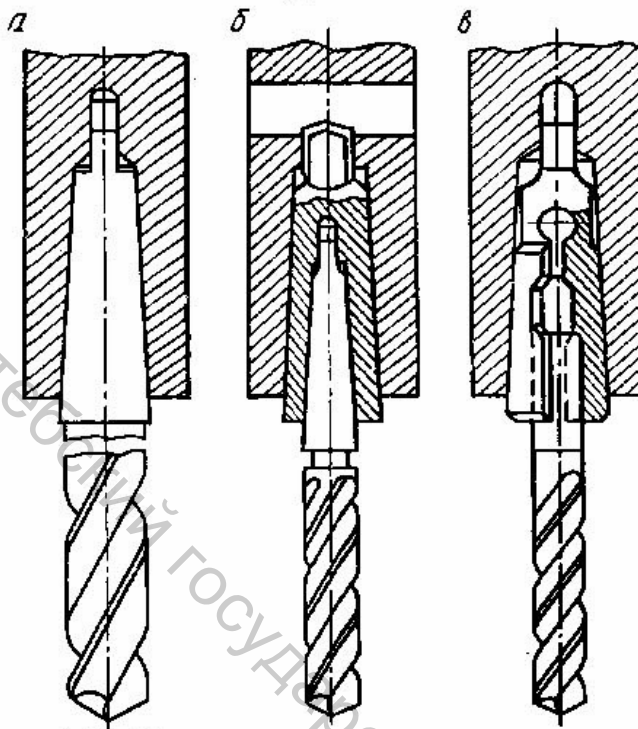


Рис. 3.41. Втулки, вставляемые в шпиндель станка

ками (рис. 3.41, б). Втулки центрируются в отверстии шпинделя (или одна в другой) по коническим поверхностям.

Сверла, зенкеры и развертки с цилиндрическим хвостовиком и лапкой

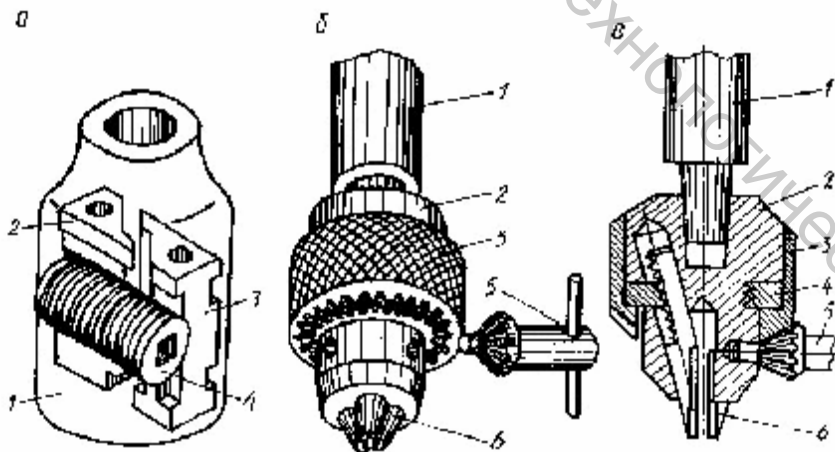


Рис. 3.42. Сверлильные двух- и трехкулачковые патроны

трехкулачковые патроны, в которых инструмент с цилиндрическим хвостовиком закрепляют при помощи ключа (рис. 3.42). Призматические кулачки 2 и 3 двухкулачкового патрона, расположенные в корпусе 1, перемещают винтом 4, имеющим правую и левую нарезки и квадратное отверстие под ключ (рис. 3.42, а). При вращении ключа с помощью винта кулачки сближаются или расходятся, что позволяет закреплять или освобождать режущий инструмент.

Сверлильный трехкулачковый патрон (рис. 3.42, б, в) состоит из корпуса 2, втулки 3, кулачков 6 и кольца 4. На верхней части кулачков нарезана резьба,

Для крепления в шпинделе станка сверл, зенкеров, разверток применяют оправки, патроны, переходные втулки, цанги, которые называются вспомогательным инструментом. Вспомогательный инструмент должен обеспечивать быстроту установки и надежность крепления инструмента.

На рис. 3.41, а показано непосредственное закрепление сверла в коническом отверстии шпинделя с помощью силы трения. Лапка сверла входит в паз шпинделя. В случае, когда режущий инструмент имеет конический хвостовик малых размеров, необходимо пользоваться переходными коническими втулками (рис. 3.41, б). Втулки центрируются в отверстии шпинделя (или одна в другой) по коническим поверхностям.

обычно закрепляют, применяя разрезные конусные втулки (рис. 3.41, в), как непосредственно в шпинделях станков, так и при помощи переходных втулок. Широкое применение получили сверлильные двух- и

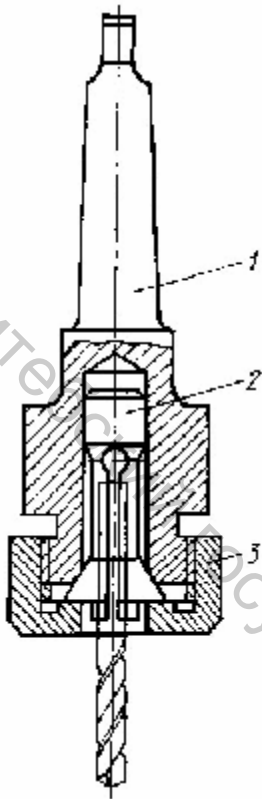


Рис. 3.43. Цанговый сверлильный патрон

которая соединена с резьбой на кольце 4, запрессованном во втулке 3. Эту втулку при закреплении сверла вначале вращают вручную, а затем ключом 5, на конце которого имеется шестерня, зацепляющаяся с зубьями торца втулки 3. Ключом поворачивают втулку, и тем самым, кулачки 6 перемещаются, их концы сближаются, центрируют и зажимают инструмент, а при обратном вращении рукоятки 5 происходит освобождение сверла. Для установки в шпиндель станка у патронов имеется конический хвостовик 1.

Сверлильные патроны с ключом имеют ряд недостатков: необходимость применения ключей для закрепления инструмента, быстрый износ резьбы и кулачков, сравнительно малая степень точности центрирования инструмента, ослабление силы закрепления инструмента во время его работы, сложность изготовления.

Сверлильные трехкулачковые бесключевые патроны предназначены для закрепления сверл и других инструментов с диаметром хвостовика от 2 до 12 мм. Патроны дают возможность закреплять инструмент вручную без ключа, хорошо центрируют инструмент и надежно удерживают его при работе.

Цанговые патроны (рис. 3.43) используют для закрепления сверл малого диаметра с цилиндрическим хвостовиком.

Патрон состоит из корпуса 1 с хвостовиком, цанги 2 и гайки 3. Цанга расположена в отверстии корпуса и конусом сопрягается с внутренним конусом отверстия. На ее резьбовую часть навинчивается зажимная гайка 3. В цанге имеются три разреза, расположенные под углом 120° друг к другу. При завинчивании гайки цанга входит конической частью в коническое отверстие корпуса и сжимается, закрепляя инструмент. При вывинчивании гайки цанга, упруго деформируясь, разжимается и освобождает инструмент. Материал цанги – сталь 65Г или У8А; твердость 59–63 HRCэ.

При обработке деталей, в которых необходимо последовательно выполнять сверление, зенкерование, развертывание, нарезание резьбы и другие операции, приходится часто менять режущий инструмент. Для сокращения времени на смену инструмента применяют быстросменные патроны, дающие возможность быстро заменить инструмент, в ряде случаев без остановки вращения шпинделя. В настоящее время используются быстросменные патроны с ведущими шариками, ведущим штифтом и поводковые.

Высокая точность обработки отверстий разверткой достигается при постоянной установке детали. Если сверление отверстия и последующее его развертывание выполняется с переустановкой обрабатываемой детали, то при этом оси обрабатываемого отверстия и развертки, как правило, не совпадают. При жестком креплении развертки несовпадение осей отверстия и инструмента приводит к снижению точности обработки и появлению брака. Чтобы избежать

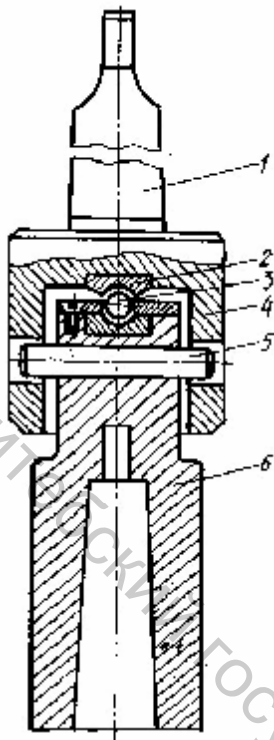


Рис. 3.44. Качающийся патрон для разверток

этого, для крепления разверток применяют самоустанавливающиеся патроны, которые обеспечивают возможность перемещения инструмента с целью достижения соосности.

Конструктивно различают три типа патронов: 1) качающиеся, дающие возможность развертке устанавливаться под некоторым углом к оси шпинделя (рис. 3.44); 2) плавающие, допускающие перемещение развертки в направлении, перпендикулярном к ее оси, и самоустановку в отверстии; 3) качающиеся и плавающие, позволяющие осуществлять в одинаковой степени угловое смещение развертки и смещение в направлении, перпендикулярном к оси шпинделя станка.

Развертка, вставленная в такие патроны, имеет возможность самоустанавливаться, поворачиваясь на некоторый угол относительно оси шпинделя, и следовать в направлении оси обрабатываемого отверстия.

Обрабатываемая заготовка устанавливается и закрепляется непосредственно на столе станка, в универсальном, специализированном (переналаживаемом) или специальном приспособлении. В некоторых случаях заготовку (или приспособление) не нужно закреплять на столе. При этом она удерживается рукой станочника и силами трения от действия осевой силы резания.

Для сверления необходимо совместить ось сверла (или другого инструмента) с осью будущего отверстия. Это можно сделать по разметке или с помощью направляющего устройства (кондукторной втулки). Приспособление с направляющими устройствами называют кондуктором. Применение кондукторных втулок способствует повышению качества получаемых отверстий и производительности труда.

Кондукторные втулки бывают постоянные (рис. 3.45, а), сменные (рис. 3.45, б), быстросменные (рис. 3.45, в).

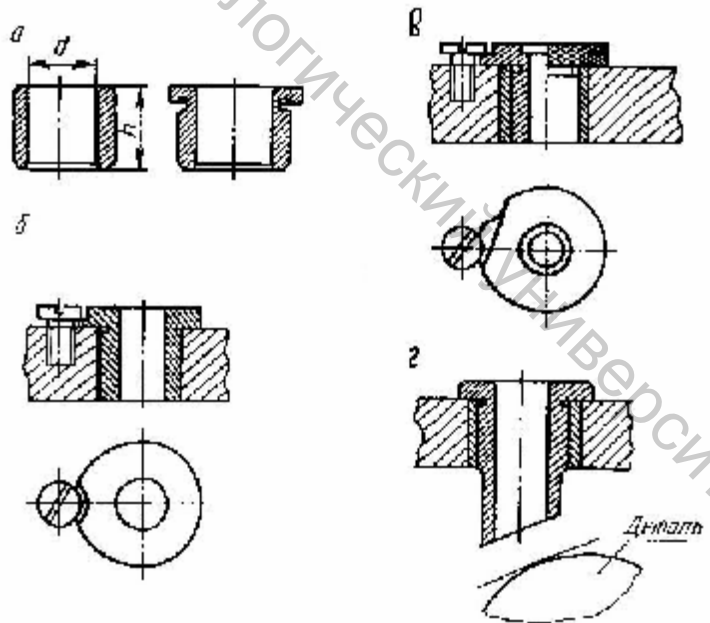


Рис. 3.45. Типы кондукторных втулок

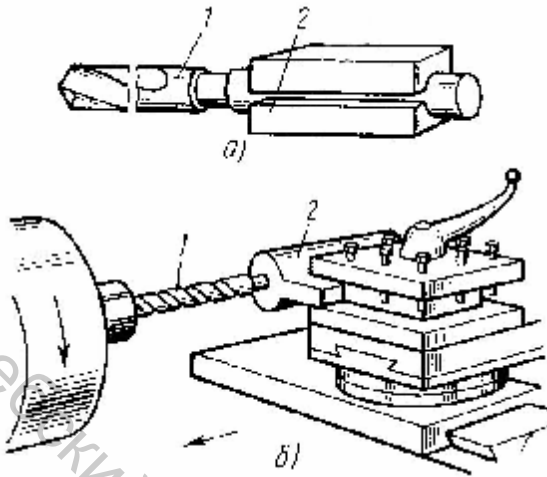


Рис. 3.46. Крепление в резцедержателе сверла с цилиндрическим (а) и коническим (б) хвостовиками

Постоянные кондукторные втулки без буртика применяются для направления инструмента только конкретного размера или установки сменных втулок. Назначение постоянных кондукторных втулок с буртиком то же, что и постоянных без буртика. Буртик служит опорной поверхностью для втулки, предохраняя ее от провала при соприкосновении с инструментом во время работы. Постоянные втулки запрессовываются в плиту кондуктора и удаляются только в случае, если их необходимо заменить в результате износа или повреждения.

При сверлении, зенкеровании и развертывании на токарных станках сверло с коническим хвостовиком устанавливается в пиноли задней бабки при помощи переходной втулки, а с цилиндрическим при помощи цангового патрона или сверлильного кулачкового патрона. Вручную трудно обеспечить постоянное (стабильное) значение подачи. Для ее стабилизации можно связать заднюю бабку с суппортом для механической подачи или установить сверло 1 в резцодержателе с помощью корпуса 2 (рис. 3.46). Но в последнем случае затруднительно обеспечить совпадение осей сверла и вращения заготовки.

3.2.2. Растачивание отверстий на токарных и расточных станках

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

Растачивание обычно выполняется в несколько переходов: предварительное, чистовое и отделочное. При предварительном растачивании достигается 13-й...14-й квалитет точности, при чистовом – 9-й...10-й, а при отделочном – 7-й...8-й квалитет точности. Инструментом при растачивании служат расточные державочные и пластинчатые резцы. Они устанавливаются и закрепляются в концевых расточных оправках (рис. 3.47) перпендикулярно (рис. 3.47, а) или наклонно (рис. 3.47, б) к ее оси. Проходные резцы имеют угол в плане j , равный 60 или 75°. Их установка показана на рис. 3.48, а...г. Они позволяют обрабатывать открытые и полуоткрытые отверстия с перпендикулярным торцом в том числе.

Державочные прорезные – канавочные резцы (рис. 3.48, д) применяются для растачивания канавок и коротких выемок внутри отверстия. Державочные двусторонние проходные резцы (рис. 3.48, е) с углом в плане j , равным 60° применяются при растачивании закрытых отверстий.

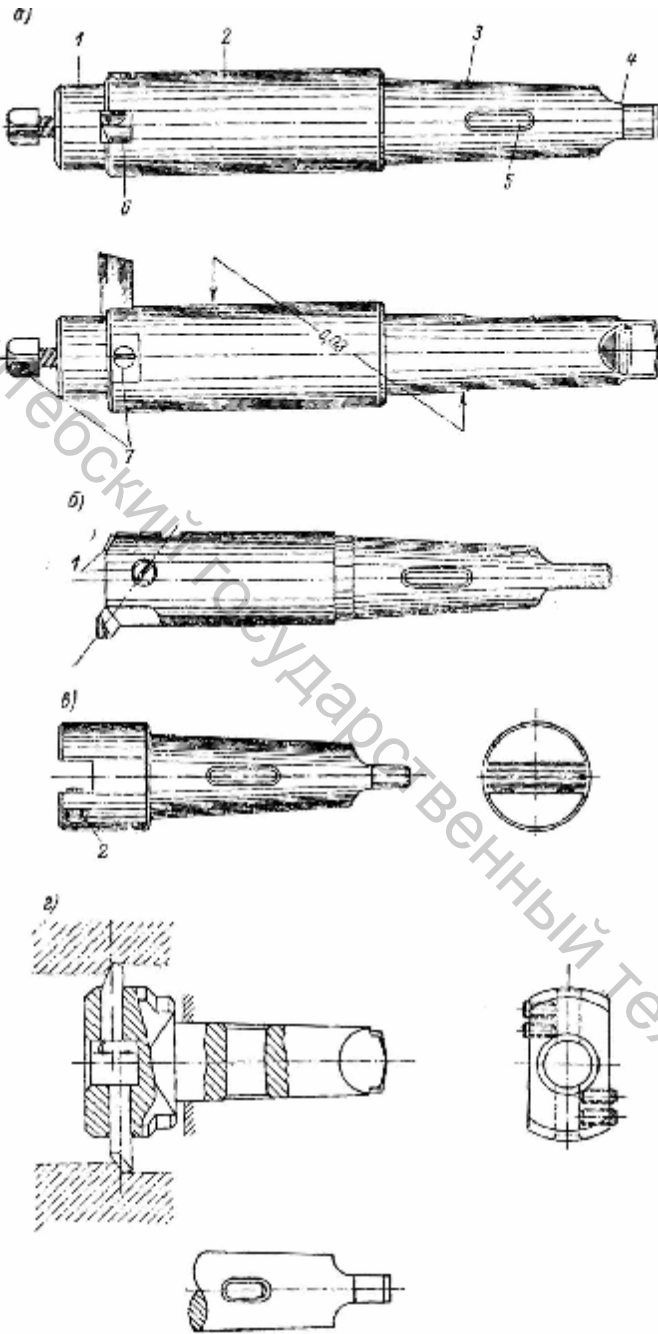


Рис. 3.47. Концевые расточные оправки

пластинчатые резцы (рис. 3.50, а), где винт 2 позволяет плавно перемещать резец. Аналогично обеспечивается точная настройка державочного резца с помощью винта 4 (рис. 3.50, б). Отрегулированный резец 2 закрепляется винтом 3.

Пластинчатые резцы (рис. 3.49) делятся на два основных вида: однолезвийные (рис. 3.49, а и б) и двухлезвийные (рис. 3.49, в и г). Двухлезвийные пластинчатые резцы работают сразу двумя режущими кромками и поэтому производительнее однолезвийных. Двухлезвийные пластинчатые резцы с заплечиками самоцентрируются с их помощью на оправке. Их обычно делают мерными для получения расточенного отверстия определенного диаметра. Однолезвийные пластинчатые резцы необходимо настраивать на нужный размер. Чтобы облегчить настройку и повысить ее точность применяют так называемые аншлажные

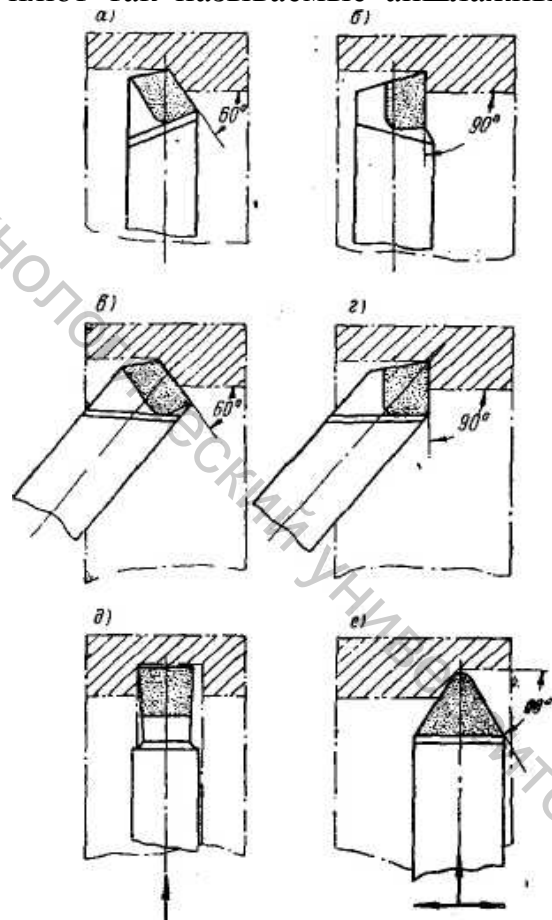


Рис. 3.48. Формы расточных резцов

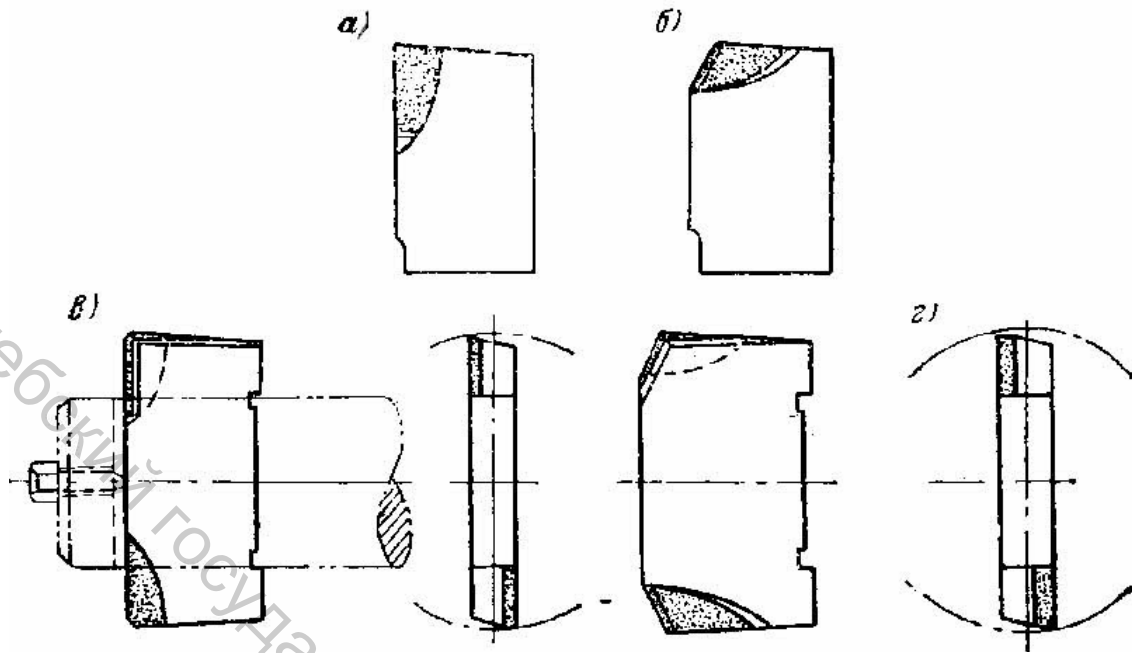


Рис. 3.49. Пластиновые расточные резцы

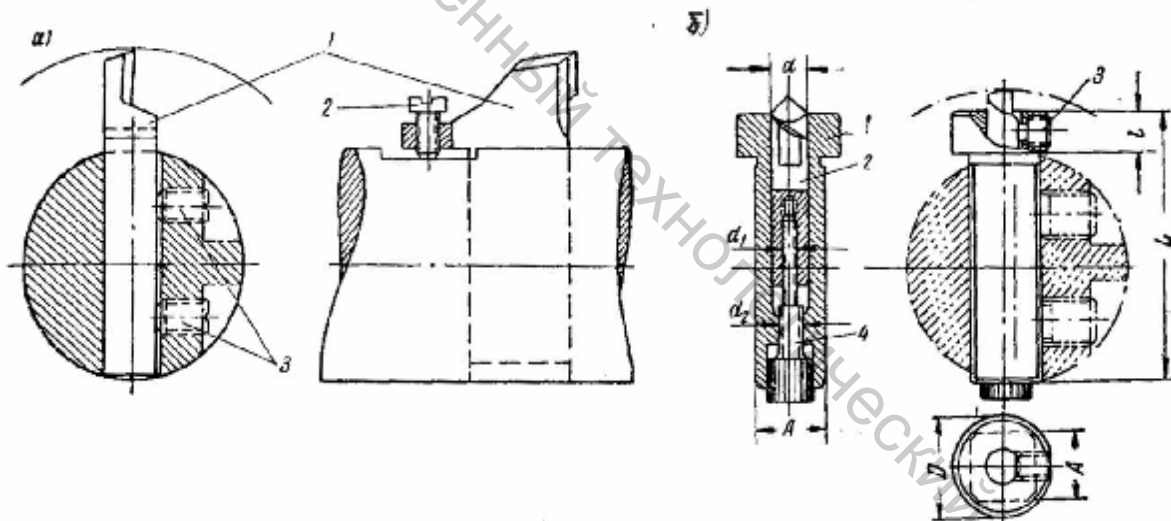


Рис. 3.50. Анилажный резец (а) и однорезцовый блок с микрометрической регулировкой (б)

Для точной настройки на заданный диаметр растачиваемого отверстия (особенно на координатно-расточных станках) применяют расточные патроны (рис. 3.51). Радиальное перемещение резкодержателя 1 по направляющим корпуса осуществляется вращением микрометрического винта 5, который несет на себе втулку с делениями для отсчета перемещения. Радиальное перемещение резкодержателя, равное 25-и мм, позволяет нормальными расточными резцами растачивать отверстия диаметром до 60 мм. Для растачивания отверстий диаметром больше 60-и мм на резкодержатель надевают специальные расточные

головки (рис. 3.51, в) и закрепляют их винтом; резец при этом устанавливают в хоботе расточной головки.

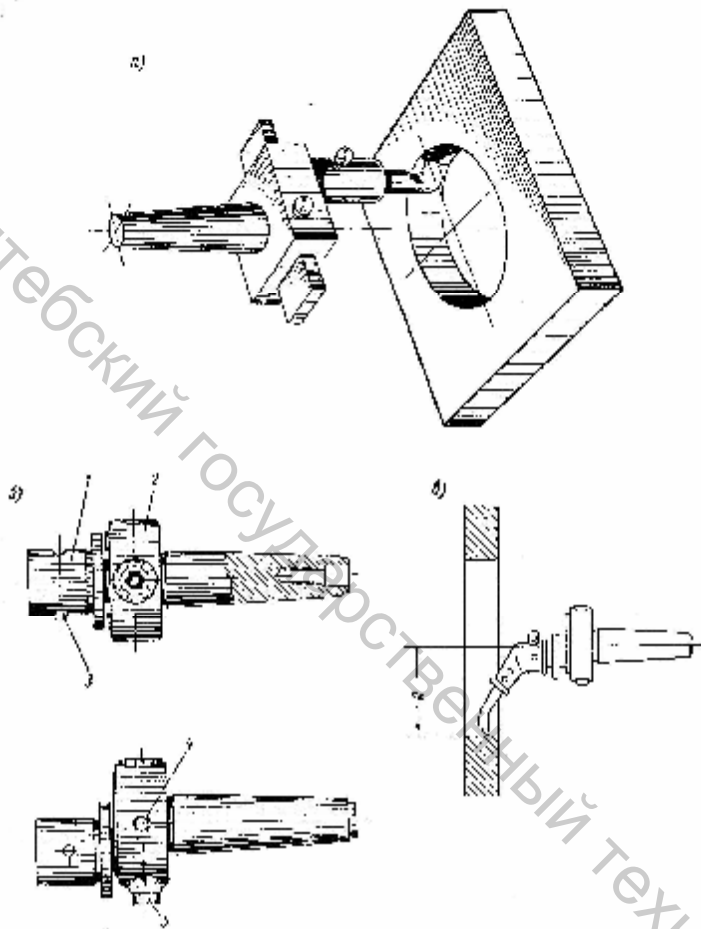


Рис. 3.51. Расточные патроны

рис. 3.53, а. Их закрепляют на радиальном суппорте планшайбы. В резцодержателе 1 закрепляют резец (или оправку с резцом) и в процессе обработки перемещают по наклонным направляющим при помощи винта 3. На конце винта насажена звездочка 2, которая при вращении головки наталкивается на пальцы-упоры и таким образом поворачивает винт 3, сообщая резцу продольную подачу. Расточная головка, позволяющая производить консольную обработку конусных отверстий с различными углами, показана на рис. 3.53, б). Установку на необходимый диаметр осуществляют перемещением радиального суппорта планшайбы.

Оправки с резцами можно закреплять также на радиальном суппорте планшайбы при помощи выносных втулок.

С помощью радиального суппорта можно растачивать короткие отверстия большого диаметра (рис. 3.52) и конические отверстия за счет сочетания продольной и радиальной подачи. Однако нестандартные конусности не всегда можно получить указанным методом, так как у станка может не оказаться необходимого сочетания подач. В таких случаях применяют специальные расточные головки для растачивания конических отверстий (рис. 3.53).

Головки с постоянным углом конуса показаны на

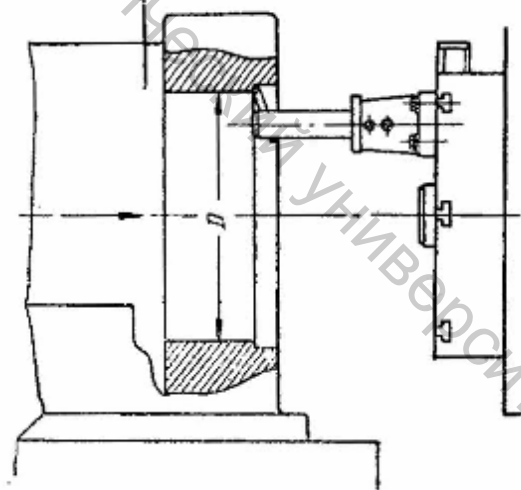


Рис. 3.52. Схема консольного растачивания коротких отверстий большого диаметра с помощью радиального суппорта планшайбы

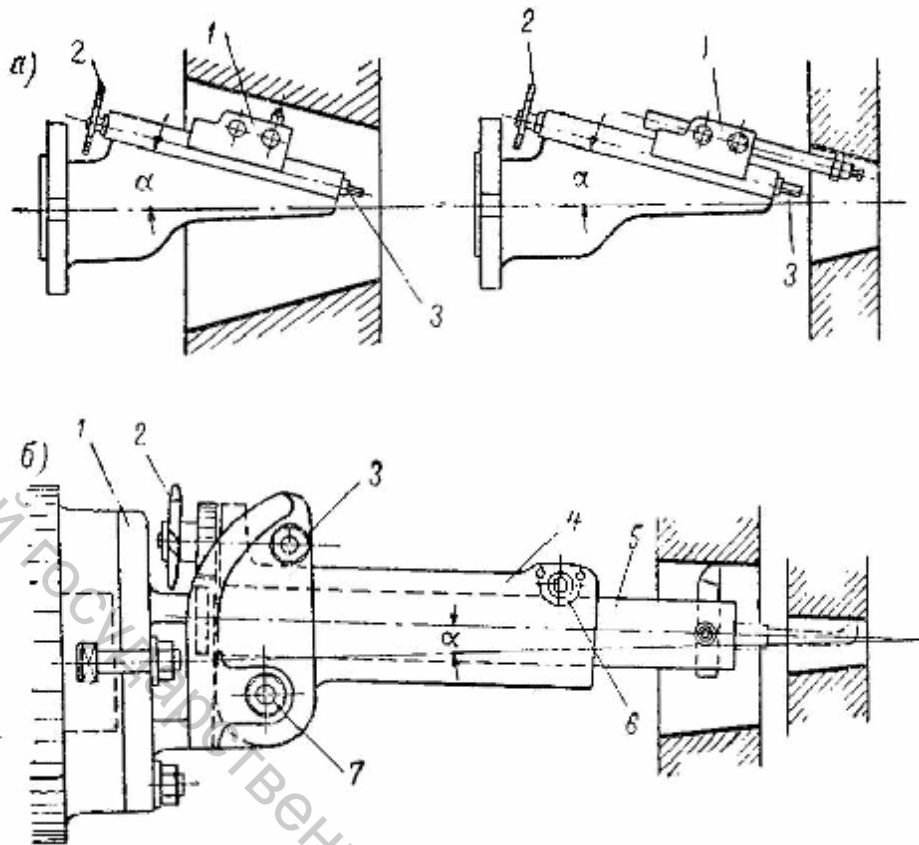


Рис. 3.53. Специальные расточные головки для растачивания конических отверстий: а– с постоянным углом; б– регулируемая по углу конуса

На рис. 3.54 показан внешний вид горизонтально- расточного станка мод. 2620

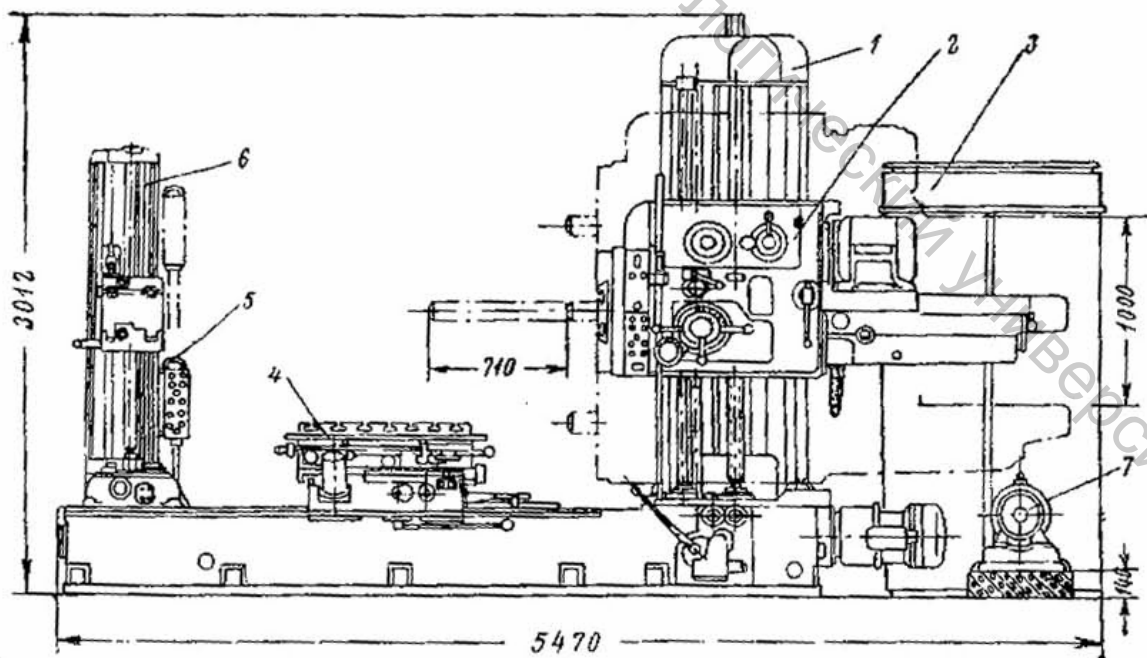


Рис. 3.54. Горизонтально-расточной станок модели 2620:
1– передняя стойка; 2– шпиндельная бабка; 3– электрошкаф; 4– стол; 5– пульт управления; 6– задняя стойка; 7– электромашинный агрегат

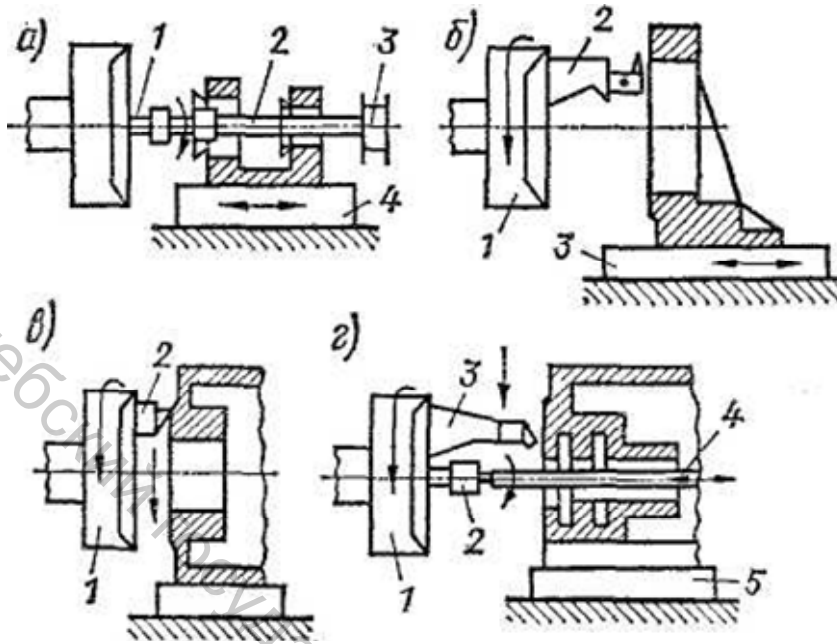


Рис. 3.55. Схема видов работ, выполняемых на расточных станках

На рис. 3.55 показаны схемы основных видов работ, выполняемые на горизонтально-расточном станке, с указанием движений основных узлов станка. На рис. 3.55, а показано одновременное растачивание двух concentрических отверстий резцами, закрепленными на борштанге 2, которую приводит во вращение шпиндель 1 и поддерживает люнет 3 задней стойки. При обработке заготовки стол 4 перемещается параллельно оси шпинделя (продольная подача). Этот способ растачивания с продольной подачей стола применяют в случае, когда расположенные соосно растачиваемые отверстия имеют значительную длину и возможен прогиб борштанги 2.

На рис. 3.55, б показано растачивание отверстия большого диаметра с помощью резца, закрепленного в резцедержателе 2, который укреплен на планшайбе 1. Продольная подача заготовки осуществляется движением стола 3, а радиальная подача резца — радиальным перемещением резцедержателя на планшайбе. Этим способом можно растачивать отверстия большого диаметра, но сравнительно малой длины.

На рис. 3.55, в показана обработка «летучим» суппортом торца заготовки после растачивания отверстия. В данном случае заготовка неподвижна и стол не перемещается. Планшайба 1 вращает резцедержатель 2 с закрепленным резцом, который перемещается радиально, обрабатывая торцевую поверхность заготовки. Эта операция часто встречается при обработке больших несимметричных поверхностей.

На рис. 3.55, г показан пример совместной работы шпинделя 2 и планшайбы 1. Одновременно растачивается отверстие резцом, закрепленным на борштанге 4, и обрабатывается торец заготовки резцом, закрепленным в резцедержателе 3. Заготовка вместе со столом 5 неподвижна.

На рис. 3.55, г показан пример совместной работы шпинделя 2 и планшайбы 1. Одновременно растачивается отверстие резцом, закрепленным на борштанге 4, и обрабатывается торец заготовки резцом, закрепленным в резцедержателе 3. Заготовка вместе со столом 5 неподвижна.

На горизонтально-расточных станках можно также сверлить и развертывать отверстия, нарезать в них резьбу и фрезеровать плоскости. Такие станки применяют в единичном и мелкосерийном производстве для обработки заготовок корпусных деталей.

Различают три основных метода установки деталей на расточных станках:

- 1) деталь ставится непосредственно на поверхность стола или плиты;

- 2) деталь ставится на подкладки, бруски, угольники и призмы;
- 3) деталь устанавливается в специальные приспособления.

Единичные обрабатываемые детали, как правило, устанавливаются непосредственно на стол или плиту станка, или на универсальные приспособления.

Время на установку, выверку и закрепление обрабатываемых деталей обычно составляет значительную часть времени, затрачиваемого на выполнение всей операции. Сокращение его обеспечивается применением различных приспособлений.

Для закрепления деталей на столе или плите станка обычно применяются; прихваты (крепежные комплекты). Они состоят из шпильки 2, шайбы 3, гайки 4, сухаря 1, планки-прихвата 5 или 6 и подставки 7 (рис. 3.56). Шпильки сменные; их делают разными по длине, что позволяет закреплять различные по высоте детали. Сухари 1 вставляются в Т-образные пазы столов или плит станков. Гайки изготавливаются закаленными с целью удлинения срока их службы.

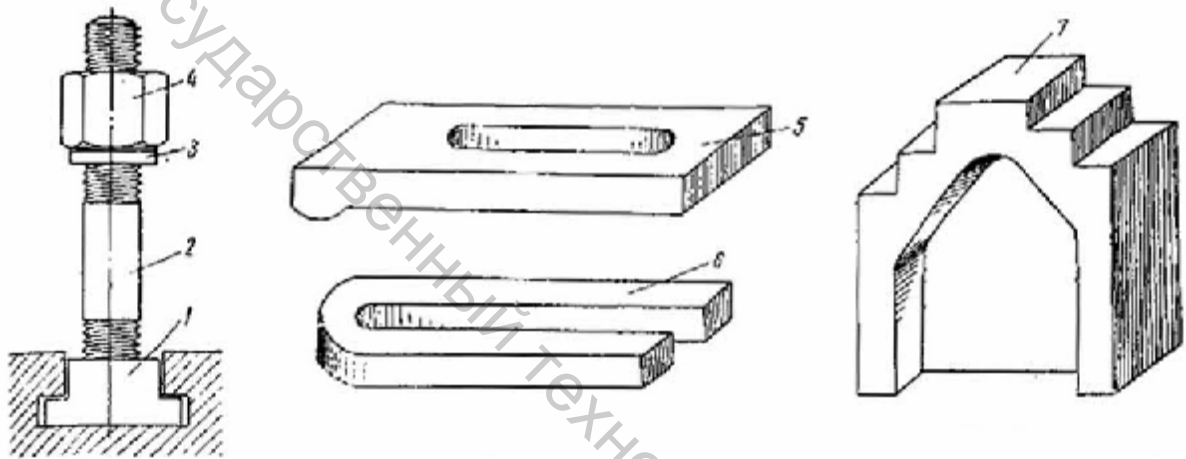


Рис. 3.56. Крепежный комплект для закрепления обрабатываемых деталей

Процесс обработки на расточном станке состоит из установки детали, собственно обработки и снятия обработанной детали со станка.

Под установкой следует понимать совокупность приемов, состоящих из подготовки к установке, собственно установки детали, выверки и закрепления.

Эти работы выполняются в определенном порядке:

- 1) определяется местоположение детали на поверхности стола или плиты;
- 2) устанавливаются универсальные установочные приспособления (если таковые требуются);
- 3) предварительно закрепляются и выверяются универсальные установочные приспособления;
- 4) окончательно закрепляются установочные приспособления;
- 5) устанавливается деталь на стол или плиту (или приспособление) и предварительно закрепляется;
- 6) выверяется правильность положения обрабатываемой детали относительно станка;
- 7) окончательно закрепляется деталь.

Положение детали на станке определяется положением ее технологических базовых поверхностей или разметочных рисок.

Выверкой называется комплекс проверок и поправок положения детали.

При выверке необходимо соблюдать следующие правила:

1) если растачивание будет производиться при подаче шпинделя, то и проверка должна вестись относительно перемещения шпинделя в этом направлении;

2) если растачивание будет производиться при подаче стола, то и проверка должна вестись относительно перемещения стола в том же направлении.

На рис. 3.57 показана схема выверки положения заготовки в горизонтальной плоскости по разметочным рискам, когда устанавливаемая деталь не имеет обработанных поверхностей, параллельных плоскости стола. Выверка в горизонтальной плоско-

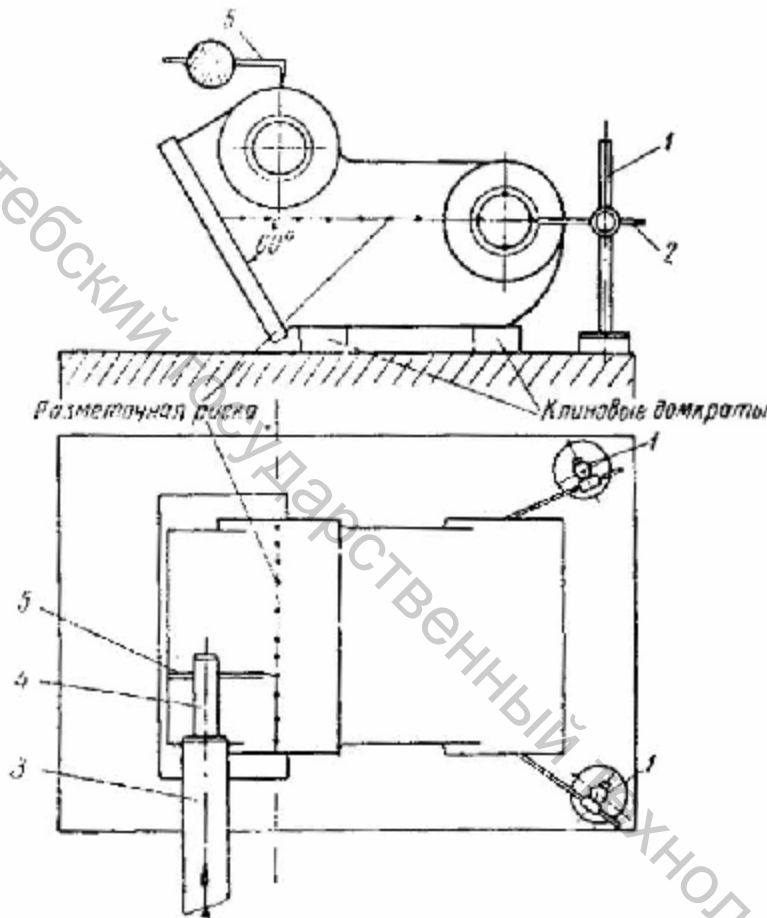


Рис. 3.57. Проверка положения детали относительно станка по разметочным рискам

сти по разметочным рискам производится относительно плоскости стола с помощью рейсмуса 1 с закрепленной в нем чертилкой 2.

Рейсмус перемещается по плоскости стола на другую сторону заготовки, и производится сличение совмещения острия чертилки с риской.

Точность выверки по рискам составляет 0,3—0,4 мм.

При **размерной настройке** для растачивания отверстия решаются две задачи: 1) установка формообразующего элемента резца на заданное расстояние от оси вращения оправки (шпинделя), 2) вывод оси шпинделя в заданную координату.

Контроль установки резца на размер в оправке осуществляется при помощи: жестких или регулируемых калибров и индикаторных приборов. Жесткими калибрами являются калибры полукольца (рис. 3.58, а) и плоские калибры с призмами (рис. 3.58, б). Каждый калибр-полукольцо 1 служит для проверки установки резца только на определенный диаметр D при определенном диаметре оправки или борштанги. Плоский калибр 1 с призмой выполнен так, что с его

помощью можно проверить настройку резца для предварительного и для окончательного растачивания.

Жесткие калибры применяются в массовом и крупносерийном производстве. Размеры калибров уточняются опытным путем, так как необходимо учесть влияние упругой деформации оправки или борштанги на размер расточенного отверстия. Для уменьшения износа жесткие калибры закаливаются. При настройке по жесткому калибру обеспечивается точность расточенного отверстия в пределах 9-го...10-го квалитетов точности.

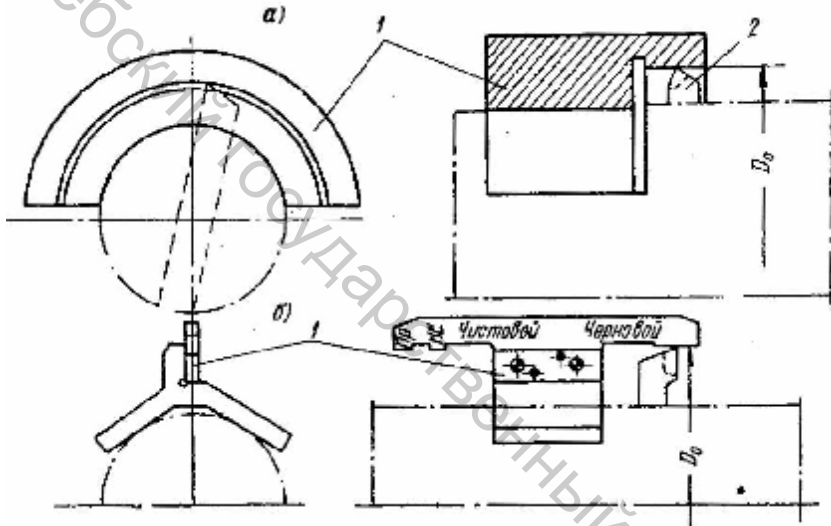


Рис. 3.58. Жесткие калибры для установки резцов

Регулируемые калибры – штангенциркули со шкалой (рис. 3.59) применяют при настройке резца для предварительного или получистового растачивания. Показанный калибр-штангенциркуль позволяет проводить отсчет размеров с точностью до 0,05 мм, и применяется для настройки на растачивание отверстий диаметром 25...70 мм. Шкала на этом калибре показывает радиус настройки.

стройки.

К достоинствам регулируемого калибра относятся: 1) возможность непосредственного отсчета радиуса настройки, 2) возможность настройки при различных диаметрах оправок и борштанг, 3) относительно малые затраты времени на настройку.

Регулируемые индикаторные приборы применяются для точной установки вершины резца. Что позволяет растачивать отверстия с 7-м...8-м квалитетом точности.

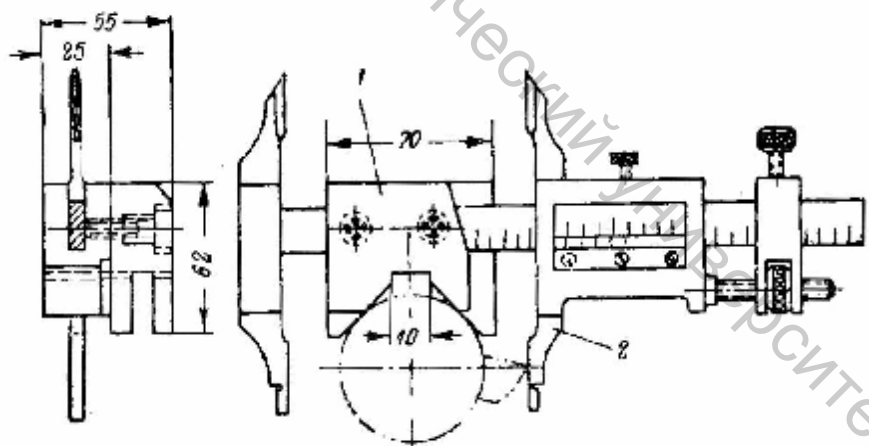


Рис. 3.59. Штангенциркуль со шкалой для установки резцов

Вывод оси шпинделя в координату, заданную от технологических баз, осуществляется следующим способом (рис. 3.60). Заготов-

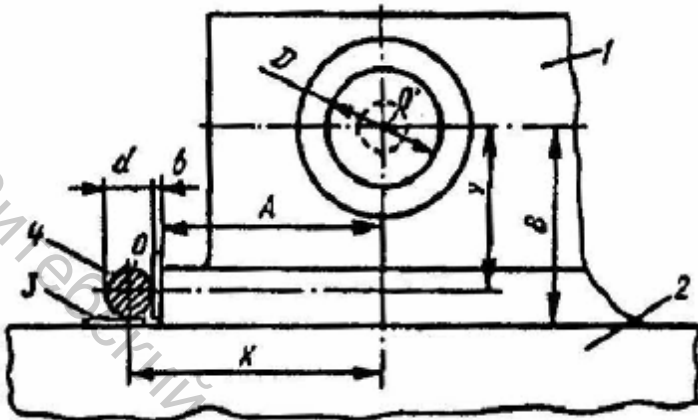


Рис. 3.60. Схема настройки на размеры A и B от технологических баз с помощью шкал и лимбов приводов перемещений горизонтально-расточного станка для растачивания отверстия

ка 1 предварительно базируется и закрепляется на столе 2 станка. С помощью щупа 3 толщиной b калиброванная

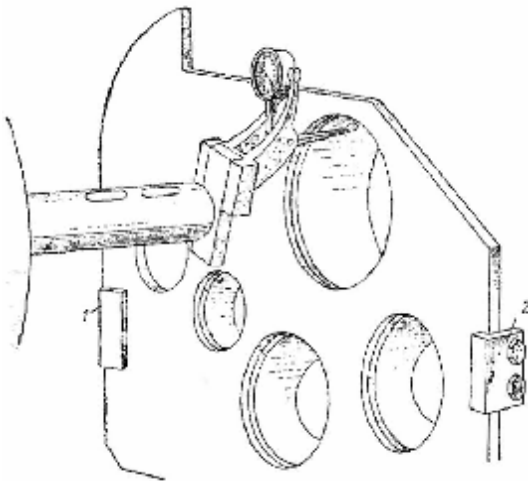


Рис. 3.62. Координация шпинделя по шаблону с помощью индикаторного центроискателя

щей 8-у...9-у квалитета).

Если есть возможность, вместо калиброванной оправки и щупа применяют мерный валик с подвижным мерным кольцом (рис. 3.61), что сокращает время настройки. Когда вращающийся мерный валик приближается к технологической базе, то мерное кольцо смещается к оси вращения, что сразу становится заметным визуально по исчезновению ореола от смещенного кольца.

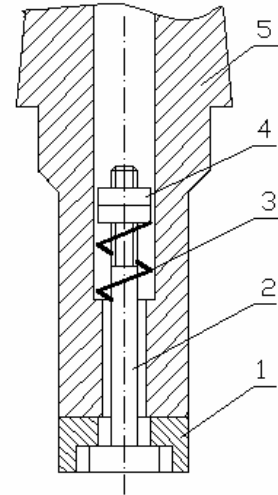


Рис. 3.61. Оправка с подвижным мерным кольцом

оправка 4 диаметром d , установленная в шпинделе, фиксируется в начальной позиции. Затем с помощью механизмов ручного перемещения стола и шпиндельной бабки осуществляется перемещение на расстояния x и y для вывода оси шпинделя в точку с заданными координатами A и B , где

$$x = A + d/2 + b;$$

$$y = B - d/2 - b.$$

Отсчет перемещения производится по встроенным в станок измерительным линейкам с нониусами (для точности, соответствующей 12-у...14-у квалитетам) или с помощью концевых мер и индикаторов (для точности, соответствующей

Если в корпусе необходимо расточить несколько (больше двух) параллельных отверстий, то применяют координацию оси шпинделя по шаблонам. Шаблон изготавливается из листовой стали толщиной 6...10 мм; в нем выполнены точные отверстия, диаметры которых на 5...10 мм больше диаметров отверстий в обрабатываемой детали (рис. 3.62). Допустимые отклонения расстояний между осями отверстий в шаблоне обычно составляют не более одной трети от соответствующих допусков у детали. Для того, чтобы отверстия шаблона правильно

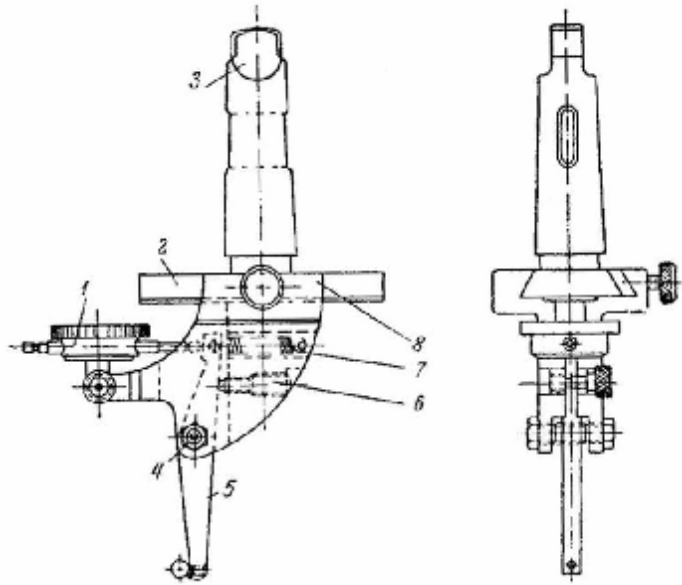


Рис. 3.63. Индикаторный центроискатель

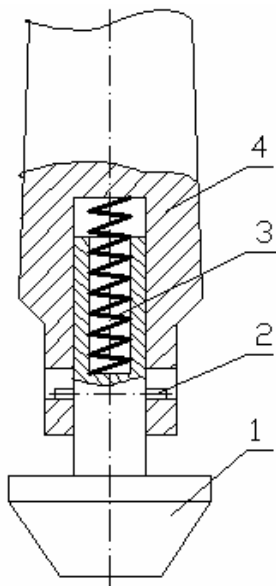


Рис. 3.64. Центр для установки оси шпинделя по отверстию шаблона
1- центр; 2- штифт; 3- пружина; 4- корпус (оправка)

расположить относительно технологических баз детали, к нему прикрепляют установочные сухари 1 и 2.

Для координации инструмента при помощи шаблона в шпиндель станка устанавливают индикаторный центроискатель (рис. 3.63). Он представляет собой прибор, состоящий из корпуса 8, соединенного с направляющей планкой 2, по которой он может перемещаться. Планка 2 закреплена в конусном хвостовике 3. В корпусе на регулируемых полуосях 4 может поворачиваться равноплечий рычаг 5, на одном конце которого помещена измерительная кнопка. Рычаг 5 пружиной 7 поворачивается до упора 6. В конец этого плеча рычага упирается штифт индикатора 1.

Предварительно шпиндель глазомерно или с помощью конического центроискателя (рис. 3.64) ориентируется относительно отверстия шаблона. Затем в это отверстие вводится кнопка индикаторного центроискателя. Поворачивая шпиндель, наблюдают за отклонениями стрелки индикатора.

Перемещением стола и шпиндельной бабки достигается такое взаимное расположение осей шпинделя и отверстия шаблона, при котором отклонение стрелки индикатора не превышает допустимого значения.

Растачивают отверстие на токарном станке, если диаметр отверстия по размеру нельзя обработать сверлом или зенкером, а также если ось отверстия в

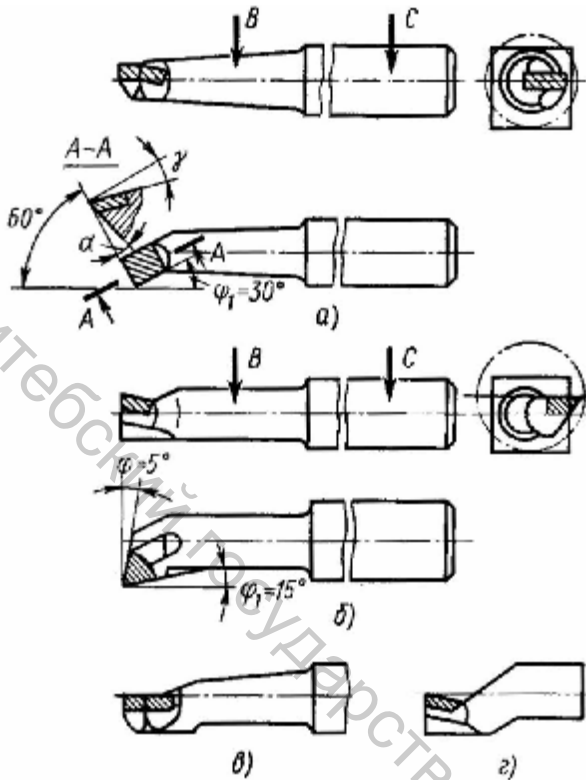


Рис. 3.65. Токарные расточные стержневые резцы

заготовке имеет существенное биение, а форма его образующей существенно отличается от требуемой. Токарные расточные резцы показаны на рис. 3.65 и 3.66. На рис. 3.65 показаны резцы: а) – для растачивания сквозных отверстий; б) – для растачивания глухих (несквозных) отверстий; в, г – конструктивные варианты резцов. Растачивание конических отверстий

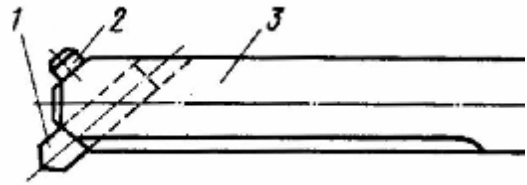


Рис. 3.66. Расточной резец, закрепляемый в оправке: 1- резец, 2-винт крепления резца, 3- державка

роту плиты 4 верхних салазок 11 на заданный угол.

Растачивание коротких фасонных отверстий осуществляется фасонными круглыми расточными резцами.

осуществляется ручной подачей резца вдоль образующей конуса при поворо-

3.2.3. Протягивание отверстий

Протягивание — процесс обработки поверхности специальным инструментом — протяжкой, зубья которой за один проход снимают весь припуск z . На протяжке кроме основных режущих зубьев имеются калибрующие, придающие обрабатываемой поверхности требуемые точность и шероховатость.

Протягивание, как правило, применяется в массовом, крупносерийном и среднесерийном производстве. Широко применяется протягивание отверстий цилиндрических, шлицевых и других форм.

Цилиндрические отверстия протягиваются после сверления или зенкерования. Для протягивания цилиндрических отверстий пользуются круглыми протяжками, которые обеспечивают обработку отверстий с точностью 8-го качества с шероховатостью поверхности до 0,32 мкм (Ra).

Протяжки квадратные, шпоночные, шлицевые применяются для обработки отверстий соответствующих форм.

Для выполнения калибровочных операций, а также для обработки глухих отверстий применяются *прошивки*. Прошивки проталкиваются через отверстие и в отличие от протяжек, работающих на растяжение, работают на продольный изгиб. Длина прошивок составляет 150-300 мм; что значительно короче протяжек.

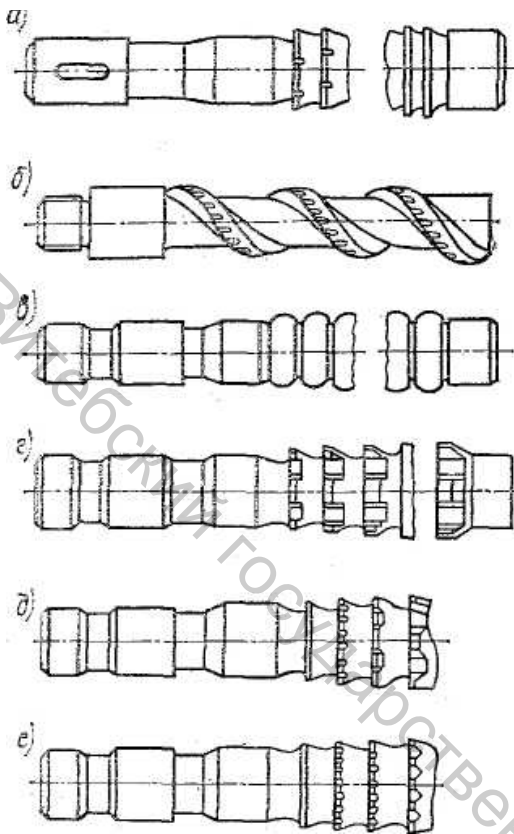


Рис. 3.68. Виды протяжек

Различают три основных вида протягивания: по *профильной* схеме (рис. 3.67, а), осуществляемое протяжками, все зубья которых имеют профиль, подобный профилю (контуру) поперечного сечения обрабатываемой поверхности, различаясь только размерами, причем каждый зуб последовательно снимает слой металла по форме профиля обрабатываемой поверхности; по *генераторной* схеме (рис. 3.67, б), осуществляемое фигурными протяжками, зубья которых имеют переменный профиль с дугообразной или прямолинейной формой главной ржущей кромки, постепенно переходящий к заданному профилю обрабатываемой поверхности; по *прогрессивной* схеме (рис. 3.67, в) – протяжками, у которых все режущие зубья разбиты на группы, обычно по два зуба, причем каждый зуб группы формирует только определенный участок профиля поверхности. При этом режущие кромки зубьев перекрывают друг друга.

Первая схема применима при протягивании поверхностей со снятием тонкого слоя металла по всей ширине обработки. Генераторная схема упрощает изготовление протяжек, так как в этом случае нет необходимости в заточке зуба протяжки по всему фасонному затылку. Прогрессивная схема в основном применяется при протягивании не обработанных предварительно поверхностей.

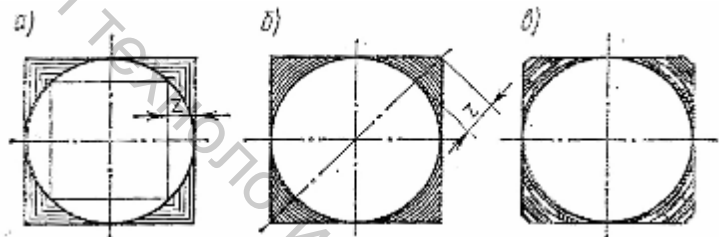


Рис. 3.67. Виды протягивания

По конструкции зубьев протяжки бывают режущими и уплотняющими. В первом случае зубья имеют острые режущие кромки, а во втором – округленные, работающие на уплотнение обрабатываемой поверхности.

По профилю протяжки подразделяются на: плоские, круглые и фасонные. Различают *сборные* протяжки со вставными зубьями и *наборные*, оснащенные пластинками твердого сплава. Разность высоты двух смежных зубьев определяет толщину слоя металла, срезаемого зубом протяжки, или размер подъема на зуб, который зависит от свойств обрабатываемого материала, материала протяжки, жесткости заготовки, формы протягиваемой поверхности и т.д.

Для разделения широкой стружки на поверхности лезвий прорезаны стружкоразделительные канавки (от 6 до 12). Число калибрующих зубьев составляет 3...8. Чем выше требования к точности обработки, тем больше калибрующих зубьев должна иметь протяжка. У калибрующих зубьев подъема на зуб нет.

Наиболее распространенными являются *круглые* протяжки с прямыми зубьями (рис. 3.68,а). Иногда их выполняют сборными в целях экономии быстрорежущей стали. Для протягивания глубоких отверстий применяют протяжки с винтовыми зубьями (рис. 3.68,б), работающие с поступательным движением вдоль оси. *Уплотняющая протяжка* с округленными зубьями показана на рис. 3.68,в. *Шлицевые* протяжки выполняют так же, как и круглые, в зависимости от формы шлица зубья изготавливают с прямым (рис. 3.68,г), угловым (рис. 3.68,д) или елочным (рис. 3.68, е) профилем.

Для протягивания многогранных отверстий применяют квадратные, шестигранные, прямоугольные и другого профиля протяжки. Особенностью их конструкций является наличие нескольких ступеней по длине с различными подъемами на зуб.

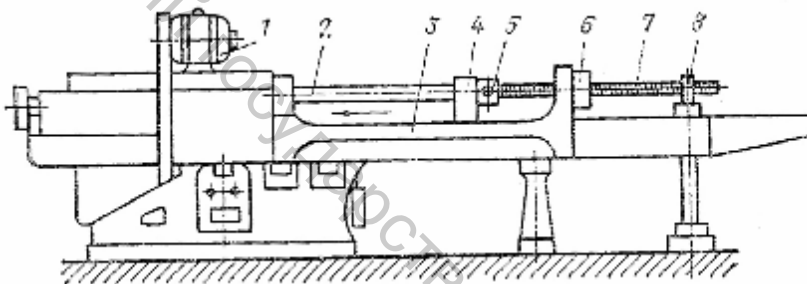


Рис. 3.69. Общий вид горизонтально-протяжного станка

Для одновременной обработки различных поверхностей шлицевого отверстия применяют *комбинированные* протяжки, которые предварительно протягивают гладкое отверстие, а затем шлицы.

Такие протяжки имеют вначале зубья круглой формы, за которыми расположены зубья, соответствующие форме шлица.

Станки, применяемые для протягивания, делятся на: 1) механические и гидравлические; 2) горизонтальные и вертикальные; 3) одно- и многошпиндельные. Толкающие станки для прошивания применяются для выполнения калибровочных операций.

На рис. 3.69 показан общий вид наиболее распространенного горизонтально-протяжного станка. На станине 3 установлены основные сборочные единицы станка, в полую ее часть размещен со всеми агрегатами и приводом от электродвигателя 1 гидропривод, который приводит в движение шток 2. Наружный конец штока покоится на дополнительной опоре, перемещающейся вместе с ползуном 4. Конец штока снабжен приспособлением 5 для крепления протяжки 7, другой конец которой поддерживается подвижным люнетом. Обрабатываемая заготовка 6 при протягивании упирается в торец станины. Для перемещения штока с различными скоростями и установки протяжек в гидроприводе предусмотрено устройство для изменения хода и скорости движения ползуна 4.

Размеры припусков под протягивание при обработке цилиндрических отверстий колеблются от 0,5 до 1,5 мм на диаметр в зависимости от диаметра отверстий. Точность обработки — 8...7-й квалитеты. Для глубоких отверстий припуск увеличивается на 25...50%. Такие же припуски принимают при протягивании шлицевых отверстий, если впадины обрабатывают одновременно с отверстием комбинированной протяжкой. Достигаемая шероховатость поверхности R_a — 0,8...0,4 мкм.

3.2.4. Шлифование отверстий

Внутреннее шлифование применяют главным образом при обработке точных отверстий в закаленных деталях, а также в тех случаях, когда по каким-либо причинам невозможно применить другие, более производительные методы точной обработки отверстий, например, алмазное растачивание, хонингование и др.

Существуют два способа внутреннего шлифования: во вращающейся заготовке и в неподвижной заготовке. Первый способ применяют при шлифовании отверстий в небольших по размерам заготовках, большей частью представляющих собой тела вращения, например, отверстий в зубчатых колесах, в кольцах шарико- и роликоподшипников, а второй — при шлифовании отверстий в заготовках корпусных деталей, которые неудобно или невозможно закрепить в патроне станка.

В первом случае обрабатываемую заготовку зажимают в патроне и приводят во вращательное движение (рис. 3.70, *а*). Во втором случае заготовка устанавливается на столе станка, а шпиндель шлифовального круга помимо вращательного движения имеет планетарное движение (рис. 3.70, *б*).

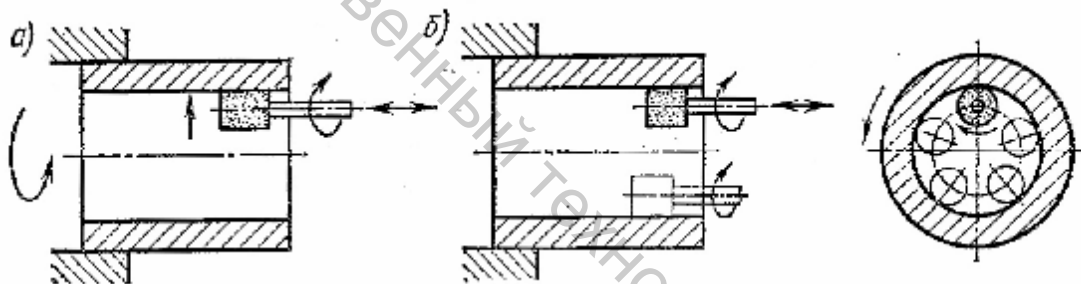


Рис. 3.70. Способы внутреннего шлифования

В обоих случаях осуществляется продольная подача шлифовального круга вдоль оси шлифуемого отверстия: в первом случае — движением шпиндельной головки, во втором — движением стола.

На рис. 3.71 представлен универсальный внутришлифовальный станок ЗК228В. По направляющим качения станины 1 может возвратно-поступательно перемещаться стол 12, несущий шлифовальную бабку 10, с помощью гидравлического цилиндра, а также вручную от маховичка 2. По верхним направляющим качения стола 12 шлифовальную бабку 10 можно перемещать вручную от маховичка 13 или от специальных упоров, расположенных на столе станка. На верхней плоскости станины 1 установлен мост 4 с бабкой 5 шлифуемой детали. Салазки, несущие бабку шлифуемой детали по направляющим скольжения моста, можно перемещать вручную. На корпусе бабки шлифуемой детали установлено торцешлифовальное приспособление 8. Перемещение этого приспособления вручную осуществляют маховичком 6, а небольшую подачу — его маховичком 7. Слева от станка расположен бак 3 для охлаждающей жидкости с электронасосом и магнитным сепаратором, сзади — насосная станция, электрошкаф 11 с электроаппаратурой и пультом управления 9.

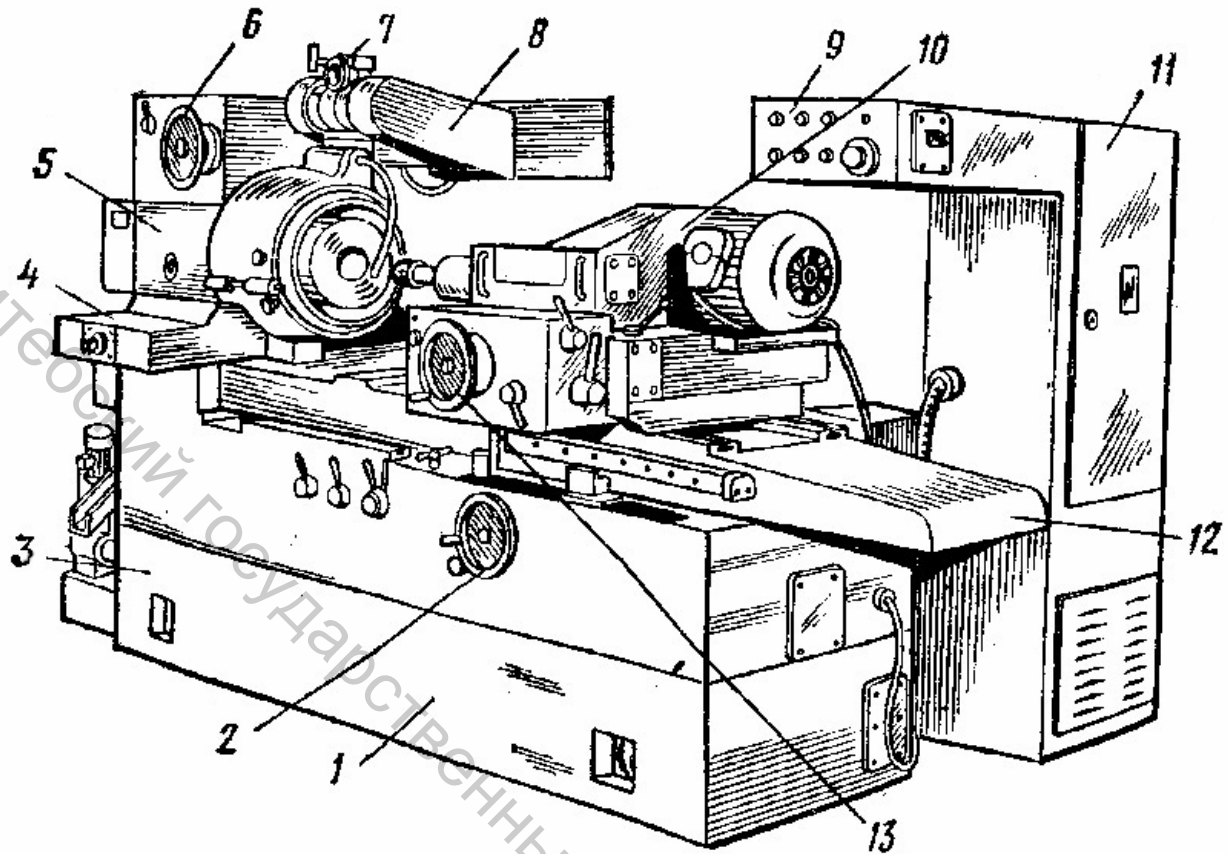


Рис. 3.71. Универсальный внутришлифовальный станок 3К228В.

Шлифование деталей на рассматриваемом станке осуществляют с помощью следующих движений: вращения шлифовального круга и детали, поперечной подачи шлифовальной бабки, продольной подачи шлифовального круга. При работе с торцовым приспособлением необходимы следующие движения: вращение шлифовального круга и детали, подача круга вдоль его оси. Схемы внутреннего шлифования цилиндрических отверстий показаны на рисунках 3.72...3.75.

Привод шлифовального круга осуществляют от электродвигателя (мощностью 5,5 кВт, с частотой вращения 2900 об/мин) через плоскоремennую передачу. Шлифовальная бабка снабжена четырьмя сменными шкивами, что обеспечивает следующие частоты вращения: 2900, 4500, 6000 и 9000 об/мин.

Привод шлифовального круга торцешлифовального приспособления осуществляют от электродвигателя (мощностью 2,2 кВт, с частотой вращения – 2860 об/мин). Частота вращения торцешлифовального шпинделя составляет 2680 или 4000 об/мин.

Шлифуемая деталь вращается от бесступенчато регулируемого электродвигателя через клиноремennую передачу. Частоту ее вращения можно изменять в пределах от 100 до 600 об/мин.

Ручную поперечную подачу шлифовальной бабки можно осуществлять в пределах от 0,002 до 0,012 мм за одно качание специальной рукоятки.

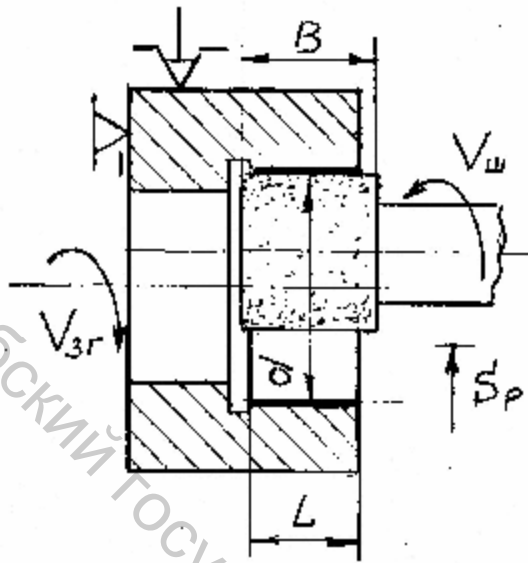


Рис. 3.72. Схема внутреннего врезного шлифования

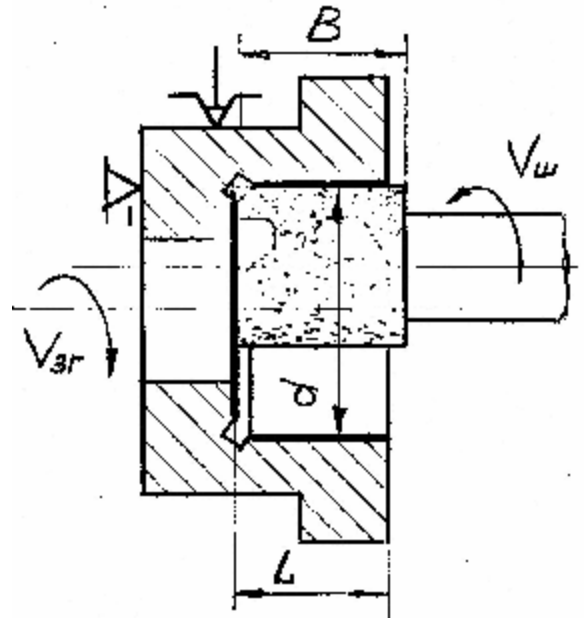


Рис. 3.73. Схема внутреннего врезного шлифования с подшлифовкой внутреннего торца

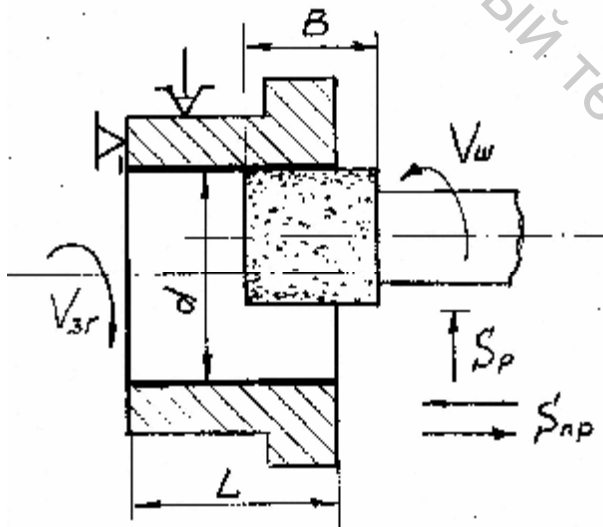


Рис. 3.74. Схема внутреннего продольного шлифования

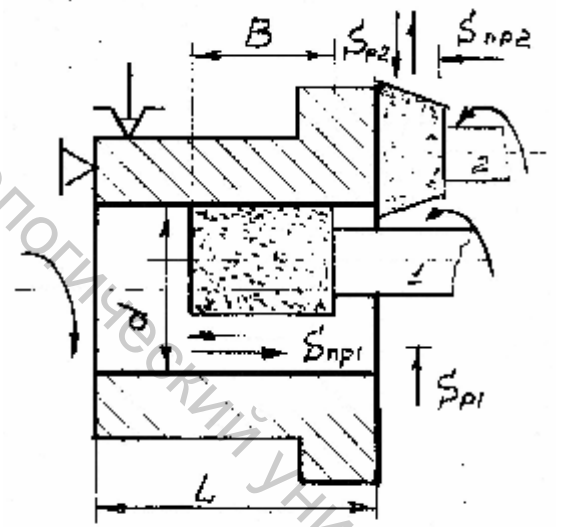


Рис. 3.75. Схема внутреннего продольного шлифования с подшлифовкой наружного торца

Координатно-шлифовальные станки предназначены для шлифования отверстий, связанных между собой точными координатами (рис. 3.76). На них можно обрабатывать закаленные детали, к отверстиям которых предъявляют высокие требования по точности размера, формы и расположения. Кроме отверстий можно шлифовать плоскости, пазы и сложные контуры.

На универсальных внутришлифовальных станках основным приспособлением является стандартный самоцентрирующий трехкулачковый патрон,

устанавливаемый на переднем конце шпинделя бабки изделия через переходную планшайбу. В нем можно быстро закреплять самые разнообразные детали типа тел вращения с разными значениями наружного диаметра. Однако точность центрирования такого патрона сравнительно невысока. Биение кулачков вызывает отклонение от концентричности шлифованного отверстия с наружным диаметром детали, которое может достигать нескольких сотых долей миллиметра. Кроме того, кулачки деформируют нежесткие детали при их закреплении.

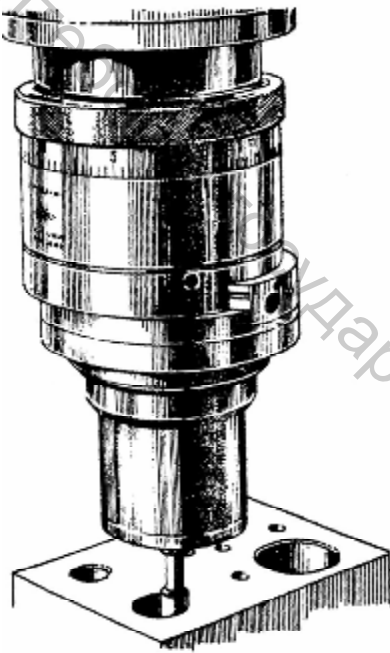


Рис. 3.76. Планетарный шпиндель со шлифовальной головкой

Другим стандартным приспособлением, входящим в комплект принадлежностей универсальных станков, является *четырекулачковый патрон* с независимым перемещением кулачков. Этот патрон более универсален, так как позволяет закрепить детали различной конфигурации, а не только тела вращения. Но установка деталей в нем отнимает много времени из-за обязательной выверки по индикатору оси обрабатываемого отверстия. При этом каждый из четырех кулачков приходится передвигать отдельно.

Для закрепления деталей цилиндрической формы применяют *цанговые патроны*, обеспечивающие более высокую точность центрирования, чем кулачковые.

В серийном производстве широко применяют *мембранные патроны*, которые обеспечивают высокую точность обработки детали. Принцип их действия основан на применении упругих свойств мембраны, изготовленной из пружинной стали. На рис. 3.77 показана схема действия мембраны. Вследствие приложения в осевом направлении силы P происходит де-

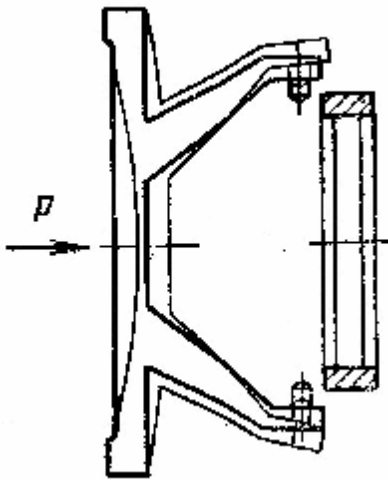


Рис. 3.77. Схема мембранного патрона.

формация мембраны и зажимные кулачки (их может быть 8...16) раздвигаются. Когда сила перестает действовать, мембрана выпрямляется и кулачки центрируют и закрепляют заготовку. По торцу заготовка ориентируется упорами (на схеме не показаны). Для повышения точности установки кулачки и упоры шлифуют на месте под определенный диаметр, за который будет закрепляться шлифуемая деталь.

Применяются также рычажные патроны, магнитные патроны. Для придания жесткости заготовкам используются люнеты.

Наиболее существенное отличие внутреннего шлифования от наружного круглого шлифования заключается в том, что обработка производится кругом малого диаметра. Обычно диаметр круга

при внутреннем шлифовании составляет 0,7. . 0,9 диаметра отверстия шлифуемой заготовки.

В обычных конструкциях шпиндельных головок скорость круга при шлифовании отверстий малого диаметра большей частью не превышает 10 м/с и увеличивается с ростом размеров головок в соответствии с увеличением диаметров шлифуемых ими отверстий, доходя до 30 м/с при диаметрах отверстий свыше 30 мм. Относительно малая жесткость шпинделя шлифовального круга ограничивает глубину резания (поперечную подачу) в зависимости от диаметра шлифуемого отверстия при предварительном шлифовании стали и чугуна 0,005. . . 0,02 мм и при чистовом шлифовании 0,002. . . 0,01 мм на один двойной ход. Меньшие значения поперечной подачи применяют при диаметрах отверстий, не превышающих 40 мм, и при больших отношениях длины отверстий к его диаметру.

Внутреннее шлифование производят вращением с продольной подачей, составляющей, как и при круглом наружном шлифовании, 0,4. . . 0,8 ширины круга при предварительном шлифовании и 0,25. . . 0,4 круга при чистовом, причем меньшие значения применяют при отношении длины отверстия к диаметру, равному трем.

Вследствие малых размеров шлифовальных кругов для внутреннего шлифования стойкость их, естественно, меньше, чем при других видах шлифования. Для внутреннего шлифования нужно выбирать более мягкие круги, чем в аналогичных условиях для наружного шлифования, так как при значительной длине дуги контакта круга с обрабатываемой поверхностью возможен более сильный нагрев обрабатываемой заготовки.

3.2.5. Хонингование отверстий

Сущность хонингования (хонинг-процесса) заключается в механической доводке предварительно развернутого, расшлифованного или расточенного отверстия специальной вращающейся головкой (хоном) с шестью (иногда и более) абразивными раздвижными брусками, имеющей, кроме того, возвратно-поступательное движение (рис. 3.78). Раздвижение абразивных брусков в радиальном направлении осуществляется механическим, гидравлическим или пневматическим устройством.

В результате хонингования получается гладкая и блестящая поверхность с шероховатостью до 0,08 мкм по Ra и с точностью до 6 качества. Охлаждение производится обычно керосином, который способствует удалению абразивных зерен, остающихся в порах металла (особенно чугуна) и увеличивающих износ отверстия при эксплуатации детали, поэтому интенсивное охлаждение необходимо.

Станки для хонингования изготавливаются одно- и многошпиндельные (до 6 шпинделей) с гидравлической подачей.

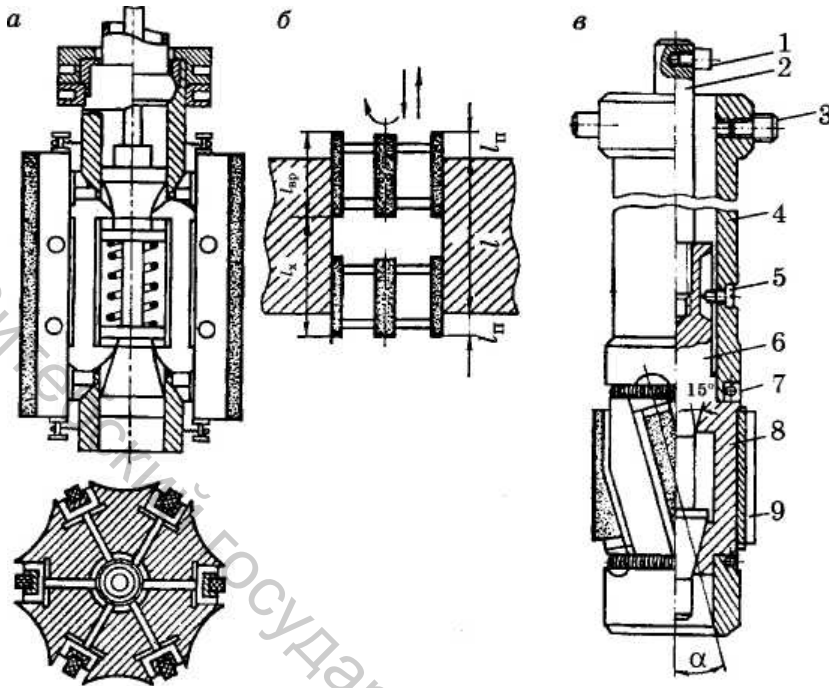


Рис. 3.78. Хонинговальная головка:

а — конструкция; *б* — схема определения длины перемещения головки; *в* — головка для хонингования шлицевого отверстия: 1,3 — шпильки, 2, 6 — шторки, 4 — корпус, 5 — шуруп, 7 — пружина, 8 — колодка, 9 — брусок

Хонинговальная головка вращается со скоростью 60-75 м/мин для чугуна и бронзы и 45-60 м/мин для стали; скорость возвратно-поступательного движения головки 12-15 м/мин. На рис.3.78, *а* представлена конструкция хонинговальной головки с механическим раздвижением абразивных брусков.

3.2.6. Доводка (притирка) отверстий

Доводку применяют для повышения точности и снижения шероховатости обработанной поверхности. При доводке съем металла с обрабатываемой поверхности осуществляется абразивными зернами, свободно распределенными в пасте или суспензии в зазоре между притиром и обрабатываемой поверхностью или вдавленными (шаржированными) в рабочую поверхность притира.

Различают твердые и мягкие абразивные материалы. К первым относятся: электрокорунд (1А, 2А, 3А), карбид кремния зеленый (6С) и черный (5С), карбид бора (КБ), эльбор (Л) и алмаз синтетический (АС). Мягкие абразивные материалы — это оксиды хрома или железа.

Жидкая фаза притирочной смеси состоит из: связующего (стеарин, парафин, воск и др.), разжижающего (масло промышленное, керосин) и поверхностно-активного (анилин, олеин, ортофосфорная кислота) материалов.

Поверхностно-активные добавки повышают производительность доводки в 1,5...3 раза.

Хонингование имеет по сравнению с внутренним шлифованием следующие преимущества: 1) обеспечение цилиндричности поверхности отверстия ввиду отсутствия отжима инструмента, который имеет место при работе на внутришлифовальных станках; 2) отсутствие вибраций, что часто наблюдается у внутришлифовальных станков; 3) плавность хода хонинговальной головки, достигаемая благодаря гидравлической подаче.

Припуск на хонингование от 0,05 до 0,10 мм может быть снят за 1-2 мин.

Чаще всего притиры изготавливают из чугуна. В некоторых случаях, особенно при обработке высокоточных отверстий, применяют притиры из стали Ст3 или А12. Так как в процессе притирки диаметр обрабатываемой поверхности изменяется, а притир изнашивается, в его конструкции должна быть предусмотрена возможность регулирования диаметра рабочей поверхности притира. Конструкции притиров показаны на рис.3.79. В этом случае притир *делается*

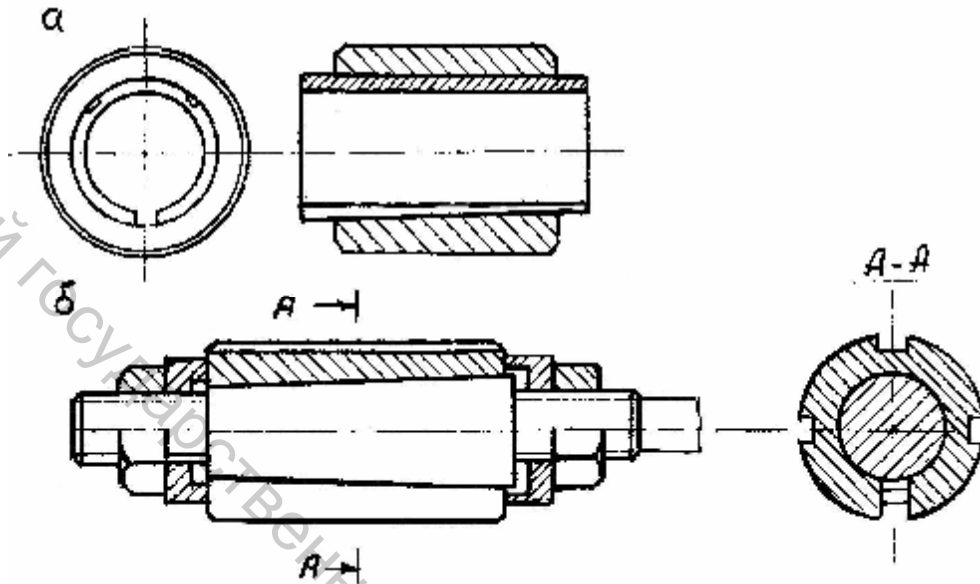


Рис. 3.79. Конструкции притиров

разрезным, а регулирование диаметра его рабочей поверхности осуществляется конусной поверхностью корпуса или оправки.

Возвратно- поступательное движение притира часто осуществляется вручную. Паста с абразивом наносится тампоном на обрабатываемую поверхность. Иногда на рабочую поверхность притира наносят канавки для повышения производительности процесса. Доводка может включать несколько операций (переходов), количество которых зависит от требований к точности и шероховатости обрабатываемой поверхности (табл. 3.6). На эффективность доводки значительное влияние оказывает давление между притиром и обрабатываемой поверхностью. Наиболее рациональными являются: давление 0,1...0,2 МПа при предварительной и 0,05...0,1 МПа и ниже при окончательных операциях доводки деталей из закаленной стали. При доводке деталей из незакаленных сталей давление принимается в 2...3 раза меньшим, чем при доводке закаленных.

Таблица 3.6

Параметры доводки

Вид доводки	Допуск в мкм	R_a , мкм	Количество переходов	Зернистость абразивов
Предварительная	3...5	0,32...0,1	1	М40...М14
Чистовая	1...2	0,16...0,04	2	М10...М5
Тонкая	0,01...0,5	0,08...0,02	4	М1...М3

3.2.7. Обработка поверхностным пластическим деформированием

Основное назначение обработки *поверхностным пластическим деформированием* (ППД) — снижение параметра шероховатости до $Ra - 0,04...0,16$ мкм. Дополнительным эффектом применения этой обработки является упрочнение подповерхностного слоя материала детали (повышается твердость и создаются сжимающие остаточные напряжения).

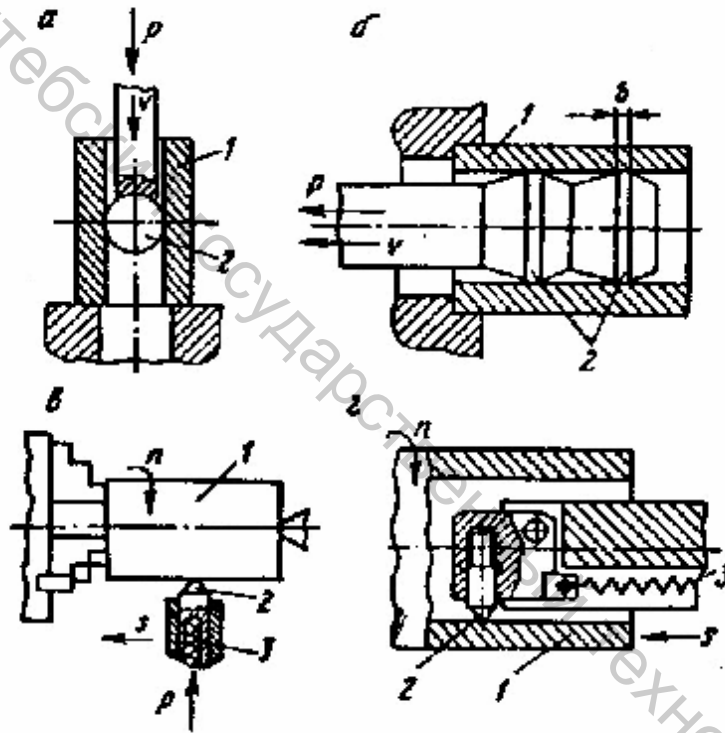


Рис. 3.80. Схемы обработки способами ППД со скольжением инструментов: 1- заготовка; 2- инструмент; 3- пружина

Разработано и широко используется в машиностроении большое количество способов обработки ППД и устройств для их реализации. Рабочие инструменты для ППД сравнительно просты, а обработка ими может осуществляться на обычных универсальных или специализированных станках. Все способы обработки ППД разделяются на две группы: 1) способы выглаживания поверхностей (рис. 3.80), когда между инструментом и заготовкой имеет место трение скольжения; 2) способы накатывания поверхностей (рис. 3.81), когда между рабочим элементом инструмента и заготовкой имеет место трение качения с возможным проскальзыванием.

К способам выглаживания относится *дорнование* (калибрование) отверстий. Дорнование отверстий может осуществляться шаром 2 (рис. 3.80, а), выглаживающей протяжкой 2 (рис. 3.80, б) или прошивкой, которую называют *дорном*. Основным технологическим параметром процесса является натяг: $\Delta_{\text{нат}} = d_{\text{и}} - D_3$, где $d_{\text{и}}$ — диаметр обрабатывающего инструмента; D_3 — диаметр отверстия заготовки до дорнования. Дорнование отверстий в толстостенных заготовках (у которых отношение толщины стенки к диаметру обрабатываемого отверстия больше 0,25) осуществляется с относительно малым натягом, значение которого зависит от диаметра обрабатываемого отверстия, точности его предварительной обработки растачиванием или развертыванием, материала заготовки и его твердости. Например, для стальных заготовок при изменении диаметра дорнуемого отверстия от 15 до 65 мм натяг изменяется от 0,03 до 0,1 мм. При повышении прочности стали в 1,5 раза примерно во столько же раз увеличивается требуемый натяг. После калибрования толстостенных деталей одним элементом на 25...30

% снижаются значение параметра Ra , погрешность формы и разброс значений диаметра отверстия.

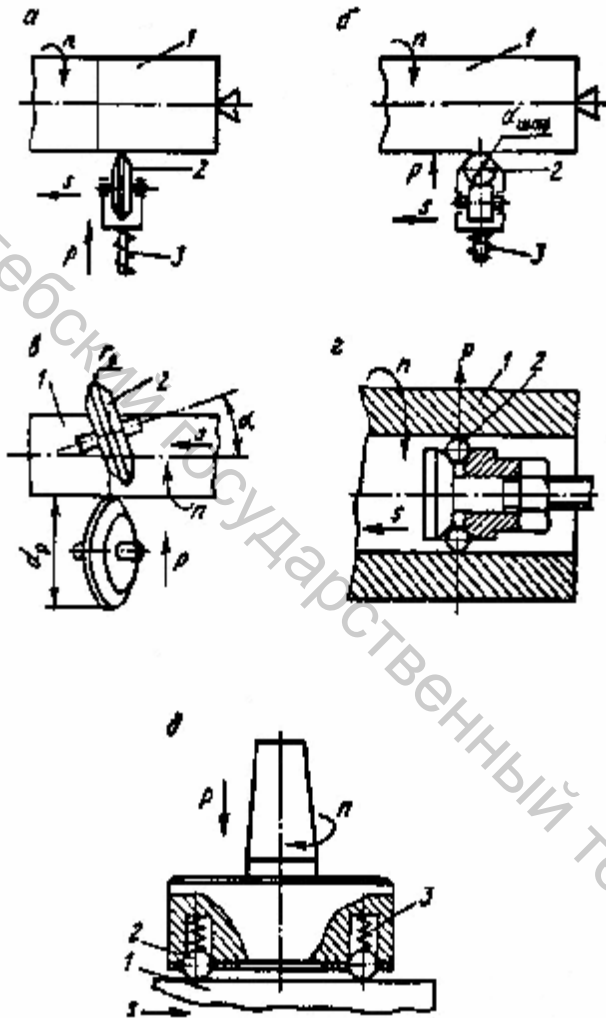


Рис. 3.81. Схемы обработки способом ППД с качением инструментов: 1- заготовка, 2- инструмент; 3- пружина

гунных заготовок) и специальные смазочные материалы, например смесь 90% петролатума и 10% канифоли, которые обеспечивают жидкостное трение. Смазывание способствует повышению качества обработанной поверхности и снижению силы P дорнования. Силу дорнования можно уменьшить в несколько раз путем приложения к дорну, выравнивающей протяжке осевых колебаний (ударных импульсов) с частотой порядка 20 Гц и амплитудой 0,3...1,5 мм.

Скорость v осевого перемещения обрабатывающего инструмента зависит от материала заготовки: для стали и чугуна $v = 5... 10$ м/мин, а при обильном охлаждении — до 15 м/мин; для цветных сплавов $v = 2...6$ м/мин, а при обильной подаче СОЖ скорость можно увеличить до 25 м/мин.

Выглаживание наружных и внутренних поверхностей вращения заготовок 1 можно осуществлять с помощью алмазных наконечников (рис. 3.80, в, г), состоящих из кристаллов алмаза 2, закрепленных в корпусах, которые установле-

Калибрование шарами не обеспечивает оптимальных условий деформирования, так как этот инструмент в условиях скольжения имеет относительно малую размерную стойкость. Однако шары широко применяются из-за простоты процесса обработки и возможности его автоматизации.

В зависимости от диаметра и назначения применяют одно- или многозубые дорны, которые снабжаются передним и задним направляющими элементами. Обработку обычно ведут дорном с несколькими деформирующими элементами. Наиболее эффективным с точки зрения точности является первый элемент (или проход). Для последующих элементов (проходов) выигрыш в качестве сокращается в геометрической прогрессии. Высота микронеровностей наиболее интенсивно снижается после первых трех-четырех деформирующих элементов.

В качестве смазочного материала при дорновании применяют сульфорезол (для стальных и бронзовых заготовок), керосин (для чу-

ны в пружинные державки. Нагружающие пружины 3 обеспечивают непрерывный контакт сферы алмаза с обрабатываемой поверхностью и примерно одинаковую силу P выглаживания.

Алмазное выглаживание не рекомендуется для обработки прерывистых поверхностей, а также при значительных отклонениях формы поверхности в поперечном сечении и твердости обрабатываемого материала. Разброс твердости HRC₃ не должен превышать четырех-пяти единиц.

Предварительную обработку поверхности под алмазное выглаживание выполняют тонким точением или шлифованием. Допустимая исходная шероховатость зависит от твердости заготовки и изменяется от $Ra = 6,3$ мкм (при твердости, меньшей 300 HB) до $Ra = 1,25$ мкм (при твердости, большей 50 HRC₃). С увеличением твердости материала заготовки следует уменьшать радиус сферы выглаживающего алмаза, соответственно с 3 до 1 мм.

Обкатывание, раскатывание и накатывание поверхностей осуществляют роликами или шарами (см. рис. 3.81). Данными способами обычно обрабатывают цилиндрические и плоские поверхности, но иногда — канавки, галтели и фасонные поверхности (обычно фасонным роликом). Инструменты для накатывания условно можно разбить на жестко закрепленные и подпружиненные, находящиеся под действием пружин с предварительным натягом. Первые применяются сравнительно редко, так как не могут обеспечить равномерное рабочее усилие при значительных погрешностях формы и размера обрабатываемой поверхности. Этих недостатков лишены подпружиненные инструменты. В качестве упругого элемента в них чаще всего применяют спиральные пружины 3 (рис. 3.81, а, б, д), реже — тарельчатые. В некоторых случаях роль упругого элемента играет пружинящая часть корпуса.

Для обработки длинных поверхностей с малой жесткостью заготовки (или инструмента) применяют устройства с несколькими симметрично расположенными инструментами (рис. 3.81, в, г). Скрещивание осей роликов под углом α с осью вращения заготовки обеспечивает ее самоподачу. Приспособление, схема которого показана на рис. 3.81, д, позволяет осуществлять накатывание плоских элементов плит и корпусных деталей на фрезерном станке.

Скорость v не оказывает заметного влияния на результаты накатывания, поэтому она назначается в пределах 30... 150 м/мин. Подачу s при обкатывании роликом с круговым профилем назначают в пределах 0,07...0,6 мм/об в зависимости от радиуса скругления ролика (5...40 мм), значений параметра шероховатости Ra исходной и обработанной поверхностей

3.3. Формообразование резьбы

3.3.1. Нарезание наружной резьбы

Наиболее распространенным видом цилиндрической резьбы является метрическая резьба с диаметрами от 0,25 до 600 мм. По размеру шага эту резьбу делят на резьбу с крупным и мелким шагом. Одному и тому же номинальному

(наружному) диаметру резьбы соответствует несколько шагов разной величины.

Кроме указанной резьбы используют специальные цилиндрические резьбы. Трубная резьба представляет собой измельченную по шагу дюймовую резьбу с закругленными впадинами. Трапецеидальную резьбу применяют в резьбовых соединениях, передающих движение (ходовые и грузовые винты). В резьбовых соединениях, предназначенных для передачи движения, иногда используют прямоугольную резьбу с квадратным профилем. Упорную резьбу применяют в резьбовых соединениях, испытывающих большое одностороннее давление (в винтовых прессах, специальных нажимных винтах и др.). Часовую резьбу применяют в точном приборостроении для резьбовых соединений диаметром меньше 1 мм. Круглую резьбу используют в соединениях с повышенными динамическими нагрузками или в условиях, загрязняющих резьбу.

Конические резьбы применяют в трубных соединениях, если необходимо обеспечить плотность соединения без специальных уплотняющих материалов (пряжи с суриком, льняных нитей и др.). Наиболее распространенным видом является трубная коническая резьба, профиль которой соответствует закругленному профилю трубной цилиндрической резьбы.

В зависимости от назначения и характера работы резьбовые сопряжения разделяют на неподвижные и кинематические. К первым относят обычные резьбо-

вые соединения (болт — гайка), соединения труб и т. п., а ко вторым — ходовые, грузовые винты, микрометрические пары.

Общая классификация методов формообразования резьбы приведена на рис. 3.82.

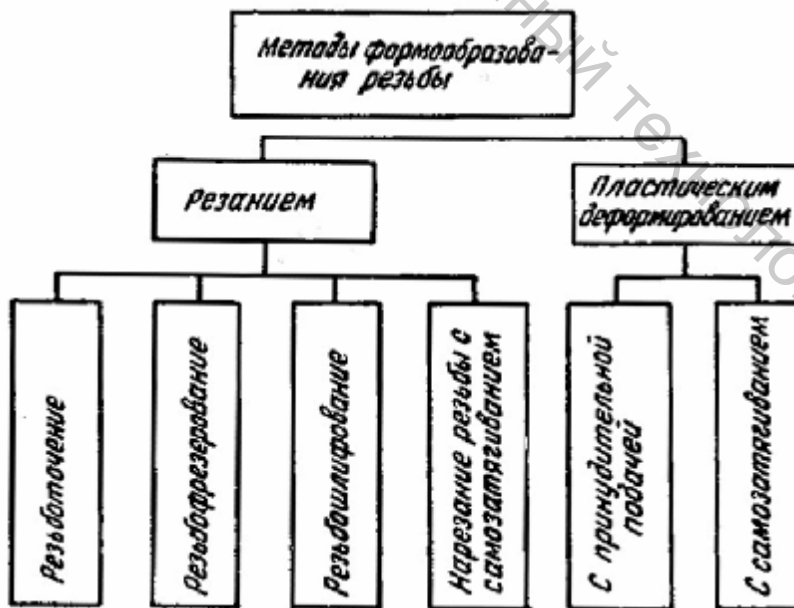


Рис. 3.82. Классификация методов формообразования резьбы

фрезами, шлифовальными кругами, а также накатыванием.

Круглыми плашками нарезают резьбы невысокой точности, так как у этих плашек профиль резьбовой нитки не шлифуют.

В некоторых случаях применяют плашки особо высокой точности изготовления, у которых режущие кромки, притирая, доводят до высокой точности. Такими плашками можно нарезать и калибровать точные резьбы. Однако этот способ нарезания резьбы неэкономичен и применяется редко.

Наружную резьбу нарезают плашками различных конструкций, резьбо-нарезными головками (с раздвигающимися плашками), резьбовыми резцами, гребенками, дисковыми и групповыми резьбовыми

Круглые плашки используют главным образом для нарезания резьб на заготовках из цветных металлов, а также для нарезания резьб малых диаметров (менее 3 мм) на заготовках из сталей. Их изготавливают разрезными, или регулируемыми по диаметру, и неразрезными. Неразрезные плашки более надежны и обеспечивают получение более правильной и чистой резьбы чем разрезные. При нарезании резьбы на заготовках из вязких металлов происходит «поднятие нитки» (вспучивание металла), т. е. наружный диаметр резьбы получает некоторое приращение по сравнению с первоначальным диаметром стержня перед нарезанием резьбы. Поэтому диаметр стержня из таких материалов под нарезаемую резьбу делают на 0,1... 0,2 мм меньше наружного диаметра резьбы. Это надо учитывать и при нарезании внутренней резьбы.

При нарезании резьбы круглыми плашками на станках их вставляют в самовыключающиеся от упора патроны. Плашку закрепляют в патроне тремя упорными винтами. Патрон подают на нарезаемый стержень вручную до тех пор, пока нарезаемая резьба не захватит и не поведет плашку, после чего происходит самозатягивание. Для нарезания резьбы на revolverных станках и автоматах применяют разновидность круглых плашек — трубчатые плашки (рис. 3.83), которые работают значительно лучше обычных круглых плашек благодаря свободному удалению стружки, удобству заточки режущих кромок, надежному центрированию плашки в патроне и возможности регулирования размера с помощью стягивающего кольца.

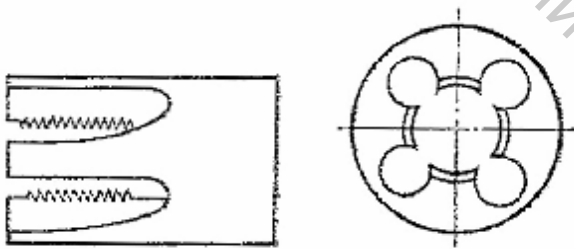


Рис. 3.83. Трубчатая плашка

Нарезание наружной резьбы на сверлильных, revolverных, болторезных станках и автоматах *резьбонарезными (винторезными) головками* является более совершенным, производительным и точным способом. В зависимости от расположения гребенок различают следующие типы

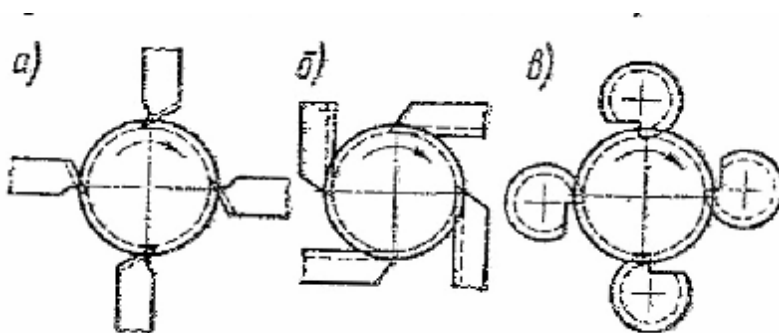


Рис. 3.84. Типы резьбонарезных головок

резьбонарезных головок: с радиальным расположением гребенок для точной резьбы (рис. 3.84, а), с тангенциальным расположением гребенок для менее точных резьб (рис. 3.84, б). По конструкции гребенок резьбонарезные головки могут быть плоскими (призматическими; рис. 3.84, а, б) и с круглыми (дисковыми; рис. 3.84, в) гребенками.

Для повышения производительности резьбонарезные головки изготавливают самооткрывающимися: у этих головок в конце процесса нарезания режущий инструмент выходит из зацепления с резьбой без вывинчивания головки и быстро возвращается в исходное положение.

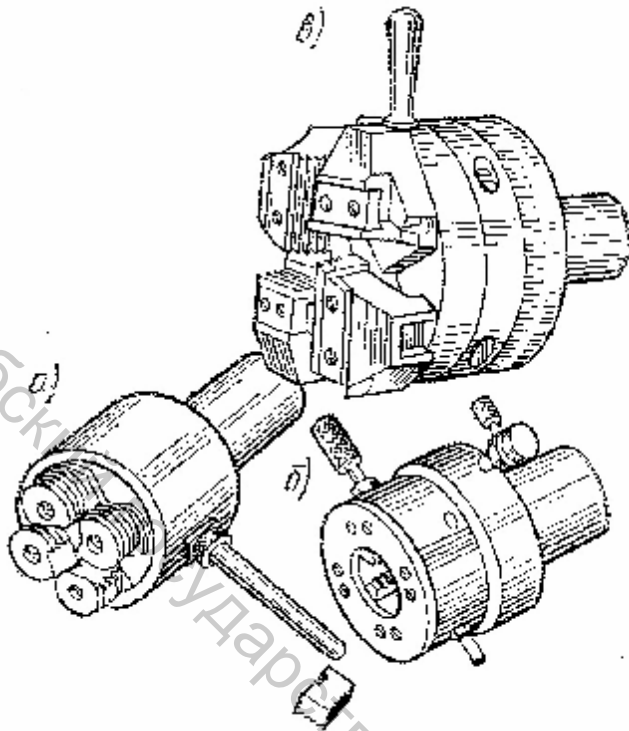


Рис. 3.85. Резьбонарезные головки

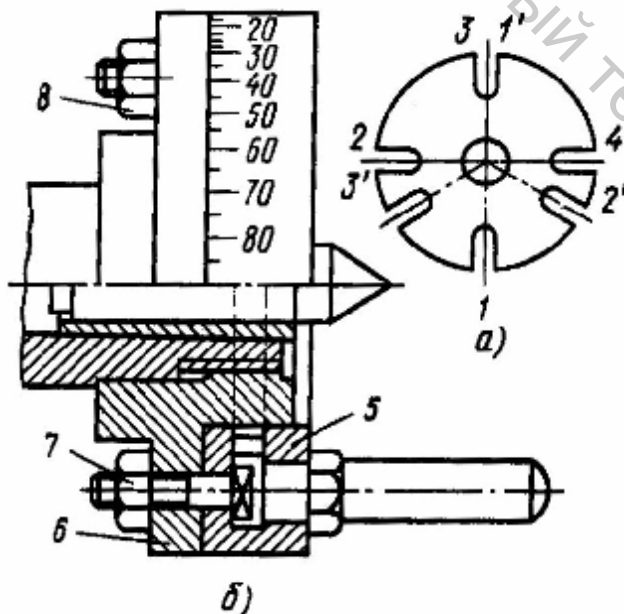


Рис. 3.86. Патроны для нарезания многозаходных резьб:

а- поводковый, б- градуированный; 1,2,3,4- прорезы для нарезания двух и четырехзаходных резьб; 1',2',3'-прорезы для нарезания трехзаходных резьб; 5-поводковая часть; 6- корпус; 7 и 8- гайки.

На рис. 3.85 приведены наиболее распространенные типы самооткрывающихся резьбонарезных головок для нарезания наружной резьбы: головка с радиальным расположением гребенок (рис. 3.85, а, б), головка с плоскими гребенками, расположенными тангенциально (по касательной) к нарезаемой поверхности резьбы (рис. 3.85, в).

Резьбовые резцы и гребенки применяют при нарезании особо точной наружной резьбы, например, для резьбовых калибров, особо ответственной резьбы в отдельных деталях, а также при чистовом нарезании точной ходовой трапецеидальной и прямоугольной резьбы. Применяют стержневые, призматические, а также круглые резьбовые резцы. Профиль резьбового резца представляет собой профиль впадины нарезаемой резьбы. Резцы нужно устанавливать на линии центров. При чистовом нарезании передний угол резцов принимают равным нулю, что обеспечивает точность профиля, а при черновом — $5...20^\circ$ для облегчения резания, причем для твердых сталей берут меньшие значения углов, а для вязких сталей — большие значения.

Винтовые канавки многозаходных резьб точатся по очереди так же, как и однозаходных. После прорезания одного захода необходимо либо сместить резец на шаг резьбы при помощи лимба верхних салазок суппорта, либо при помощи делительного патрона (рис. 3.86) повернуть

заготовку на 180° , если резьба двухзаходная, на 120° , если резьба трехзаходная, или на 90° , если резьба четырехзаходная.

Нарезание резьбовыми резцами является малопроизводительной операцией, так как для полного нарезания ниток необходимо сделать большое число рабочих ходов. В особенности мала производительность нарезания резьбы резцами в упор, так как в этом случае частота вращения должна быть не более 50 об/мин.

Резьбонарезные гребенки представляют собой как бы несколько резьбовых резцов (от 2 до 8), соединенных вместе в ряд. Гребенки имеют режущую или приемную часть со срезанными зубьями (обычно 1...3 зуба) и направляющую часть – остальные зубья. Благодаря наличию нескольких зубьев гребенка не требует большого числа ходов, как резьбовой резец, и, следовательно, обеспечивает большую производительность. Гребенки изготавливают плоскими (призматическими) и круглыми.

Эффективным способом, повышающим производительность резьбонарезания, является нарезание резьбы вращающимися резцами, так называемое вихревое нарезание резьбы. Этот способ заключается в следующем: обрабатываемая заготовка вращается с частотой вращения 30... 300 об/мин (в зависимости от обрабатываемого материала, диаметра и шага резьбы), а один из резцов, закрепленных в резцовой головке, вращающейся с частотой вращения 1000...3000 об/мин, периодически один раз за каждый оборот головки приходит в соприкосновение с обрабатываемой поверхностью. Резцовая головка размещена на шпинделе, расположенном эксцентрично по отношению к оси обрабатываемой заготовки (рис. 3.87). В головках закрепляют один, два или четыре резца. Этим способом можно нарезать как наружные, так и внутренние резьбы диаметром более 50 мм, 7-го квалитета точности, с шероховатостью поверхности $Ra=2,5...1,6$ мкм. При применении резцов, оснащенных пластинками T15K6, скорость резания достигает 400 м/мин.

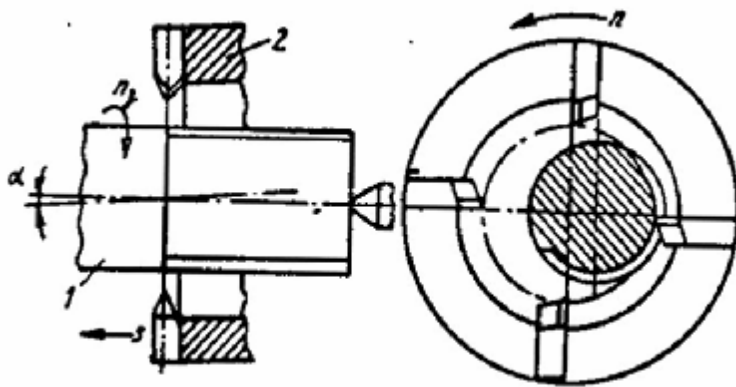


Рис. 3.87. Схема вихревого фрезерования резьбы (подача S равна шагу резьбы)

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

1. Шлифование односторонним шлифовальным кругом, профилированным в соответствии с профилем одной впадины резьбы (рис. 3.88). Ось вращения круга 2 наклоняется относительно оси заготовки на угол α , соответствующий углу подъема резьбы. При большой глубине резания и ма-

лой скорости можно шлифовать резьбу с небольшим шагом «из целого», т. е. без предварительного прорезывания. Этот метод позволяет получить резьбу очень высокой точности, например, с погрешностью по половине угла профиля резьбы в пределах $\pm 3'$.

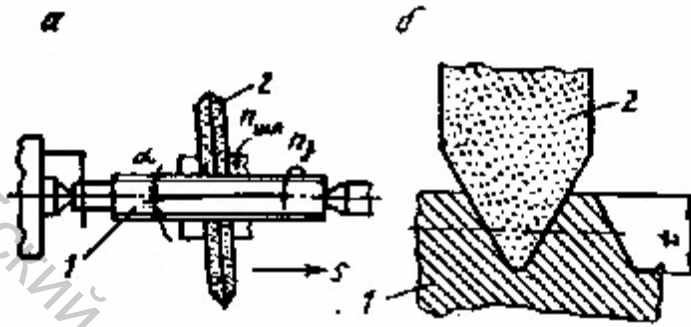


Рис. 3.88. Шлифование резьбы однониточным кругом: а- схема обработки; б- положение круга в конце рабочего хода

полный оборот (перемещается вдоль своей оси на один шаг). Этого достаточно, чтобы прошлифовать всю резьбу по заготовке. Описанный способ отличается высокой производительностью и позволяет шлифовать резьбы с мелким шагом «из целого» (без предварительного прорезывания), но точность резьбы, достигаемая при этом, ниже, чем при работе однониточным кругом, — погрешность по половине угла профиля составляет $\pm 6'$. Резьбы большей длины шлифуют при продольной подаче круга.

2. Шлифование резьбы многониточным кругом с кольцевыми нитками. Этот способ позволяет шлифовать короткие резьбы (длина которых меньше ширины круга) способом врезания: круг получает поперечную подачу на высоту витка при медленном вращении заготовки, после чего последняя совершает один

3.3.2. Нарезание внутренней резьбы

Внутреннюю резьбу нарезают в основном метчиками. Используют также резцы, гребенки, резьбовые фрезы.

В зависимости от способа нарезания резьбы метчики разделяют на машинные для нарезания резьбы на станках и ручные или слесарные, применяющиеся при нарезании резьбы вручную с помощью клуппов.

При нарезании машинными метчиками резьба нарезается за один ход одним метчиком. Лишь в случаях нарезания длинной резьбы или резьбы в глухих отверстиях применяют два метчика. Точную резьбу после нарезания доводят калибровочным метчиком вручную или на станке. Ручными метчиками резьбу нарезают за два или три рабочих хода в зависимости от размера резьбы соответственно различными метчиками, входящими в комплект. Машинными метчиками резьбу нарезают как в сквозных, так и в глухих отверстиях на резьбонарезных, сверлильных, револьверных станках, токарных автоматах и полуавтоматах.

Глухие отверстия сверлят перед нарезанием на несколько большую глубину (примерно на 3...4 нитки), чем требуемая глубина нарезки. Это облегчает нарезание резьбы, обеспечивает полноценность резьбы на требуемой глубине и

предотвращает возможную поломку метчика. Необходимым условием при нарезании метчиками резьбы на станке (кроме нарезания падающими метчиками) является быстрое переключение вращения с рабочего хода на обратный (реверсирование) после нарезания резьбы на требуемой глубине. Для нарезания резьбы в глухих отверстиях станки должны быть снабжены ограничителями рабочего хода с переключением на обратный при достижении метчиком конечного положения. Остановка вращения метчика может быть осуществлена также с помощью самовыключающихся патронов. Переключение вращения шпинделя необходимо также и при использовании самовыключающихся патронов, за исключением специальных станков для нарезания гаек.

Особенностью процесса самозатягивания при обработке плашками и метчиками является то, что принудительная осевая подача инструмента необходима только в начальный период обработки, пока инструмент не сформировал несколько (1-3) первых витков резьбы. И метчик и плашка имеют заборную часть с формирующими элементами, которые вступают в работу постепенно по мере осевого перемещения инструмента (рис. 3.89).

Когда заборная часть инструмента создает в заготовке первые винтовые канавки (хотя и неполного профиля), образуется винтовая пара, которая в дальнейшем, при наличии вращательного движения, обеспечивает подачу (самозатягивание). Следствием самозатягивания является подрезание боковых сторон профиля первых ниток резьбы, обращенных в сторону, противоположную подаче (рис. 3.90). Резьбообрабатывающий инструмент устанавливают в пиноли задней бабки при помощи выдвижной державки, допускающей осевое движение инструмента при неподвижной задней бабке. Чтобы устранить подрезание резьбы лучше соединить заднюю бабку с суппортом и сообщать инструменту принудительную подачу.

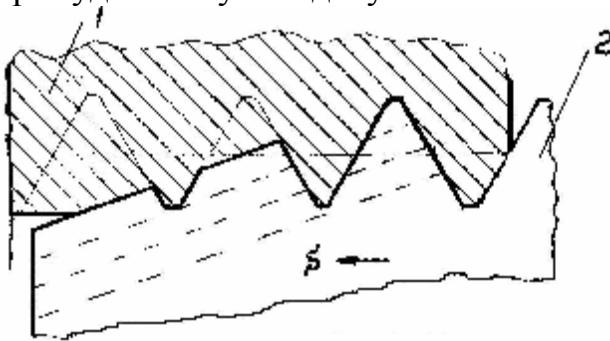


Рис. 3.89. Схема нарезания резьбы метчиком

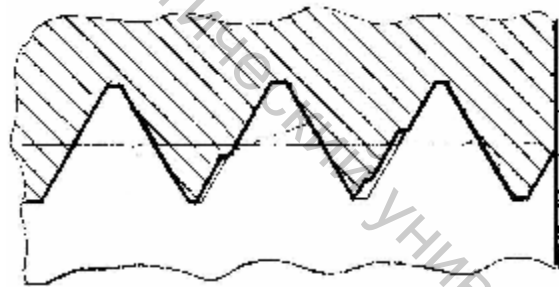


Рис. 3.90. Схема подрезания боковых сторон профиля первых ниток резьбы

Для нарезания резьбы метчиками применяют различные типы патронов. Жесткие патроны представляют собой простую державку для метчика. Эти патроны используют только на револьверных станках и автоматах, где обеспечивается соосность отверстия и метчика.

Плавающие патроны не только обеспечивают самоустановку метчика по оси нарезаемого отверстия, но и позволяют выполнять быструю смену метчика, не останавливая вращения шпинделя. Вместо плавающих патронов, особенно

для метчиков небольших диаметров, применяют также посадку метчика в жестком патроне с некоторым зазором, позволяющим ему самоустанавливаться.

Метчик с патроном чаще всего соединяют с помощью квадратного хвостовика метчика.

Самовыключающиеся от упора патроны применяют для нарезания резьбы метчиком (и круглыми плашками) на revolverных станках и автоматах, а также на многошпиндельных резьбонарезных станках. После прекращения продольной подачи шпинделя станка от действия упора дальнейшее ввинчивание метчика в нарезаемое отверстие заставляет выдвигаться подвижную часть патрона (рис. 3.91, а) до тех пор, пока полумуфта 3, жестко связанная с оправкой 2, не выйдет из зацепления с полумуфтой 1 выдвигаемой части патрона 4. Самовыключающийся при перегрузке крутящим моментом патрон показан на рис. 3.91, б. На валике 1, конический хвостовик которого служит для закрепления патрона в шпинделе станка, посажена на шпонке полумуфта 4, имеющая

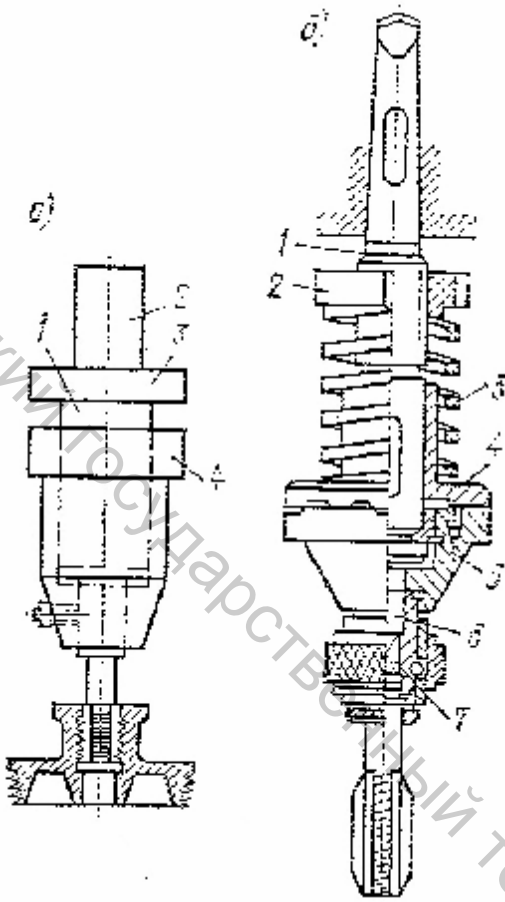


Рис. 3.91. Самовыключающиеся патроны для нарезания резьб метчиками

торцевые кулачки, входящие в зацепление с такими же кулачками второй полумуфты 5, свободно установленной на валике. Полумуфта 4 перемещается в продольном направлении пружиной 3, осевая сила которой регулируется гайкой 2. Вращение метчику передается от полумуфты 5 через сменную втулку 7.

Если крутящий момент превышает заранее установленное значение, втулка 6 начинает проскальзывать. В момент прекращения вращения метчика реверсируется вращение шпинделя.

Для нарезания гаек применяют гайконарезные станки, работающие длинными гаечными метчиками или метчиками, имеющими длинный изогнутый хвостовик.

Резьбу нарезают, применяя смазывающе-охлаждающие жидкости: в стали—осерненное масло (сульфофрезол), в чугуне—керосин.

При нарезании однозаходной и многозаходной нестандартной резьбы для чистового нарезания используют *резьбовые резцы*. Основным недостатком фасонных резцов является низкая производительность, так как они не могут производительно работать при значительной толщине стружки и высоких скоростях резания. При обработке этим способом требуется несколько рабочих про-

ходов: например, для резьбы средних размеров— от 12 до 20 проходов, а для резьбы с крупным шагом, трапецеидальных и прямоугольных — до 50 проходов.

Гребенки для нарезания внутренней резьбы почти не применяют, так как метчик представляет собой как бы комплект нескольких резьбонарезных гребенок, соединенных вместе, и в то же время он значительно проще в изготовлении чем гребенка.

3.3.3. Фрезерование наружной и внутренней резьбы

Фрезерование наружной и внутренней резьбы производят дисковыми и гребенчатыми или групповыми фрезами. При нарезании дисковыми резьбовыми фрезами инструмент устанавливают под углом, равным углу подъема нитки нарезаемой резьбы. Резьбы с крупным шагом нарезают коническими профильными фрезами или цилиндрическими концевыми фрезами с поочередной обработкой одной, а затем другой стороны нитки.

Трапецеидальные и прямоугольные резьбы с крупным шагом фрезеруют дисковыми фрезами предварительно, а чистовые переходы делают резьбовым резцом за несколько рабочих проходов.

Короткие наружные и внутренние резьбы с треугольным профилем фрезеруют гребенчатыми или групповыми фрезами. Гребенчатая резьбовая фреза представляет собой как бы несколько дисковых резьбовых фрез, соединенных торцами вместе. Такие фрезы называют групповыми. Продольные канавки, а следовательно, и режущие кромки у таких фрез расположены параллельно их оси. Зубы фрезы делают затылованными для облегчения их заточки. Длину групповой фрезы обычно берут на 2...3 нитки больше длины нарезаемой резьбы.

Резьбу групповой фрезой нарезают за 1,25 оборота нарезаемой заготовки. Это делается для того, чтобы перекрыть место врезания фрезы. При нарезании резьбы заготовка при каждом обороте должна продвигаться в осевом направлении на один шаг нарезаемой резьбы. Схемы работы такими фрезами показаны на рис. 3.92.

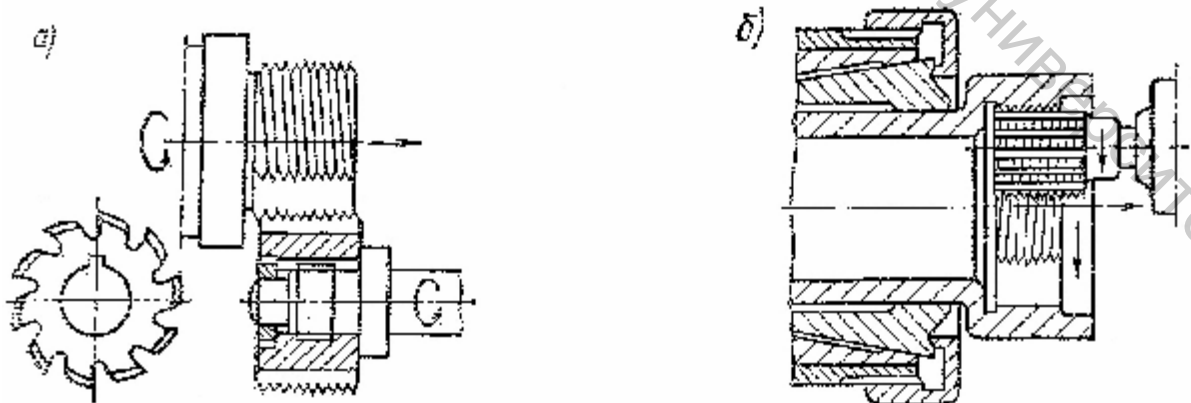


Рис. 3.92. Схема фрезерования гребенчатыми фрезами

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

Применение резьбовых гребенчатых фрез особенно целесообразно при нарезании резьбы, расположенной у галтелей, буртиков и т. п., а также резьбы, доходящей до дна глухих отверстий, так как в таких случаях только с помощью фрезерования можно обеспечить полную резьбовую нитку вплоть до буртика или до дна отверстия. Фрезерование гребенчатыми фрезами широко применяют при нарезании резьбы на деталях из вязких и твердых сталей, когда нарезание резьбы плашками или резьбонарезными головками не может обеспечить требуемую шероховатость поверхности на резьбе или же вызывает быстрое изнашивание инструмента.

3.3.4. Накатывание резьбы

Принцип образования наружной и внутренней резьбы накатыванием заключается в том, что заготовка прокатывается между двумя параллельно расположенными на определенном расстоянии друг от друга призматическими (плоскими) резьбовыми плашками или между цилиндрическими вращающимися роликами.

Основные параметры резьбонакатных автоматов с плоскими плашками стандартизованы. Эти станки предназначены для накатывания резьбы диаметрами 2...25 мм.

Инструмент (накатные плашки) изготавливают из сталей X12M и X6BФ. Твердость рабочей части плашек HRC 57...60. В каждом комплекте (паре) плашек резьба одной плашки относительно другой должна быть смещена на 0,5 шага.

На рис. 3.93, а показано накатывание резьбы плоскими плашками. Плашка 1 неподвижна, а плашка 2 движется возвратно-поступательно. На обращенных друг к другу сторонах плашек нанесена развертка винтовой поверхности накатываемой резьбы на плоскость.

В начале процесса заготовка автоматически подается толкателем (на рисунке не показан) между плашками 1 и 2, имеющими скошенную заборную часть, и пружинным упором 3. Затем толкатель отходит и плашка 2 начинает двигаться (по стрелке), увлекая заготовку. Достигнув левого конца плашки, накатанная заготовка падает в приемник. Этот способ помимо высокой производительности дает несколько более прочную и износостойкую резьбу, чем при обработке режущим инструментом, так как материал на нитке резьбы в процессе накатки упрочняется (наклёпывается) и, кроме того, волокна металла не перерезаются, а пластически деформируются. Образование резьбы накатыванием происходит без снятия стружки, благодаря чему создается большая экономия металла, достигающая более 25%.

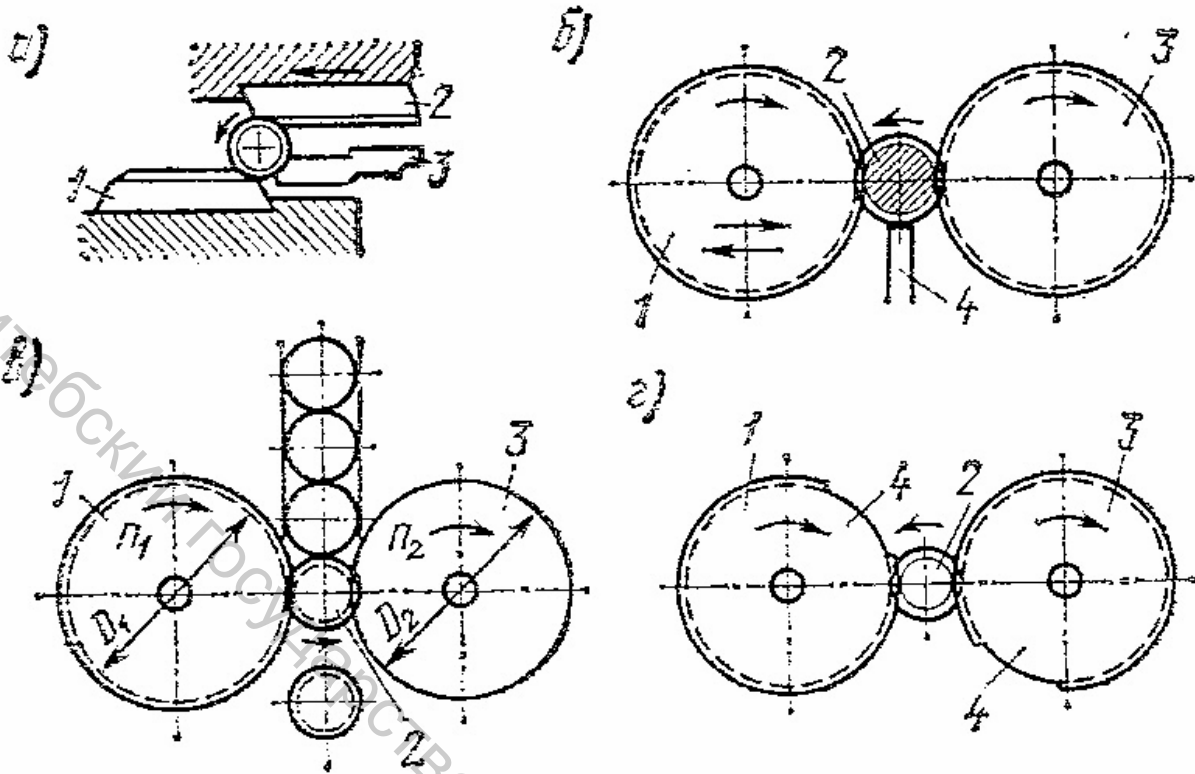


Рис. 3.93. Накатывание резьбы плоскими плашками

При применении цилиндрических вращающихся роликов резьбу можно накатывать тремя видами подачи: тангенциальной, радиальной, осевой.

Накатывание можно выполнять одним (рис. 3.93, в), двумя (рис. 3.93, б) и тремя роликами. На рис. 3.93, б оба ролика 1 и 3 вращаются непрерывно; при вращении ролик 1 получает радиальную подачу (от механического привода или гидропривода); при достижении требуемой глубины резьбы наступает выдержка с неизменным межцентровым расстоянием, затем ролики отходят друг от друга. В процессе накатывания цилиндрическую заготовку 2 поддерживает нож 4, установленный между роликами. Профиль нарезки на периферии роликов является зеркальным отображением резьбы изделия.

Непрерывное накатывание резьбы роликами может производиться с тангенциальной подачей (рис. 3.93, в) двумя роликами 1 и 3 разных диаметров ($D_1 > D_2$) с одинаковой частотой вращения, причем расстояние между центрами роликов остается постоянным. При этом способе нет надобности в ноже, поддерживающем заготовку 2.

На рис. 3.93, г показана схема накатывания резьбы с тангенциальной подачей двумя затылованными роликами 1 и 3. У каждого такого ролика имеется: загрузочно-разгрузочная часть 4 (срез), образованная путем срезания резьбы по радиусу ниже внутреннего диаметра резьбы, затылованная заборная часть, калибрующая часть, затылованная освобождающая часть. Ролики 1 и 3 устанавливают на станке с постоянным расстоянием между их центрами, рассчитанным на получение резьбы заданного диаметра. Вращение роликов синхронно. Заготовка 2 подается автоматически в момент, когда срезы 4 роликов будут на-

ходиться друг против друга. Накатывание резьбы происходит за один оборот роликов.

Такие ролики иногда бывают многоциклическими: на одном ролике делают несколько загрузочно-разгрузочных участков (срезов) 4 и соответствующее количество остальных указанных выше участков (второй ролик в этом случае берёт цилиндрический, обычного профиля). В рабочее положение заготовку устанавливают специальным сепаратором последовательно, по мере подхода срезов 4 ко второму (обычному) ролику. За один оборот ролика может быть накатано от 1 до 7 заготовок. Шероховатость поверхности резьбы при накатывании заточенными роликами несколько повышается.

Накатыванием можно получить резьбу диаметром от 0,3 до 150 мм на деталях из сталей твердостью HB 120...340, а также из цветных металлов и сплавов с точностью по 5-му качеству и с шероховатостью поверхности $Ra=0,2...0,1$ мкм. Скорость накатывания резьбы на деталях из сталей с пределом прочности 400...800 МПа составляет 40... 80 м/мин.

3.4. Методы предварительной и чистовой обработки плоских поверхностей

Плоские поверхности как правило обрабатывают строганием, долблением, фрезерованием, шлифованием и протягиванием.

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

Обработку строганием производят резцами, сходными по форме с токарными, на строгальном станке. Однако в отличие от токарной обработки строгание выполняют прерывисто со снятием стружки при поступательно-прямолинейном движении заготовки или резца.

Скорости резания при этих видах обработки небольшие, так как возвратно-поступательное движение с большими скоростями вызывает большие силы инерции при движении узлов станка. Так, например, при строгании заготовок из чугуна для черновой обработки рекомендуется скорость резания 15...20 м/мин, для чистовой – 4... 12 м/мин с глубиной резания соответственно 0,5...0,8 и 0,08 мм. Шероховатость поверхности при тонком строгании $Ra=0,8$ мкм.

В зависимости от служебного назначения и обрабатываемого материала строгальные резцы подразделяются по следующим признакам: 1) материалу режущей части; 2) форме; 3) типу. Режущая часть строгальных резцов изготавливается из быстрорежущей стали или твердых сплавов.

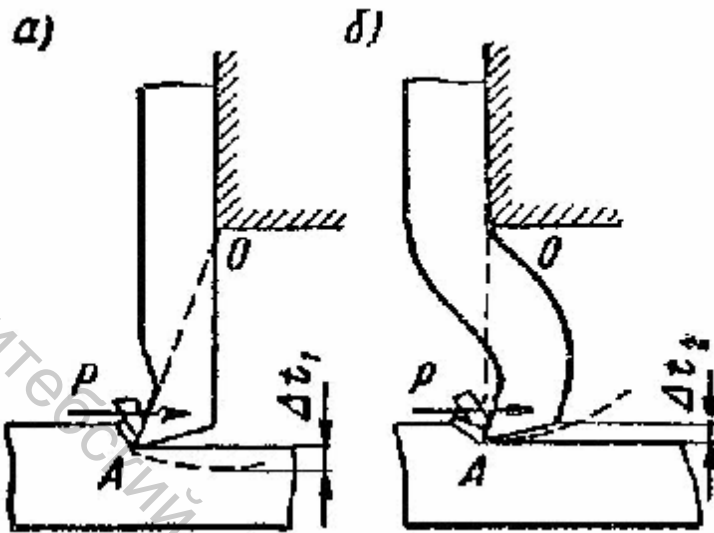


Рис. 3.94. Схема строгания прямым (а) и наклонным (б) резцами

уменьшение глубины резания, что приводит к устойчивому резанию.

По форме стержня различают прямые (рис. 3.94-а) и изогнутые (рис. 3.94-б). В первом случае в результате упругой деформации стержня резца под действием силы резания P его вершина A смещается так, что глубина резания увеличивается с увеличением силы резания. Это приводит к потере устойчивости процесса резания (к автоколебаниям). При работе изогнутого резца указанная упругая деформация вызовет не увеличение, а

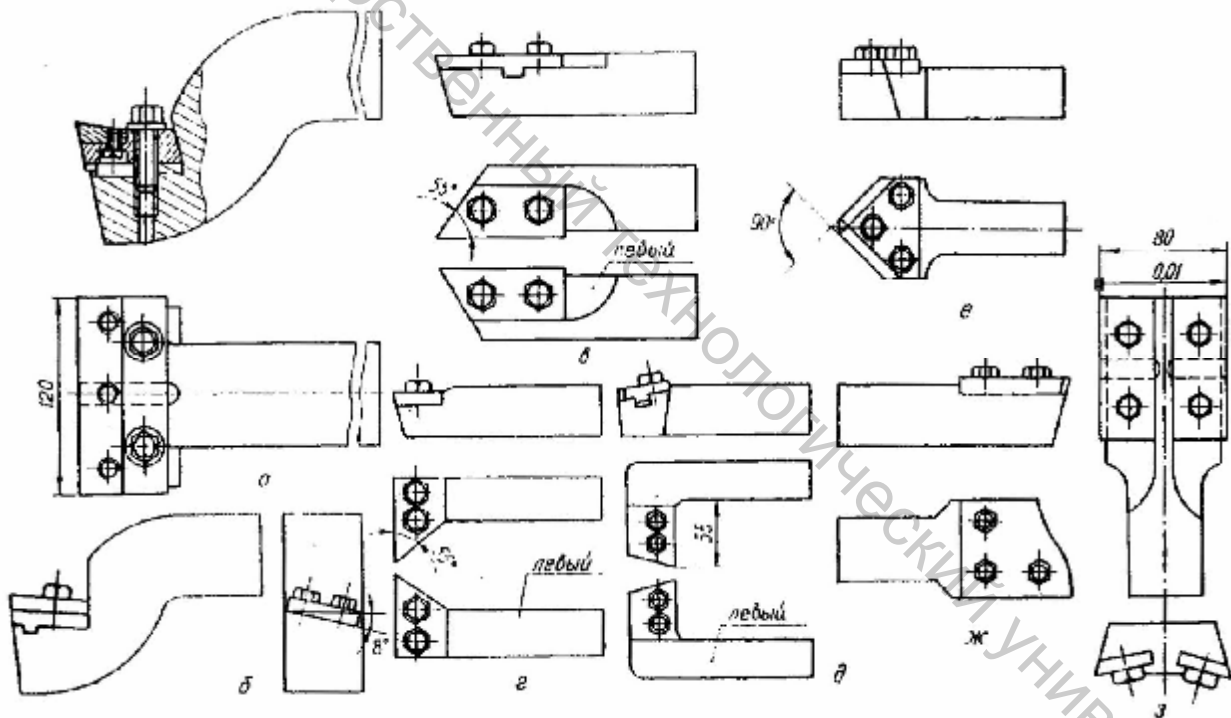


Рис. 3.95. Строгальные чистовые резцы с механическим креплением режущих пластин из быстрорежущей стали:

а, б— для обработки плоскостей; в— для обрезки; г— для обработки направляющих типа «ласточкин хвост»; д— подрезной; е— для обработки V-образных направляющих; ж— профильный; з— для обработки пазов

Однако прямые строгальные резцы имеют некоторые преимущества по сравнению с изогнутыми:

1) прямой резец можно установить с меньшим вылетом, чем изогнутый, что повышает его жесткость;

2) прямые резцы можно изготавливать двухсторонними, сокращая расход металла на державки;

3) прямые резцы проще в изготовлении.

На рис. 3.95 показаны различные типы строгальных резцов.

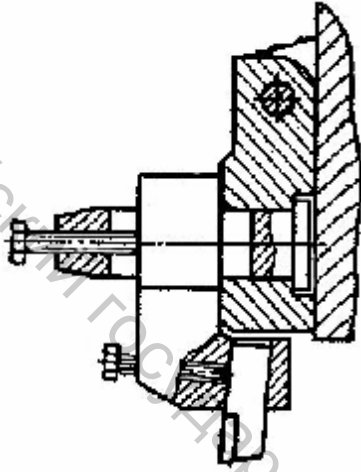


Рис. 3.96. Державка для проходных резцов

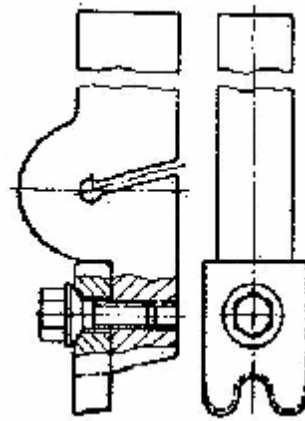


Рис. 3.97. Пружинящая державка для фасонных резцов

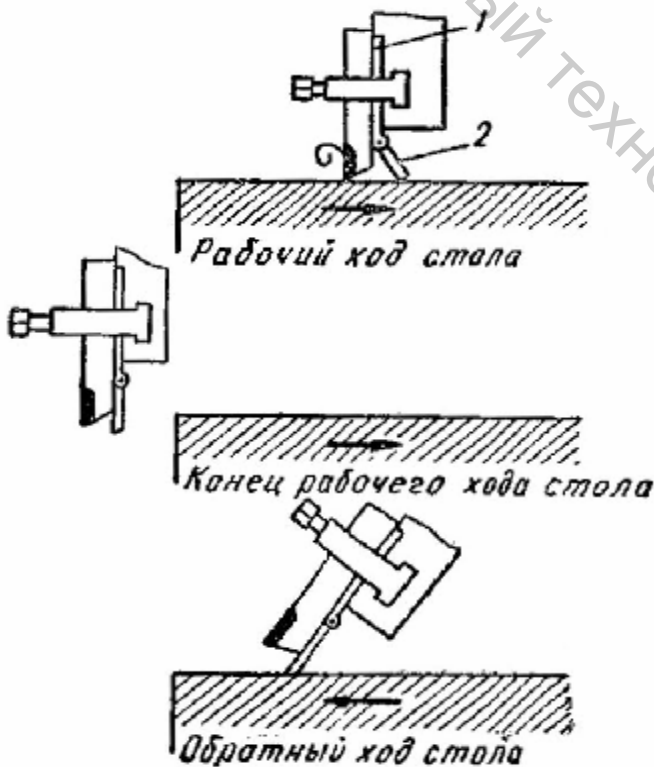


Рис. 3.98. Простейшее приспособление для подъема резца при обратном ходе

Для крепления резцов достаточное распространение нашли различные державки. Державка для крепления проходных и подрезных резцов показана на рис. 3.96, а для фасонных резцов – на рис. 3.97.

При строгании горизонтальных поверхностей и пазов резец при обратном ходе набегает задней гранью на обрабатываемую поверхность и, поворачивая откидную доску, несколько приподнимается. Благодаря этому режущая кромка резца при обратном ходе не прижимается со значительной силой к обработанной поверхности и изнашивается.

На рисунке 3.98 показано простейшее приспособление для подъема резца при обратном ходе. Пластина 1 устанавливается в резцедержателе под резцом. Конец

створки 2 расположен ниже вершины резца и она при рабочем ходе свободно откидывается назад. В конце рабочего хода створка принимает вертикальное положение, а при обратном ходе упирается в деталь и поднимает резец, не давая ему соприкоснуться с обработанной поверхностью.

Обрабатываемые строганием заготовки закрепляются:

- 1) на столе станка с помощью универсальных крепежных элементов;
- 2) в машинных тисках;
- 3) на угольниках и призмах;
- 4) на магнитных плитах;
- 5) на поворотных столах.

Универсальные строгальные станки подразделяют на продольно- и поперечно-строгальные.

Продольно-строгальные станки подразделяют на одностоечные, двухстоечные и порталные. Имеются специализированные строгальные станки — кромко-строгальные, копировально-строгальные и др.

Длина столов продольно-строгальных станков зависит от их назначения и достигает 12... 15 м. Стол может двигаться с помощью реечных передач или гидравлических устройств. В последнем случае можно достигнуть более высокой скорости хода стола и более плавного реверсирования.

У поперечно- и продольно-строгальных станков резцедержатель вместе с резцом может поворачиваться в вертикальной плоскости при обратном ходе. Для установки резца по высоте суппорт с резцедержателем можно перемещать в вертикальном направлении. Для обработки наклонных поверхностей суппорт может быть повернут на требуемый угол.

На строгальных станках чаще всего обрабатывают плоскости. На крупных продольно-строгальных станках, снабженных несколькими суппортами, можно одновременно строгать несколько плоскостей на разных сторонах заготовки.

На долбежных станках резец при долблении совершает только возвратно-поступательное движение в вертикальном направлении, а движение подачи осуществляется заготовкой.

Схемы обработки, реализуемые на строгальных и долбежных станках, показаны на рис. 3.99.

Долбежные станки чаще всего применяют для долбления шпоночных пазов, канавок, профильных отверстий. Наиболее характерные схемы строгания и долбления приведены на рис. 3.99.

При строгании и долблении резцы устанавливают на размер обычно по разметке или по шаблонам и реже с помощью «пробных стружек». Обрабатываемые заготовки устанавливают непосредственно на столе станка, выверяют с помощью клиньев и подкладок и закрепляют прихватами и другими нормализованными зажимами.

Вспомогательное время при работе на строгальных и долбежных станках относительно велико, что еще больше снижает производительность. В некоторых случаях при одновременной обработке нескольких заготовок применяют простейшие установочно-зажимные приспособления. Наиболее выгодно на

продольно-строгальных станках обрабатывать длинные и узкие плоскости, например, кромки стальных листов и плит, направляющие станин металлообрабатывающих станков и т. п.

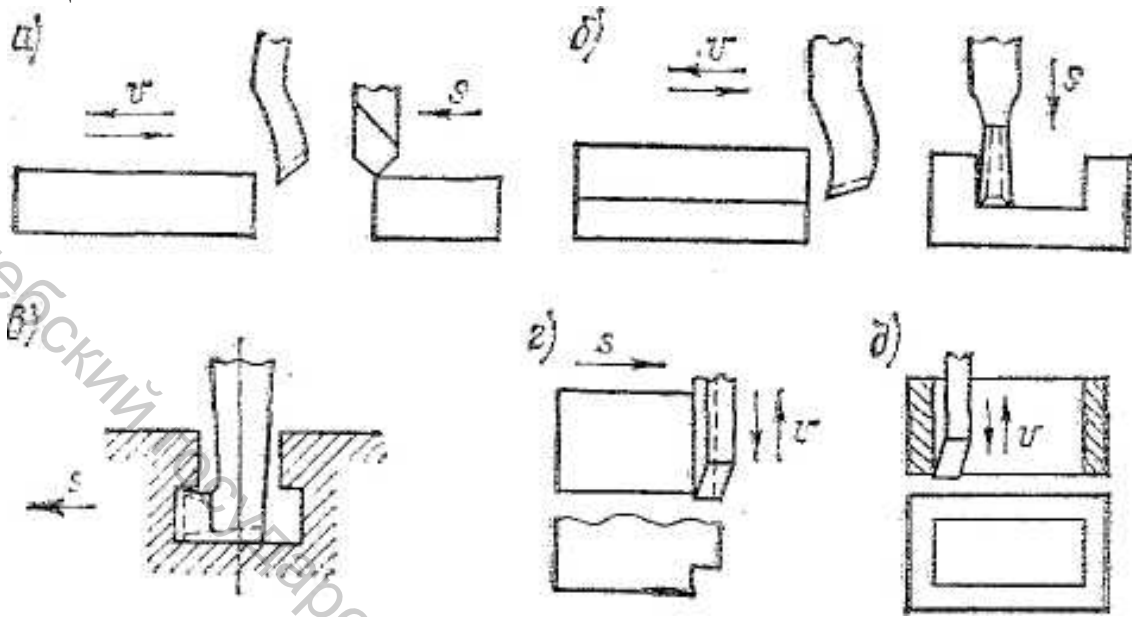


Рис. 3.99. Схемы строгания и долбления: а — строгание плоскости; б — строгание паза; в — строгание Т-образного паза; г — долбление углового профиля; д — долбление прямоугольного отверстия (v — главное движение резания; s — движение подачи)

Точность работы на продольно-строгальных станках обуславливается главным образом квалификацией и опытом рабочего, а также качеством и состоянием станка. На ряде станкостроительных заводов при чистовом строгании станин станков достигнута такая точность, что отпадает необходимость в шабренении, так как отклонения от прямолинейности не превышают 0,02 мм на 1 м длины и 0,05 мм на всю длину станины. В обычных условиях погрешность обработки на строгальных станках не выходит за пределы 0,1...0,2 мм на 1 м длины.

При чистовой обработке вследствие тихоходности строгальных станков следует применять широкие резцы с шириной режущей кромки 15...40 мм и большие подачи (10...25 мм/дв. ход) в зависимости от требуемых точности и шероховатости обрабатываемой поверхности.

Долблением обрабатывают поверхности внутренних контуров, когда невозможно или затруднительно выполнять эту операцию на другом станке.

Процессы строгания и долбления аналогичны, однако в первом случае (при работе на продольно-строгальных станках) движение резания придается заготовке, а движение подачи — резцу; во втором — движение резания придается резцу, а движение подачи — заготовке, причем движение подачи осуществляется в плоскости, перпендикулярной направлению движения резца.

Обработка плоских поверхностей фрезерованием. В массовом производстве фрезерование совершенно вытеснило применявшееся ранее строгание и частично долбление. При обработке фрезерованием можно обеспечить значитель-

но большую производительность —• благодаря применению многолезвийного инструмента можно обрабатывать в единицу времени значительно большую поверхность.

Производительность фрезерования выше еще и потому, что можно одновременно обрабатывать несколько заготовок несколькими одновременно работающими инструментами. Кроме того, сокращается продолжительность рабочих и холостых ходов заготовки и инструмента.

На фрезерных станках плоские поверхности можно обрабатывать цилиндрическими фрезами при движении стола станка с закрепленной заготовкой навстречу направлению движения зубьев, т. е. методом *встречного фрезерования* (рис. 3.100, а) или в том же направлении методом *попутного фрезерования* (рис. 3.100, б). В обоих случаях стружка, снимаемая каждым зубом фрезы, имеет форму запятой, но в первом случае толщина стружки постепенно увеличивается в процессе резания, а во втором — уменьшается.

Преимущество встречного фрезерования заключается в плавном увеличении нагрузки на зуб и во врезании зубьев в металл под коркой. Недостатком этого метода является стремление фрезы оторвать заготовку от поверхности стола.

Точность фрезерования зависит от типа станка, инструмента, режимов резания и других факторов. При фрезеровании может быть достигнута точность по

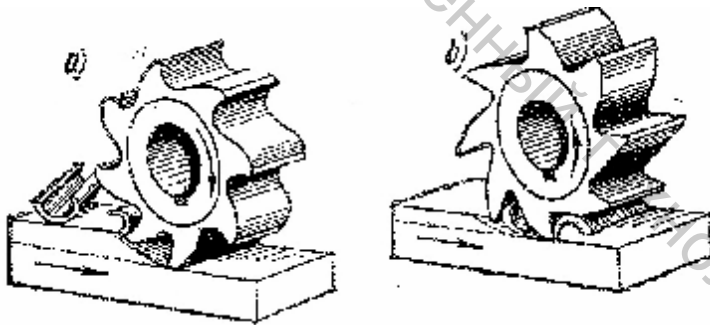


Рис. 3.100. Схемы встречного и попутного фрезерования

8... 11-му квалитетам, а при скоростном и тонком фрезеровании — до 7-го квалитета. Шероховатость поверхности при чистовом фрезеровании $Ra=6,3...1,6$ мкм.

Методы формообразования на фрезерных станках.

На фрезерных станках обрабатывают: 1) плоскости (горизонтальные, вертикальные

и наклонные); 2) уступы; 3) пазы прямоугольные (открытые, полуоткрытые и закрытые); 4) Т-образные пазы (открытые и полуоткрытые); 5) направляющие типа «ласточкин хвост» (охватывающие и охватываемые); 6) многогранники. Также на фрезерных станках обрабатывают угловые канавки (на периферии и торце цилиндра или конуса); прямоугольные выступы кулачковых муфт; зубья зубчатых колес и реек; окна; фасонные поверхности. Главным движением резания на фрезерном станке является вращение инструмента (фрезы). Движение подачи (продольной, поперечной и вертикальной) осуществляет заготовка. При помощи круглого поворотного стола заготовке можно сообщать круговую подачу.

Обработку открытых относительно широких плоскостей без уступов с небольшими уступами обычно осуществляют торцовыми фрезами, диаметр D которых выбирают в зависимости от ширины фрезерования B . $D=(1,25...1,5)B$.

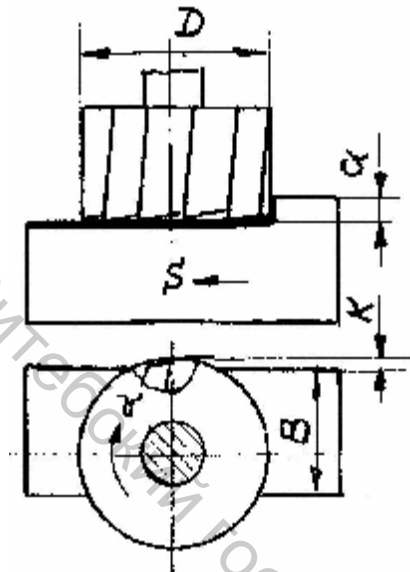


Рис. 3.101. Схема фрезерования плоскости без уступа

Плоскость, наклонную к другим под углом α , можно фрезеровать, если расположить заготовку так, чтобы эта плоскость была параллельна подаче.

Схемы фрезерования уступов показаны на рис. 3.103. Уступ можно обрабатывать либо концевой (рис. 3.103.а, на вертикально-фрезерном станке), либо дисковой фрезой (рис. 3.103.б, на горизонтально-фрезерном станке). Ширина дисковой и диаметр концевой должны быть больше ширины уступа. Набором дисковых фрез (рис. 3.104) можно одновременно фрезеровать 2 уступа.

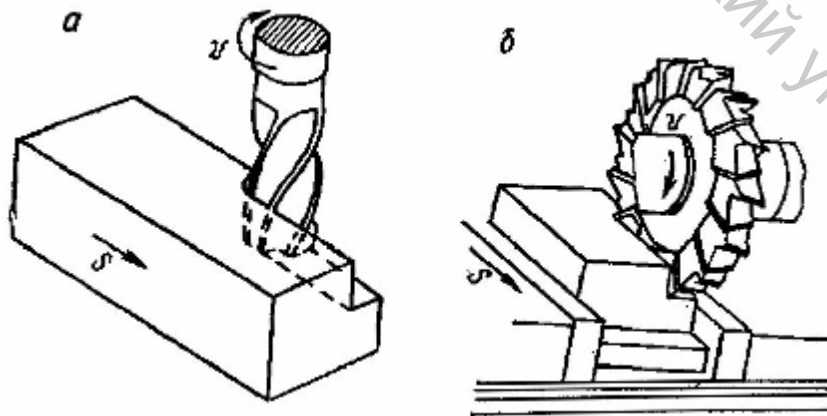


Рис. 3.103. Схемы фрезерования уступов концевой и дисковой фрезами

При фрезеровании плоскости без уступа в заготовке из конструкционной стали необходимо сдвинуть ось фрезы так, как это показано на рис. 3.101. Сдвиг $K = (0,03 \dots 0,05)D$. При этом резание каждый зуб фрезы начинается при меньшей толщине среза. При обработке жаропрочной стали сдвиг нужно сделать в противоположную сторону. Такая настройка станка обеспечивает повышение стойкости фрезы.

Схема, показанная на рис. 3.102, реализуется на вертикально-фрезерном станке. Такую плоскость можно обработать и на горизонтально-фрезерном станке, но тогда она должна располагаться вертикально. Плос-

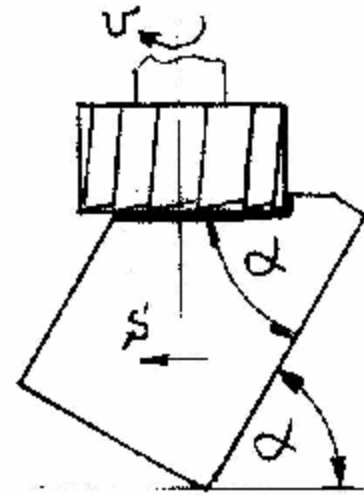


Рис. 3.102. Схема фрезерования наклонной плоскости

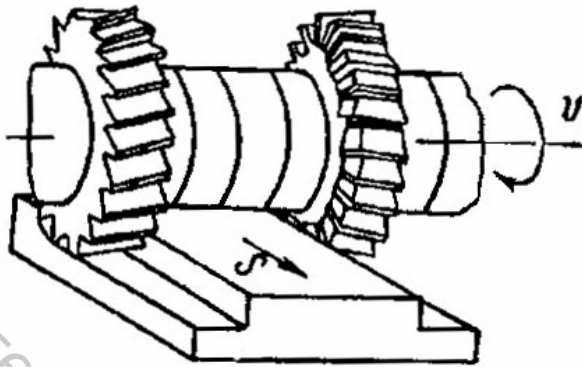


Рис. 3.104. Фрезерование уступа набором дисковых фрез

Обработка прямоугольных и шпоночных пазов производится дисковыми, концевыми и шпоночными фрезами, а пазов для сегментных шпонок – специальными фрезами. Открытые прямоугольные пазы чаще всего фрезеруют трехсторонними дисковыми фрезами, а полуоткрытые и закрытые – концевыми.

Т-образные пазы обрабатывают за несколько операций. Сначала фрезеруется прямоугольный паз шириной a и глубиной h концевой или дисковой

трехсторонней фрезой, затем специальной фрезой для Т-образных пазов, размеры которой соответствуют размерам паза, фрезеруют внутреннюю часть паза с размерами b и c . Фаски в размер e обрабатывают концевыми или дисковыми угловыми фрезами. Один из вариантов последовательности обработки Т-образного паза показан на рис. 3.105.

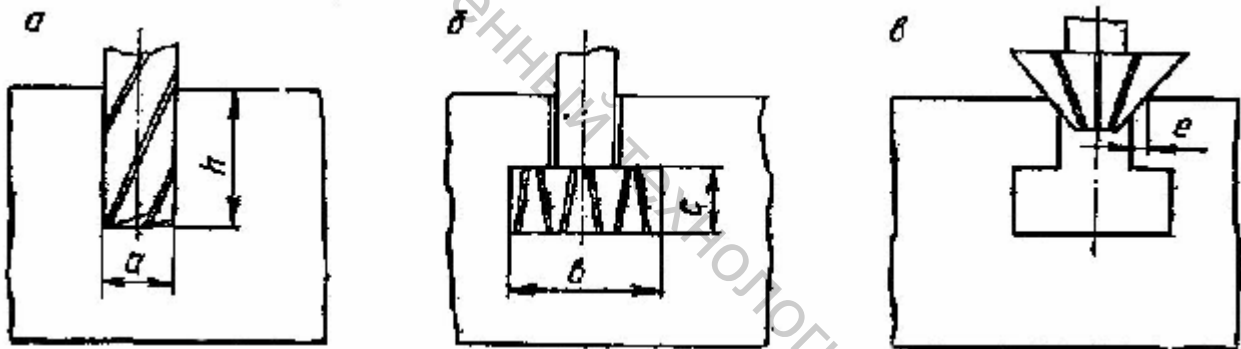


Рис. 3.105. Последовательность фрезерования Т-образного паза

Обработка направляющих типа «ласточкин хвост» также осуществляется за несколько операций. Последовательность обработки охватывающих направляющих на вертикально-фрезерном станке показана на рис. 3.106. Прямоугольный паз можно обрабатывать дисковой трехсторонней фрезой, а углы не только концевой, но и дисковой одноугловой фрезой (рис. 3.107). Вариант последовательности обработки охватываемых направляющих типа «ласточкин хвост» показан на рис. 3.108.

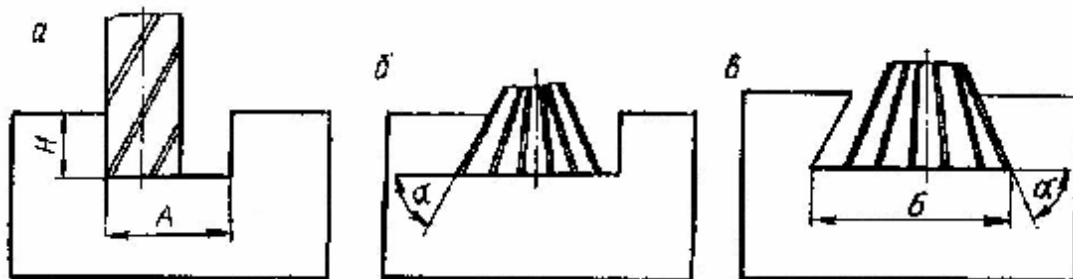


Рис. 3.106. Фрезерование паза типа «ласточкин хвост»

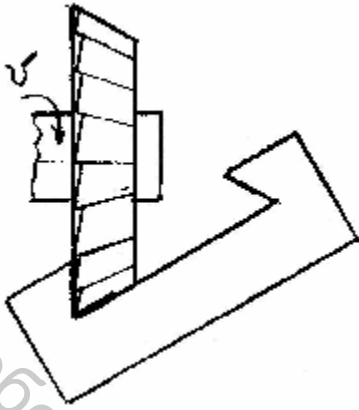


Рис. 3.107. Обработка
дисковой одноугловой
фрезой

Фасонная поверхность на фрезерном станке может быть обработана: 1) фасонной фрезой или набором фрез (рис. 3.109); 2) комбинированием двух подач (по разметке, или с помощью системы с ЧПУ); 3) с помощью копиров.

Копиры представляют собой основную деталь копировального устройства, очертания которой определяют траекторию движения режущего инструмента и соответствуют профилю обрабатываемой поверхности.

Системы управления процессом копирования подразделяют на системы прямого и непрямого действия. При *прямом действии* контакт копировального ролика (пальца) и копира обеспечивается силой тяжести груза, силой гидравлического давления или силой сжатия пружины. В системах *непрямого действия* копировальный ролик находится в соприкосновении с копиром под действием незначительной силы, измеряемой долями ньютона. Копировальный ролик является промежуточным подвижным

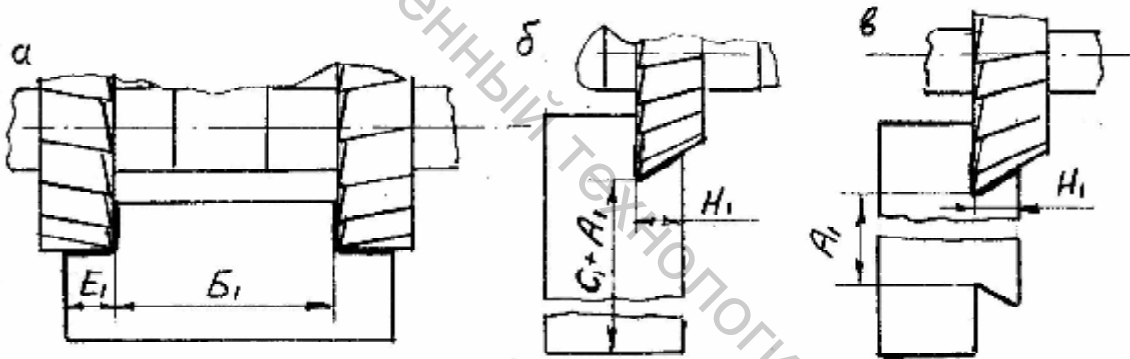


Рис. 3.108. Вариант последовательности обработки охватываемых направляющих типа «ласточкин хвост»

элементом, незначительные перемещения которого, составляющие сотые или десятые доли миллиметра, в виде команд передаются в специальные усилительные устройства, выходные элементы которых воздействуют на исполнительные механизмы и перемещают режущий инструмент и (или) обрабатываемую заготовку.

На рис. 3.110, а приведена схема копировальной обработки по системе прямого действия с механическим управлением. Стол 9 перемещается ходовым винтом 8 от редуктора 7. На столе 9 установлены копир 1 и заготовка 10. При движении стола палец 2 с бабкой 3 под действием копира 1 сжимает пружину 4 и перемещается в вертикальном направлении по стойке 5. Фреза 6, имеющая форму и размеры пальца 2, обрабатывает заготовку, придавая ей форму копира.

Пружина 4, сила которой больше, чем вертикальная составляющая силы резания на фрезе, обеспечивает постоянный контакт между пальцем и копиром.

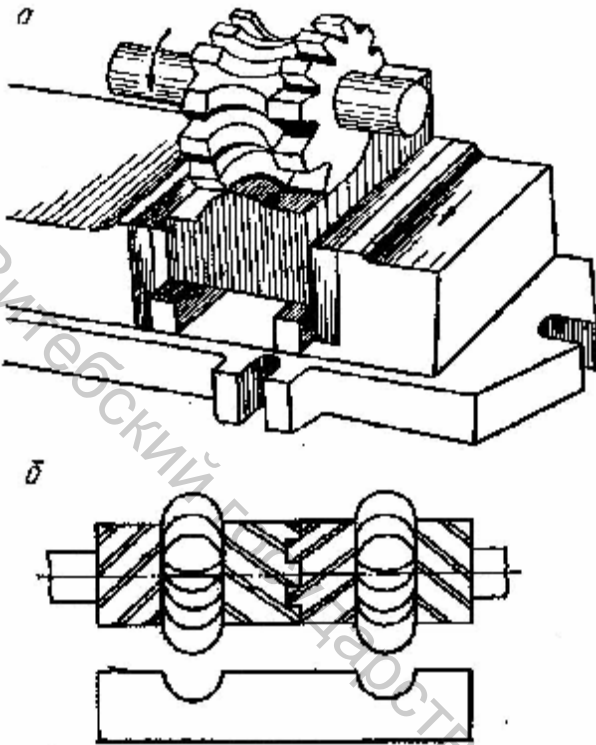


Рис. 3.109. Фрезерование фасонных поверхностей фасонными фрезами

На рис. 3.110, б показана схема копирования по системе непрямого действия с гидравлическим, пневматическим или электронным управлением. Стол 12 с копиром 14 и заготовкой 13 перемещается от редуктора 10 через ходовой винт 11. При этом палец 1 под действием копира 14 перемещается в корпусе 2, соединенном с бабкой 5. Пружина 3 обеспечивает постоянный контакт между пальцем и копиром. Незначительное перемещение пальца, как элементарную команду управления, можно увеличить, используя электронные, гидравлические, пневматические или другие устройства. Это усиление происходит в устройстве 4, откуда поступает команда двигателю 6; последний через редуктор и ходовой винт 7 перемещает

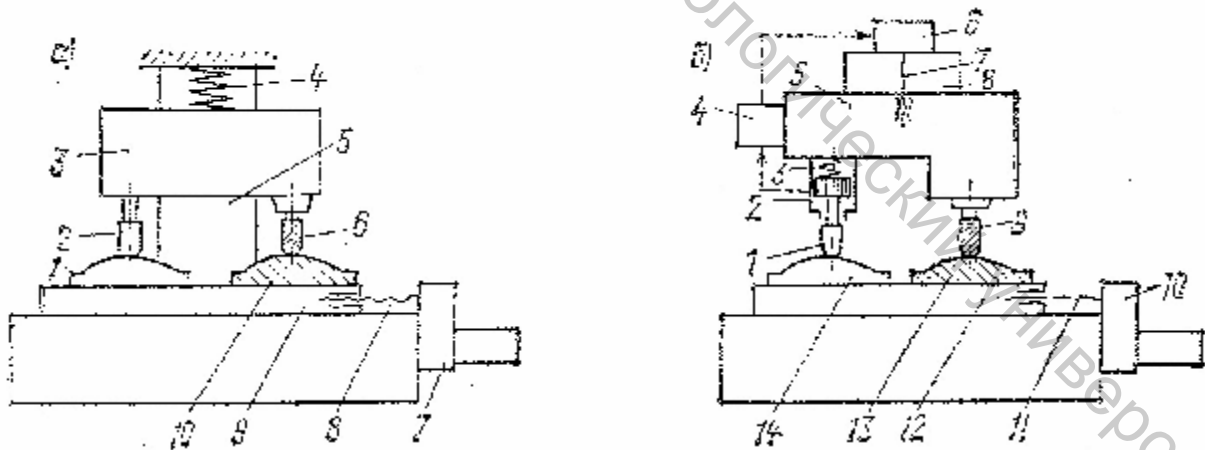


Рис. 3.110. Схемы копирования

по стойке 8 бабку 5. Соответственно фреза 9 обрабатывает заготовку по профилю копира.

Системы прямого действия обычно применяют на копировальных станках с механическим или ручным управлением, а системы непрямого действия — на

копировальных станках с электронным, гидравлическим или пневматическим управлением.

Накладной копир представлен на рис. 3.111. В процессе фрезерования заготовке 1 и копиру 2 комбинированием двух подач сообщаются необходимые движения с таким расчетом, чтобы поверхность

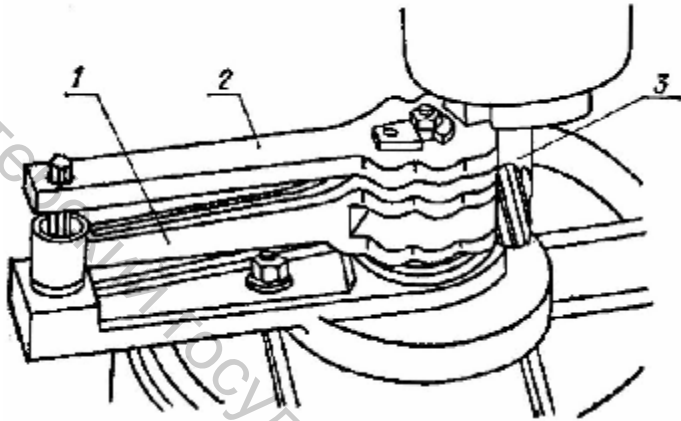


Рис. 3.111. Фрезерование фасонных поверхностей по накладному копиру

постоянной соприкасалась с цилиндрической частью 3 концевой фрезы.

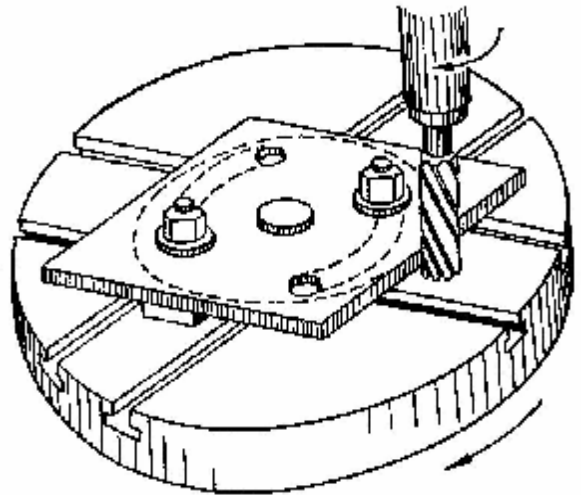


Рис. 3.112. Фрезерование фасонной поверхности на круглом поворотном столе

Обработка фасонных круговых прямоугольных пазов или круговых контуров может осуществляться на вертикально-фрезерном станке с помощью поворотного стола, который имеет ручной или механический привод круговой подачи (3.112). При установке заготовки на поворотный стол необходимо обеспечить совпадение центра фрезеруемой дуги с осью поворотного стола.

К станкам фрезерной группы относят: консольно-фрезерные (универсальные, горизонтальные, широкоуниверсальные, вертикальные); продольно-фрезерные (одно- и двухстоечные); фрезерные непрерывного действия (барabanные и карусельные); копировально-фрезерные; бесконсольные вертикально-фрезерные и разные (шпоночно-фрезерные, фрезерно-центровальные, торцефрезерные и др.).

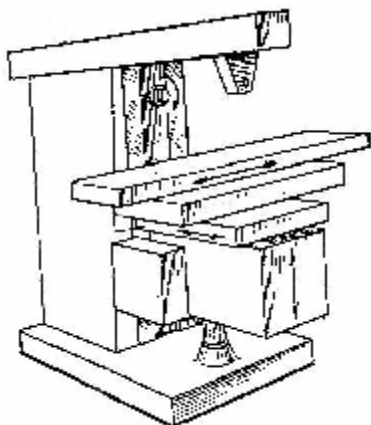


Рис. 3.113. Компоновка консольного горизонтально-фрезерного станка

Компоновка консольного горизонтально-фрезерного станка показана на рис. 3.113., а вертикально-фрезерного – на рис. 3.114.

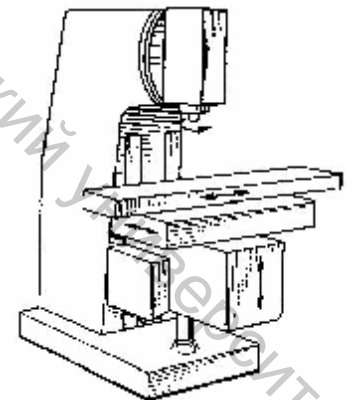


Рис. 3.114. Компоновка консольного вертикально-фрезерного станка

Рис. 3.114. Компон-
консольного верти-
но-фрезерного ста

Заготовки, обрабатываемые на фрезерных станках, устанавливаются на станке при помощи станочных приспособлений, которые можно разделить на три класса: универсальные, специализированные и специальные. К универсальным приспособлениям общего назначения относятся: прихваты, прижимы, упоры, машинные тиски различных видов, угольники, угловые плиты, круглые поворотные столы, делительные столы и головки.

Машинные тиски (рис. 3.115) широко применяются для закрепления заготовок простой формы и относительно небольших размеров. По конструкции они делятся на следующие виды: 1) простые (см. рис. 3.115-а); 2) поворотные (поворот вокруг вертикальной оси, рис. 3.115-б); 3) универсальные (поворот вокруг двух осей, рис. 3.115-в). Поворотные и универсальные тиски применяются при фрезеровании наклонных поверхностей и скосов.

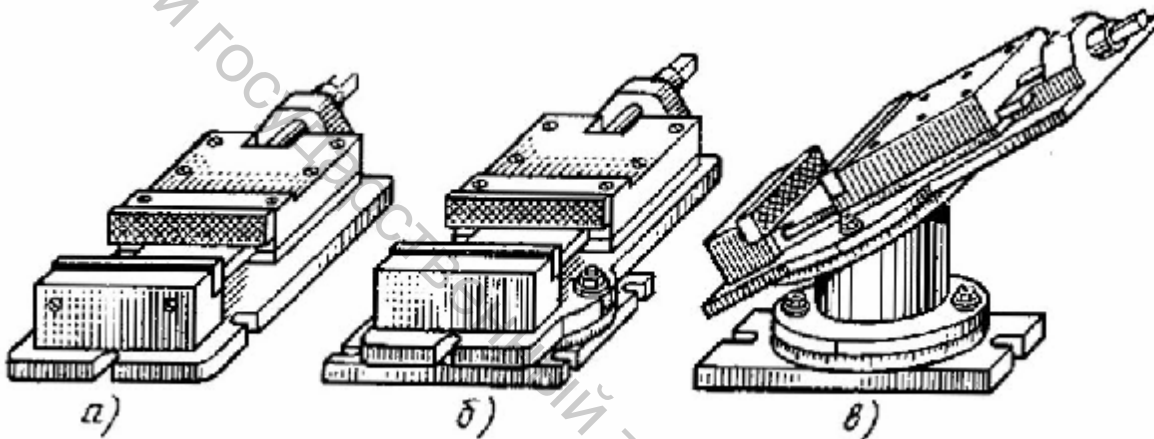


Рис. 3.115. Машинные тиски

Угловые плиты (рис. 3.116) подразделяются на: неповоротные (рис. 3.116-а); поворотные (вокруг горизонтальной оси, рис. 3.116-б); универсальные (поворот вокруг вертикальной и горизонтальной оси, рис. 3.116-в). Заготовки крепятся к угловым плитам прихватами или струбцинами.

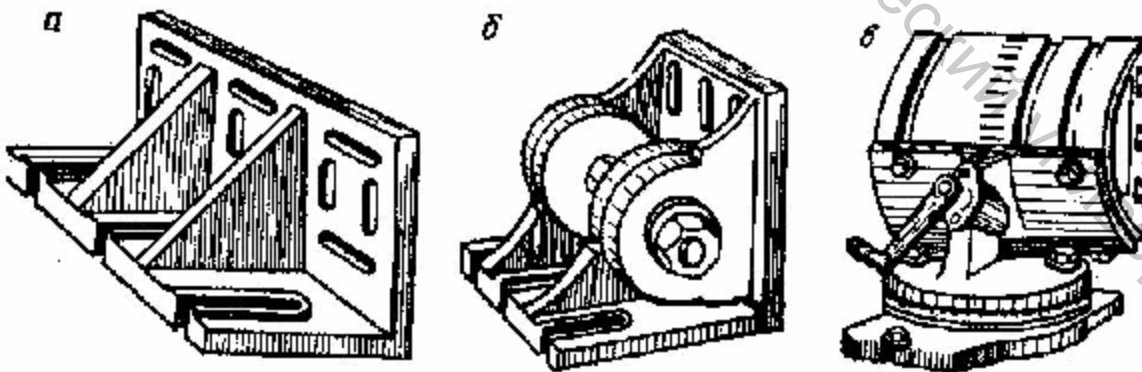


Рис. 3.116. Угловые плиты

Призмы (рис. 3.117) служат для закрепления заготовок круглой формы при помощи прихватов. Последние следует располагать над призмами, чтобы усилием зажима не деформировать заготовку.

Правильное положение тисков, угловых плит и призм на столе относительно его продольной подачи обеспечивается за счет направляющих шпонок, которые имеются в названных приспособлениях и входят в паз стола.

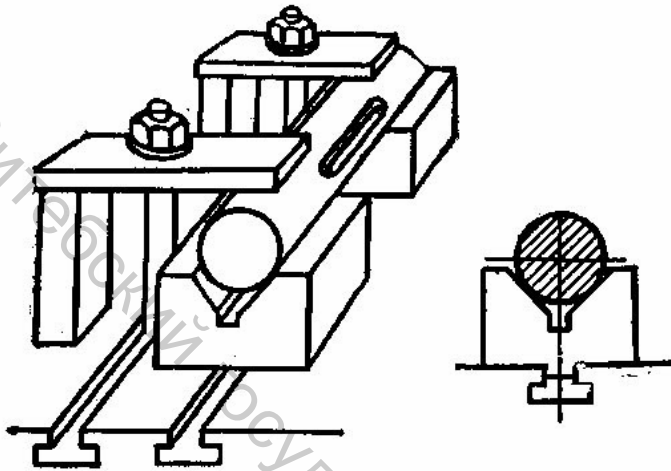


Рис. 3.117. Закрепление заготовки на призмах

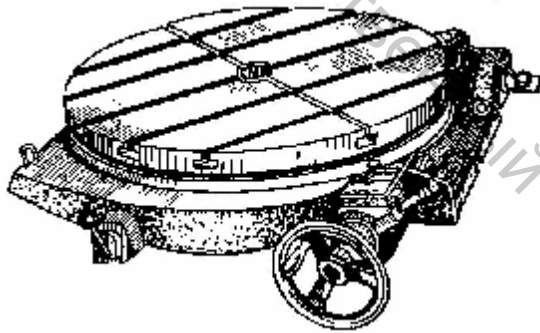


Рис. 3.118. Круглый поворотный стол

Круглые поворотные столы (рис. 3.118) применяются для закрепления заготовок на своем рабочем столе, для обработки круговых контуров или для поворота заготовки на заданный угол. В центре поворотного стола имеется точное конусное отверстие для установки центрирующего пальца.

Из приспособлений для закрепления заготовок при обработке многогранников, шлицов, зубчатых и храповых колес, зубчатых муфт и других деталей, где требуется делительная головка, наиболее широкое применение нашли трехкулачковые самоцентрирующие патроны, постоянные центры, хомутики, люнеты и оправки.

В единичном и мелкосерийном производстве выгодно использовать универсально-сборные приспособления (УСП). Это специальные приспособления, собираемые из нормализо-

ванных деталей и сборочных единиц. Основными элементами УСП являются базовые, корпусные, установочнонаправляющие и крепежноприжимные детали. В элементах УСП предусмотрены взаимно перпендикулярные Т-образные пазы. Фиксация деталей осуществляется способом «шпонка-паз». Недостаточная жесткость УСП заставляет снижать режимы резания. Число деталей и узлов в комплекте УСП составляет 2400...4200 единиц.

При помощи универсальных делительных головок (УДГ) можно:

- 1) периодически поворачивать заготовку вокруг ее оси на заданное число делений (равные и неравные части);
- 2) устанавливать ось обрабатываемых заготовок под заданным углом к горизонтальной плоскости;
- 3) непрерывно вращать заготовку в процессе фрезерования винтовых каналов;
- 4) производить разметку заготовок.

На рис. 3.119 показана универсальная делительная головка, которая работает следующим образом: делительный диск 2 непосредственного деления установлен на шпинделе 3 головки и фиксируется защелкой 1. Сменный делительный

диск 5 установлен на оси рукоятки 6, на которой расположены также раздвижные втулки 4, фиксирующие угол развилки при делении.

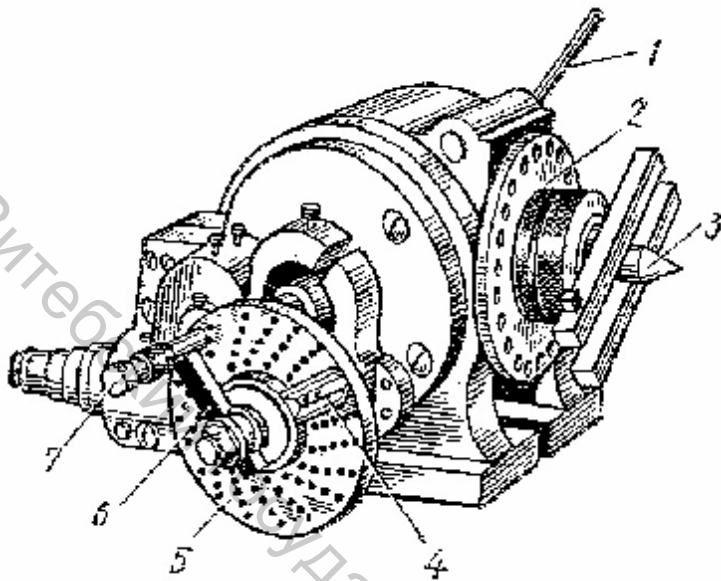


Рис. 3.119. Универсальная делительная головка

Заготовку устанавливают на оправку, которую закрепляют между центрами делительной головки и задней бабки фрезерного станка. На шпинделе может быть установлен патрон, предназначенный для закрепления заготовки, не имеющей центровых отверстий.

Делительную головку снабжают тремя дисками 5, в каждом из которых имеется по шести расположенных по окружности рядов отверстий. Отверстия в каждом ряду расположены на равном расстоянии одно от другого.

Для поворота заготовки на требуемый угол выводят штифт 7 из делительного диска; затем рукояткой поворачивают шпиндель на требуемый угол и после этого вводят штифт в соответствующее отверстие диска.

Если оси заготовки нужно придать наклонное положение относительно плоскости стола, поворотную часть универсальной головки устанавливают под требуемым углом и закрепляют болтами.

Режущий инструмент на фрезерных станках устанавливается и закрепляется при помощи вспомогательного инструмента. Это центровые и концевые оправки, переходные втулки, установочные кольца, цанговые патроны и др.

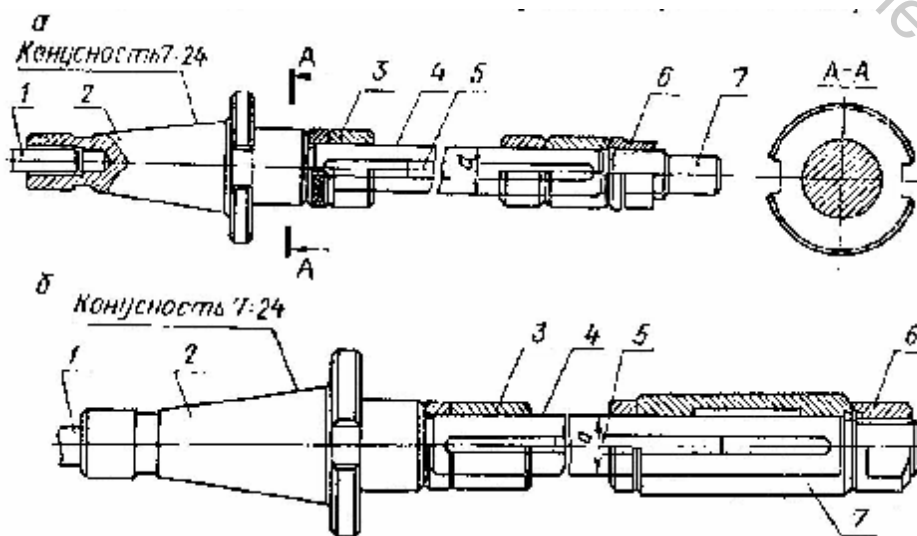


Рис. 3.120. Центровые оправки: с направляющей цангой (а) и с поддерживающей вращающейся буксой (б)

Центровые оправки (рис. 3.120) применяются для установки цилиндрических, дисковых, угловых и фасонных фрез на горизонтально-фрезерном станке. Оправка коническим хвостовиком 2 устанавливается в коническом отверстии шпинделя и крепится натяжным винтом (шомполом) 1. Для восприятия крутящего

момента от сил резания прямоугольные пазы на фланце оправки совмещают с поводковыми шпонками, расположенными в пазах торца шпинделя.

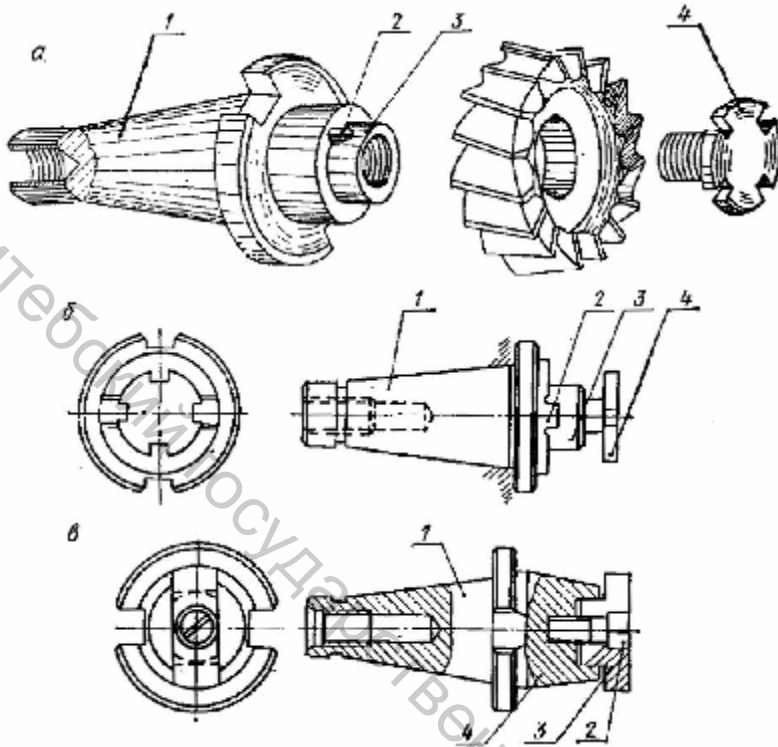


Рис. 3.121. Концевые оправки

На цилиндрическую часть 4 оправки со шпоночной канавкой насаживают установочные кольца 3 и фрезу. Комплект закрепляется гайкой 6. Второй сводный конец оправки поддерживается подшипником подвески, закрепляемой на хоботе. В подшипники подвески вводится направляющая опора 7 (см. рис. 3.120-а) или поддерживающая бруска 7 (см. рис. 3.120-б).

Концевые оправки (рис. 3.121) служат для закрепления насадных торцевых фрез на вертикально- и горизонтально-фрезерных станках. Они

закрепляются в шпинделе станка так же как центровые оправки. Крутящий момент от сил резания концевая оправка воспринимает продольной призматической шпонкой (рис. 3.121-а), торцевой шпонкой (рис. 3.121-б) или вкладышем 3 (рис. 3.121-в), который входит в торцовый паз фрезы. Последний вариант применяется для установки торцевых фрез большого диаметра с коническим посадочным отверстием.

Размерная настройка при фрезеровании плоскостей инструментов выполняется методом пробных проходов.

Точность фрезерования зависит от типа станка, режущего инструмента, режима резания и других факторов. В обычных условиях точность обработки при фрезеровании достигает 11...8-го качества, а при скоростном и тонком фрезеровании — 7-го качества.

Плоское шлифование применяют в качестве чистовой операции после строгания или фрезерования плоскостей для достижения высокой точности и малой шероховатости обрабатываемой поверхности, а также для окончательной обработки плоскостей заготовок из закаленной стали. В ряде случаев плоское шлифование может быть более рациональным, чем фрезерование, особенно при обработке твердых материалов, наличии твердой корки или небольших припусков на обработку.

Шлифование плоских поверхностей применяется как для обдирочной, так и для черновой и чистовой обработки. Обдирочное шлифование плоскостей

может быть предварительной или окончательной операцией, если не требуется высокой точности и небольшой высоты микрогребешков.

Припуск для обдирочного шлифования должен быть значительно меньше, чем для фрезерования и строгания. При больших припусках обдирочное шлифование оказывается неэкономичным. Обдирочное шлифование плоскостей применяется в том случае, когда наличие твердой корки на поверхности детали или большая твердость материала затрудняют фрезерование или строгание. Оно применяется также при обработке плоских поверхностей деталей с малой жесткостью.

Обдирочное шлифование применяется для чугунных отливок, поковок и сварных конструкций и реже — для стальных отливок.

Черновое и чистовое шлифование плоскостей производится для получения высокой точности поверхности, когда не представляется возможным достигнуть этого фрезерованием или строганием.

Круги больших диаметров для шлифования изготавливают составными из отдельных частей-брусков и сегментов, прикрепленных к металлическому диску (рис. 3.122). При работе такими кругами уменьшается выделение тепла, улучшается удаление пыли и мелкой стружки, образующихся при шлифовании, повышается безопасность шлифовальных работ.

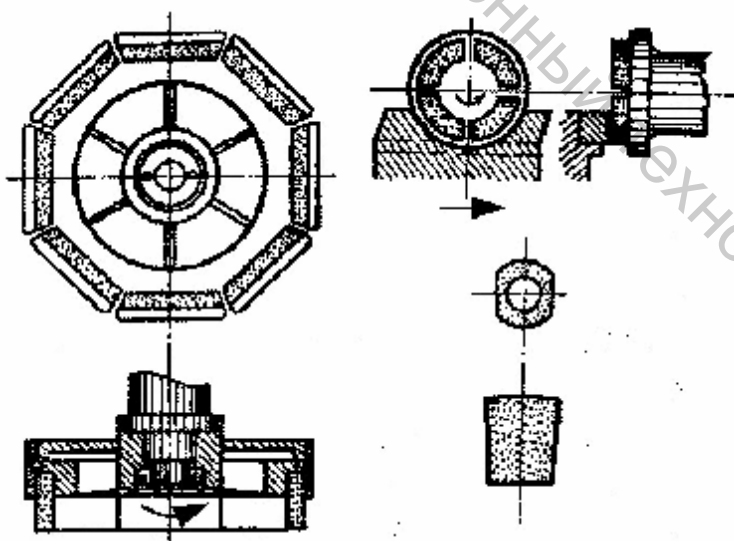


Рис. 3.122. Составные шлифовальные круги

Чистовое шлифование плоскостей производится мелкозернистыми, большей частью цельными кругами. Шлифование производится торцовой частью или периферией круга. При шлифовании торцовой частью круга применяют круги чашечной или тарельчатой формы. При такой форме круга изнашивается только та часть его, которая находится в соприкосновении с обрабатываемой поверхностью и поэтому отпадает необходимость пра-

вить всю поверхность круга. Кроме того, при такой форме различие скоростей вращения отдельных точек торца круга меньше влияет на точность и качество обработки поверхности.

Шлифование торцом круга более производительно, чем шлифование периферией, так как в процессе работы торцом круга большая площадь круга находится в соприкосновении с обрабатываемой поверхностью и большее количество абразивных зерен одновременно работает. К тому же этот способ шлифования обеспечивает достаточно высокую точность, и поэтому он является весьма распространенным.

Шлифование периферией круга менее производительно, но при этом достигается более высокая точность, чем при шлифовании торцом круга, поэто-

му шлифование периферией круга применяют обычно для окончательной отделки деталей измерительных инструментов, приборов и др.

Схемы плоского шлифования приведены на рис. 3.123.

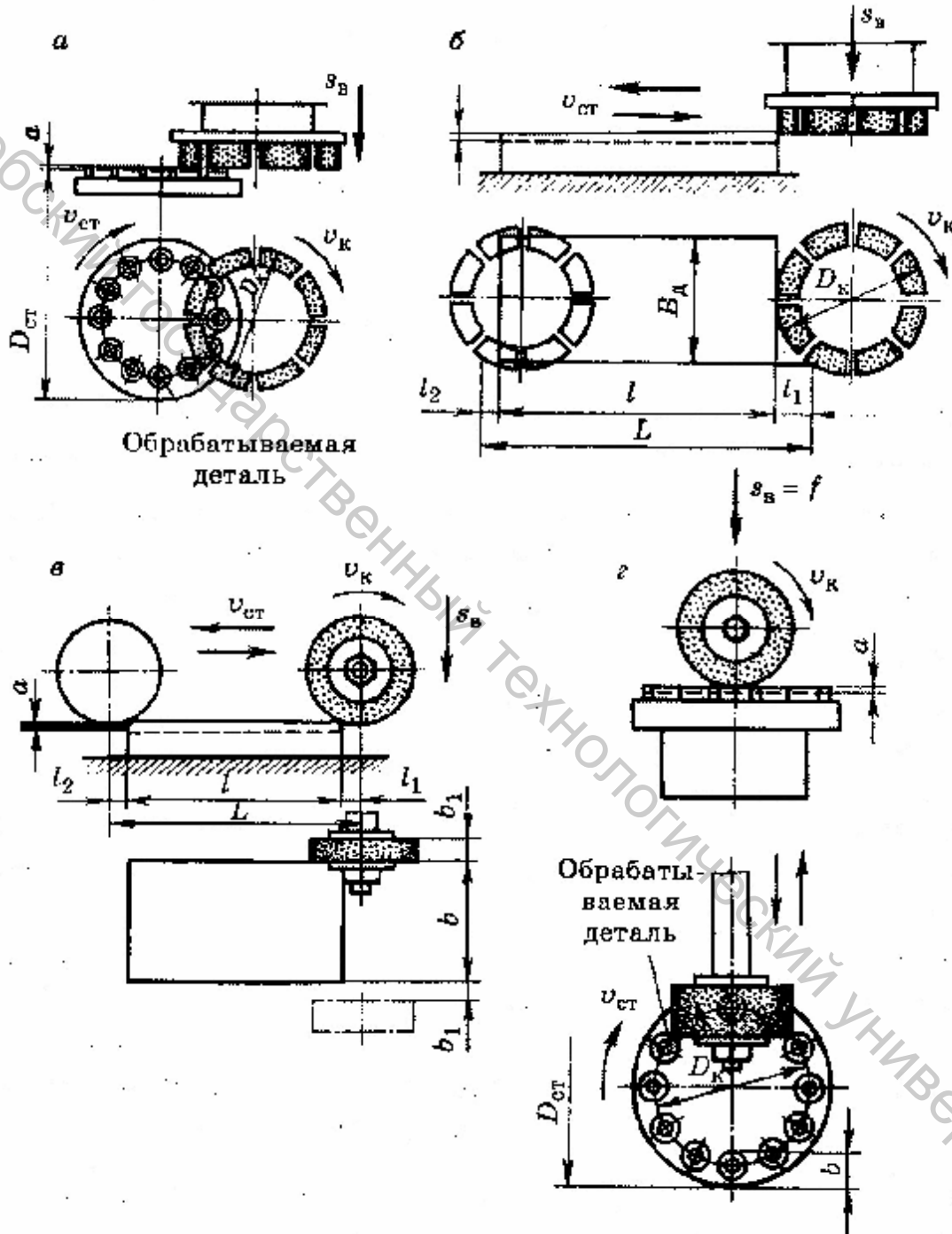


Рис. 3.123. Схемы плоского шлифования:

а — торцом круга на станках карусельного типа; б — торцом круга на станках продольного типа; в — периферией круга на станках продольного типа; г — периферией круга на станках карусельного типа

Протягивание наружных контуров является более производительным методом, чем строгание и фрезерование при одновременном обеспечении высокой точности и малой шероховатости обрабатываемой поверхности.

Высокие показатели точности и шероховатости поверхности при протягивании обуславливаются в основном весьма малым влиянием упругих деформаций на процесс резания, малой толщиной стружки и низкими скоростями резания. Однако следует учитывать, что себестоимость протяжных работ в значительной степени зависит от затрат на изготовление и заточку протяжек, а также на приобретение протяжного оборудования.

Протягивание наружных плоских поверхностей (как и фасонных) благодаря высокой производительности и низкой себестоимости обработки находит все большее применение в крупносерийном и массовом производстве. Этот метод экономически выгоден, несмотря на высокую себестоимость оборудования и инструмента. Многие операции вместо фрезерования выполняются посредством наружного протягивания. К числу таких операций относится протягивание пазов, канавок, плоскостей блоков двигателей и других деталей, зубьев шестерен и т.д.

Протягивание наружных плоских поверхностей (как и фасонных) благодаря высокой производительности и низкой себестоимости обработки находит все большее применение в крупносерийном и массовом производстве. Этот метод экономически выгоден, несмотря на высокую себестоимость оборудования и инструмента. Многие операции вместо фрезерования выполняются посредством наружного протягивания. К числу таких операций относится протягивание пазов, канавок, плоскостей блоков двигателей и других деталей, зубьев шестерен и т.д.

При обработке протягиванием наружных черных (предварительно не обработанных) поверхностей за один ход протяжки достигаются высокая точность и низкая высота микрогребешков. В процессе обработки каждый режущий зуб протяжки снимает слой металла, составляющий часть припуска, а калибрующие зубья зачищают поверхность, при этом они долго не теряют своей режущей способности и формы.

При обработке черных поверхностей поковок и отливок более целесообразно применять не обычные плоские протяжки (рис. 3.124, *а*), а прогрессивные (рис. 3.124, *б, в, г*). У обычных плоских протяжек каждый зуб снимает стружку по всей ширине обрабатываемой поверхности, поэтому при обработке черной поверхности, имеющей корку, первые зубья протяжки быстро тупятся или выкрашиваются. Режущие зубья прогрессивных протяжек делают переменной ширины, постепенно увеличивающейся, и каждый режущий зуб срезает металл не по всей ширине обрабатываемой поверхности, а полосой, причем ширина этих полос с каждым зубом увеличивается и только калибрующие зубья зачищают обрабатываемую поверхность по всей ширине.

Для обработки наружным протягиванием широких плоскостей (более 50 мм) устанавливают несколько протяжек рядом.

Протягивание наружных поверхностей производится большей частью на вертикально-протяжных станках— полуавтоматах и автоматах.

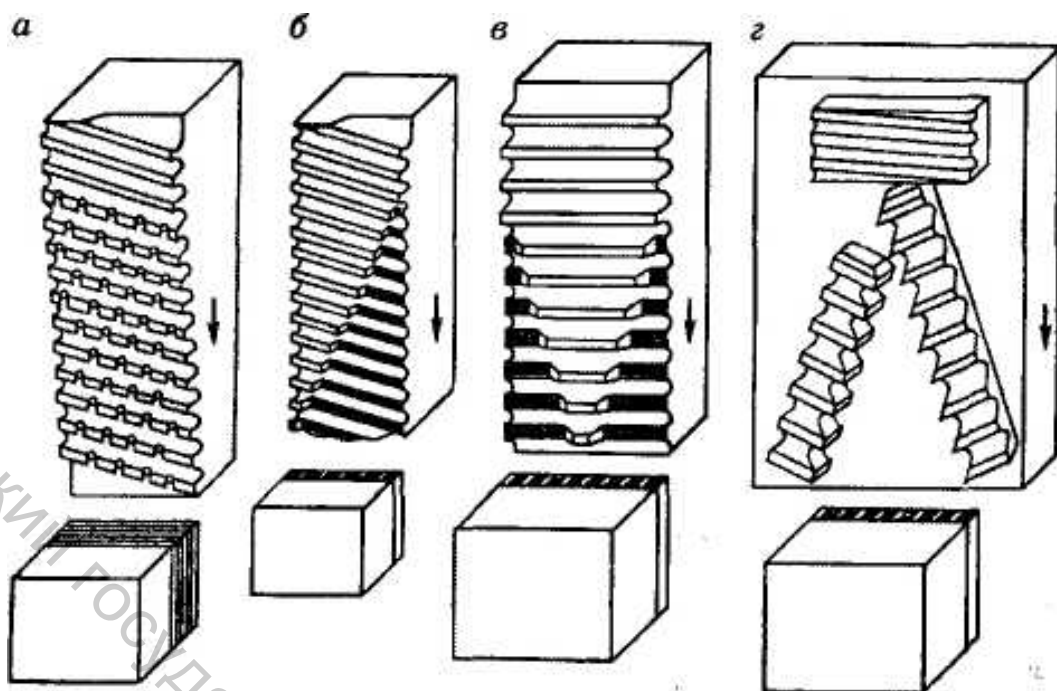


Рис. 3.124. Схемы плоских протяжек: а — обычные; б, в, г — прогрессивные

3.5. Нарезание зубьев цилиндрических зубчатых колес методом копирования дисковыми и пальцевыми фрезами

Нарезание цилиндрических зубчатых колес с прямым зубом можно выполнить на горизонтальных и универсальных фрезерных станках при помощи делительной головки модульными дисковыми фрезами. Этот метод, называемый методом копирования, заключается в последовательном фрезеровании впадин между зубьями фасонной дисковой модульной фрезой. Такие фрезы изготавливаются набором из 8, 15 или 26 штук для каждого модуля. Обычно применяют набор фрез из 8 штук, обработка которыми позволяет получать зубчатые колеса 9-й степени точности по ГОСТ 1643-81, но для изготовления более точных зубчатых колес требуется набор из 15 или 26 штук. Такое количество фрез в каждом наборе необходимо потому, что для различного числа зубьев колес профили впадин между зубьями различны. Каждая фреза набора предназначена для определенного интервала числа зубьев.

Зубчатые колеса обычно нарезаются по одной (рис. 3.125, а) или по несколько штук на оправке (рис. 3.125, б), что увеличивает производительность за счет времени, затрачиваемого на врезание и выход фрезы, а также за счет вспомогательного времени. Если на шпиндельной оправке расположить две или три фрезы (рис. 3.125, в), каждая из которых будет прорезать впадины зубьев у одной группы заготовок, то производительность будет еще больше. В этом случае применяют многошпиндельные делительные головки (рис. 3.125, г). Применение для этих целей полуавтоматических станков, у которых все вспомогательные движения (подход заготовок к фрезам, отход их в исходное положение, поворот заготовок на один зуб и останов станка) совершаются автоматически,

также повышает производительность. Значительное увеличение производительности достигается применением твердосплавных фрез.

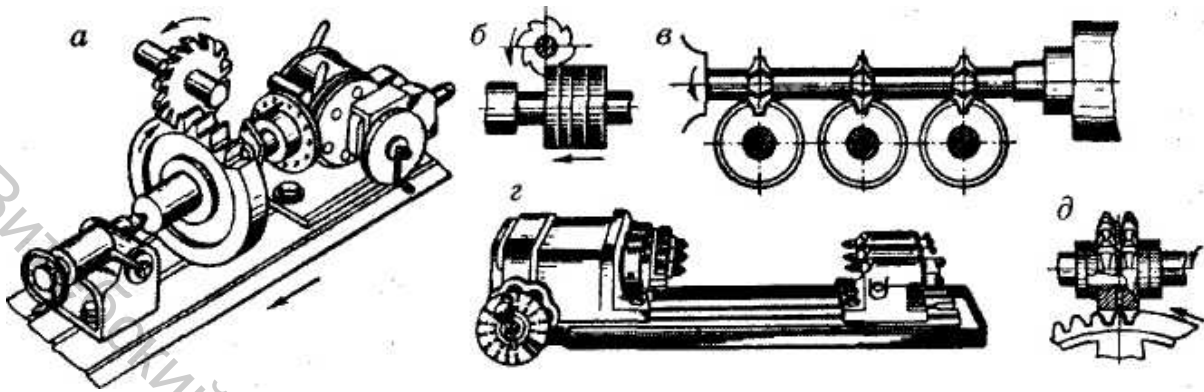
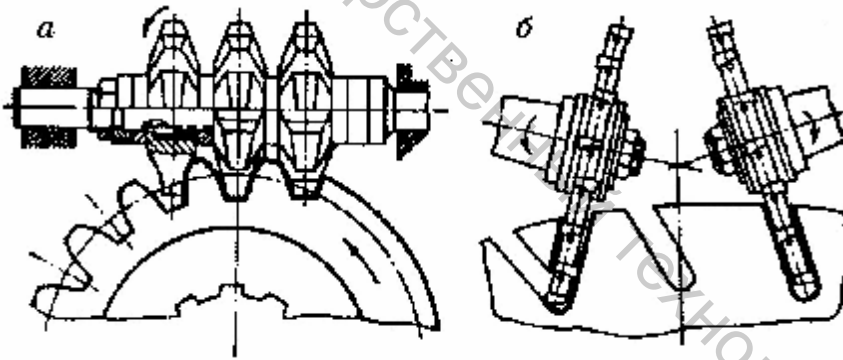


Рис. 3.125. Нарезание зубьев зубчатых колес дисковыми модульными фрезами: а— одной заготовки; б— нескольких заготовок на одной оправке; в— тремя фрезами одновременно; г— с применением трехшпиндельной головки; д— одновременно двумя модульными фрезами



Нарезание зубьев цилиндрических колес средних модулей 8-9-й степеней точности можно производить одновременно двумя дисковыми модульными фрезами (рис. 3.125, д). Черновое нарезание таких же зубчатых колес средних и крупных модулей осуществляется тремя

Рис. 3.126. Нарезание зубьев зубчатых колес дисковыми фрезами: а — тремя дисковыми угловыми фрезами; б — двумя специальными дисковыми фрезами

дисковыми, но не модульными, а «угловыми» фрезами (рис. 3.126, а). Черновое нарезание крупномодульных (с модулем более 30 мм) прямозубых колес можно нарезать специальными дисковыми фрезами (рис. 3.126, б), при этом станок должен быть оснащен специальными шпинделями. Одним шпинделем можно фрезеровать отдельно каждую сторону зубьев. Производительность в этом случае будет почти в два раза меньше. Но зато можно использовать универсально-или горизонтально-фрезерный станок.

Дисковыми модульными фрезами можно также обрабатывать цилиндрические зубчатые колеса с косым зубом, поворачивая фрезу на угол наклона зуба.

Пальцевыми модульными фрезами нарезают зубья средних и крупномодульных цилиндрических (рис. 3.127, а), шевронных (рис. 3.127, б) колес, реек и др.

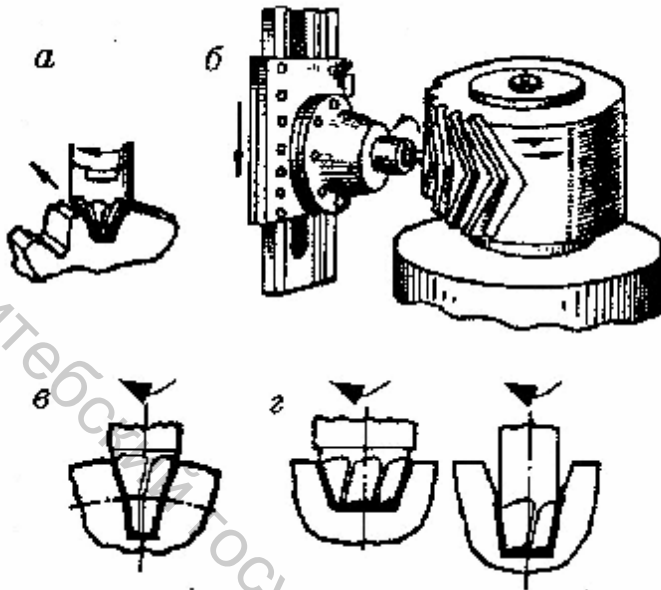


Рис. 3.127. Нарезание зубьев зубчатых колес пальцевыми фрезами

Зубья очень крупных модулей (более 20 мм) начерно нарезают двугловой пальцевой фрезой (рис. 3.127, в) или последовательно двумя угловыми пальцевыми фрезами (рис. 3.127, г).

Нарезание зубьев цилиндрических зубчатых колес дисковыми модульными фрезами, а также пальцевыми фрезами применяется преимущественно в единичном и мелкосерийном производстве при отсутствии специальных зуборезных станков, так как такой способ нарезания дает сравнительно малую производительность и точность 9-11-й степени.

3.6. Нарезание зубьев цилиндрических зубчатых колес методом обкатки

Этот метод обработки зубьев заключается в том, что в процессе обработки воспроизводится зацепление зубчатой пары, в которой одной деталью является режущий инструмент, а другой — нарезаемое зубчатое колесо.

Нарезание зубьев цилиндрических зубчатых колес с прямым, косым и криволинейным (винтовым) зубом производится с помощью червячных фрез (зубофрезерование) и долбяков (зубодолбление).

Требование высокой точности и плавности зацепления зубчатых колес, а также стремление повысить производительность зубонарезания привели к созданию специальных зуборезных станков. Наиболее распространенными являются станки, образующие профиль зуба путем фрезерования или долбления режущими кромками инструмента в непрерывном процессе обкатки. При обработке долблением получается более правильный профиль, чем при фрезеровании, так как в этом случае неточности инструмента значительно меньше отражаются на профиле зуба, но зато возникающие при обработке удары вредно влияют на станок и инструмент. Вследствие этого метод долбления применяется, главным образом, для чистового нарезания зубьев. Метод фрезерования двух- или трехзаходными фрезами, как наиболее производительный, применяется для чернового нарезания, а фрезерование однозаходными фрезами — для чистового нарезания.

Зубонарезание червячными фрезами. Этот метод благодаря высокой производительности и получаемой точности 8-9-й степени имеет наибольшее распространение.

Для нарезания зубьев указанным методом требуются зубофрезерные станки и режущий инструмент— червячные фрезы.

Принципиальная кинематическая схема зубофрезерного станка показана на рис. 3.128, а. Заготовка 2 нарезаемого колеса жестко связана с делительным червячным колесом 5, получающим вращение от делительного червяка 4. Последний кинематически связан с червячной фрезой 1 с помощью сменных колес 3.

Кроме движения деления IV на станке должно осуществляться главное движение резания I (рис. 3.128, б), движение подачи фрезы II, а также движение III для предварительной установки инструмента и обрабатываемого колеса в исходное рабочее положение. При нарезании шестерен с винтовыми зубьями заготовке сообщается дополнительное вращательное движение.

В некоторых конструкциях зубофрезерных станков установочно-вспомогательное движение III осуществляется перемещением колонны с фрезерным суппортом.

В зависимости от конструктивной компоновки основных узлов различают следующие типы зубофрезерных станков: а) с вертикальной и горизонтальной осями; б) с подачей стола и неподвижной колонной фрезерного суппорта и с подачей колонны и неподвижным основанием стола; в) одно- и многошпиндельные.

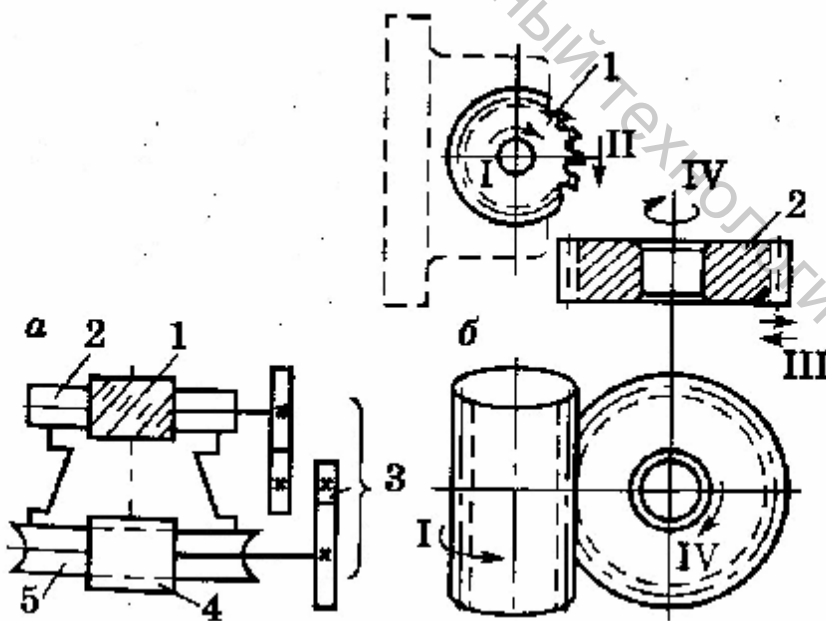


Рис. 3.128. Схема зубофрезерования

Наибольшее распространение имеют вертикальные одношпиндельные зубофрезерные станки.

Фреза закрепляется в суппорте, который должен быть повернут так, чтобы ось фрезы была наклонена под углом α подъема винтовой линии витков фрезы. Нарезаемое зубчатое колесо устанавливается на столе станка, который перемещается по станине

для установки на глубину впадины зуба и вращательное движение, благодаря которому осуществляется обкатка зубчатого колеса по отношению к червячной фрезе. Суппорт с фрезой осуществляет подачу вдоль оси зубчатого колеса. При фрезеровании зубчатых колес с косым зубом фреза устанавливается с учетом наклона винтовой линии витков фрезы и угла спирали зуба зубчатого колеса.

Если направление наклона винтовой линии фрезы и нарезаемого зубчатого колеса одинаковое, т.е. если фреза и зубчатое колесо правозаходные (рис. 3.129, а) или левозаходные, то угол установка фрезы равен разности углов фрезы и

зубчатого колеса, т.е. $\beta' = \alpha - \beta$. Если же направление наклона винтовой линии фрез и зубчатого колеса различно (рис. 3.129, б), то угол установка равен сумме углов, т.е. $\beta' = \alpha + \beta$.

В зависимости от величины модуля устанавливается число ходов фрезы: зубчатое колесо с модулем до 2,5 мм обычно нарезают за один ход начисто; зубчатое колесо с модулем более 2,5 мм нарезают начерно и начисто в два и даже в три хода.

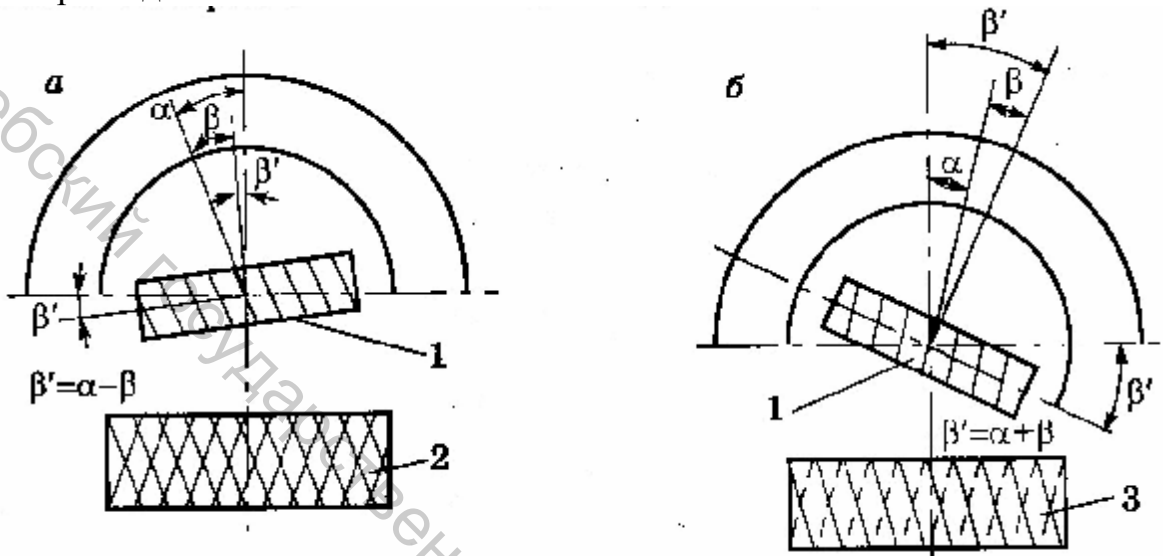


Рис. 3.129. Установка червячной фрезы при зубонарезании цилиндрических зубчатых колес с косым зубом: 1 — правозаходная фреза; 2 — заготовка правозаходного зубчатого колеса; 3 — заготовка левозаходного зубчатого колеса

Для черновых ходов применяются двух- и трехзаходные червячные фрезы, которые увеличивают производительность, но снижают точность обработки по сравнению с однозаходными. Поэтому эти фрезы используют, главным образом, для предварительного нарезания зубьев.

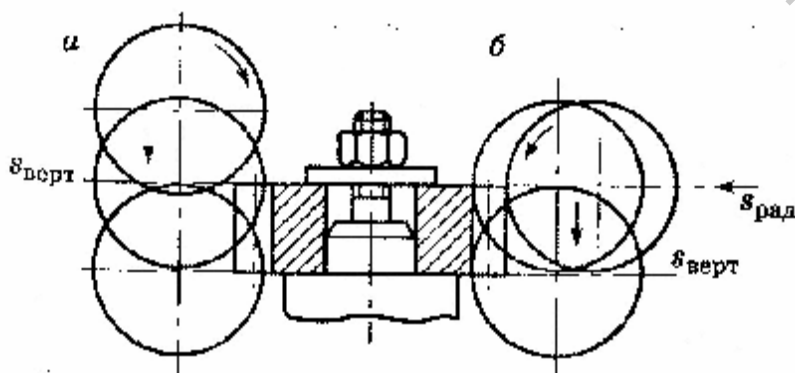


Рис. 3.130. Врезание червячной фрезы: а — осевое; б — радиальное

Врезание червячных фрез, особенно больших диаметров, является значительной величиной и вызывает существенную затрату времени работы станка. Сократить это время на 20-30% можно заменой обычного осевого врезания (рис. 3.130 а) радиальным (рис. 3.130, б).

Для повышения точности зубофрезерования и уменьшения шероховатости обработанной поверхности, а также увеличения стойкости червячной фрезы рекомендуется в процессе резания перемещать червячную фрезу вдоль оси из расчета 0,2 мк за один оборот.

Современные станки имеют специальное устройство для осевого перемещения фрезы. Это перемещение может осуществляться: после нарезания определенного числа колес; после каждого цикла зубофрезерования, во время смены заготовок; непрерывно при работе фрезы.

В последнем случае происходит диагональная подача фрезы как результат сложения движения подач вдоль оси заготовки и вдоль собственной оси фрезы.

Нарезание зубьев долбяком. Как отмечалось выше, нарезать зубья методом обката можно также дисковыми, хвостовыми и выполненными в виде гребенок (реек) долбяками на зубодолбежных станках.

Принципиальная кинематическая схема зубодолбежного станка приведена на рис. 3.131.

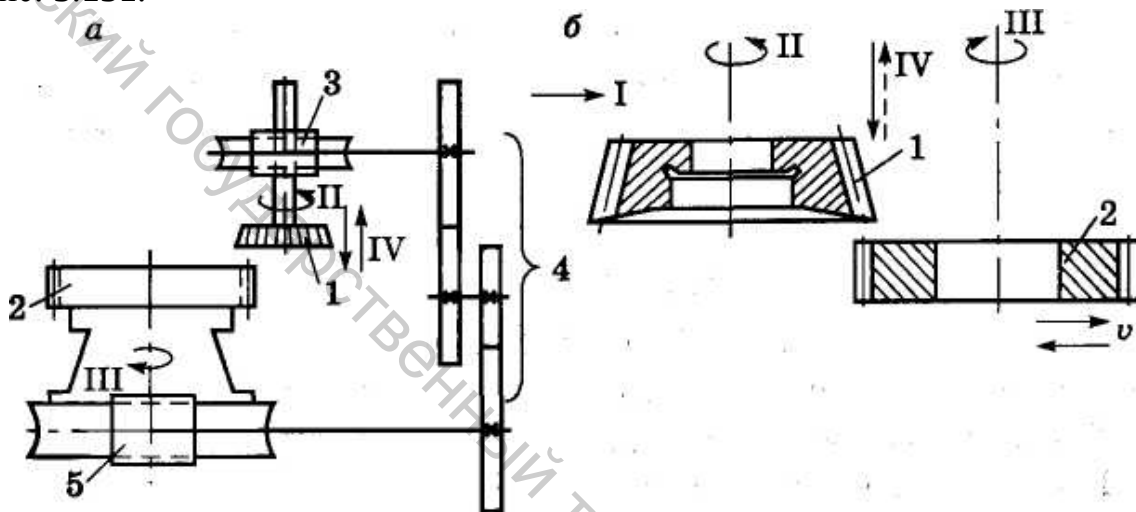


Рис. 3.131. Схема зубодолбежного станка (а) и направления основных движений при нарезании зубьев прямозубого колеса долбяками (б): 1— долбяк; 2— нарезаемое колесо; 3— делительная червячная пара шпинделя долбяка; 4— сменные колеса; 5— делительная червячная пара стола

На этом рисунке показаны направления основных движений долбяка и заготовки. Долбяк и колесо непрерывно вращаются вокруг своих осей, совершая движения обкатывания II и III с одинаковой окружной скоростью (круговая подача). Долбяк имеет возвратно-поступательное движение IV. При врезании на требуемую глубину резания долбяк получает движение I. Во время хода долбяка вверх для устранения быстрого затупления инструмента и порчи обрабатываемой поверхности заготовке придается движение V для отвода колеса от долбяка. В некоторых конструкциях станков при обратном ходе отводится долбяк.

Долбяк, являющийся режущим инструментом, имеет форму шестерни того же модуля, что и нарезаемое зубчатое колесо. Долбяки изготавливаются для наружного и внутреннего долбления, последний случай относится к зубчатым колесам с внутренним зацеплением.

Для нарезания зубчатых колес с винтовым зубом применяется долбяк тоже с винтовым зубом и с тем же углом подъема винтовой линии, что и у нарезаемого зубчатого колеса, но при этом долбяк получает добавочное вращение по винтовой линии от специального копира, помещенного в верхней части шпиндельного узла.

Горизонтальная подача долбяка осуществляется двумя способами: при помощи ходового винта автоматического делительного механизма (в крупных станках); при помощи одного из трех специальных копиров, причем применяется тот или другой в зависимости от числа ходов, необходимых для нарезания полного профиля зубьев (под ходом здесь понимается оборот заготовки в процессе нарезания). Обработка за один ход применяется для зубчатых колес с модулем 1-2 мм, за два хода — с модулем 2,25-4 мм, обработка за три хода применяется при модулях, превышающих 4 мм, а также при меньших модулях, но при повышенных требованиях к точности и шероховатости обработки.

Обычно зубчатые колеса даже средних модулей предварительно обрабатываются на зубофрезерных станках, а чистовая обработка производится на зубодолбежных станках за один, два хода.

Предварительное нарезание зубьев на зубофрезерных станках часто бывает более производительным, чем на зубодолбежных станках. При обработке зубьев с модулем 5 мм и более, когда снимается значительное количество металла, зубофрезерные станки более производительны, чем зубодолбежные. При нарезании зубьев с модулем до 2,5 мм, когда металла снимается сравнительно мало, более производительными и точными являются зубодолбежные станки. При обработке зубьев средних модулей (от 2,5 до 5 мм) зубофрезерные и зубодолбежные станки по производительности могут быть равноценными, но целесообразнее применять зубофрезерные.

Следует отметить, что быстроходные зубодолбежные станки с числом ходов долбяка 600-700 в минуту обладают высокой производительностью зубонарезания.

Производительность зубодолбления значительно повышается при совмещении черного и чистового нарезания зубьев колес с одновременным применением двух (рис. 3.132, а) или трех долбяков, установленных на штосселе зубодолбежного станка.

Расстояние между торцовыми поверхностями долбяков должно быть на 1-3 мм больше ширины венца. Верхний долбяк служит для окончательного профилирования зубьев колеса. Нижний долбяк перешлифовывают так, чтобы ширина и высота зубьев его была бы меньше ширины и высоты зубьев верхнего долбяка.

На рис. 3.132, б показано одновременное долбление двумя долбяками двух венцов блочного колеса.

С целью увеличить производительность зубодолбежных станков при нарезании зубчатых колес малых и средних модулей применяют комбинированные долбяки, которые производят последовательно черновое и чистовое нарезание зубьев за один оборот долбяка. У таких долбяков часть зубьев, имеющих уменьшенную толщину, служит для черного долбления, другая часть — для чистового, окончательного. Кроме того, на долбяке имеется участок без зубьев, позволяющий снимать обработанное зубчатое колесо с оправки и надевать заготовку на оправку без отвода шпинделя с долбяком. На рис. 3.132, в показано одновременное зубодолбление шести заготовок комбинированным долбяком.

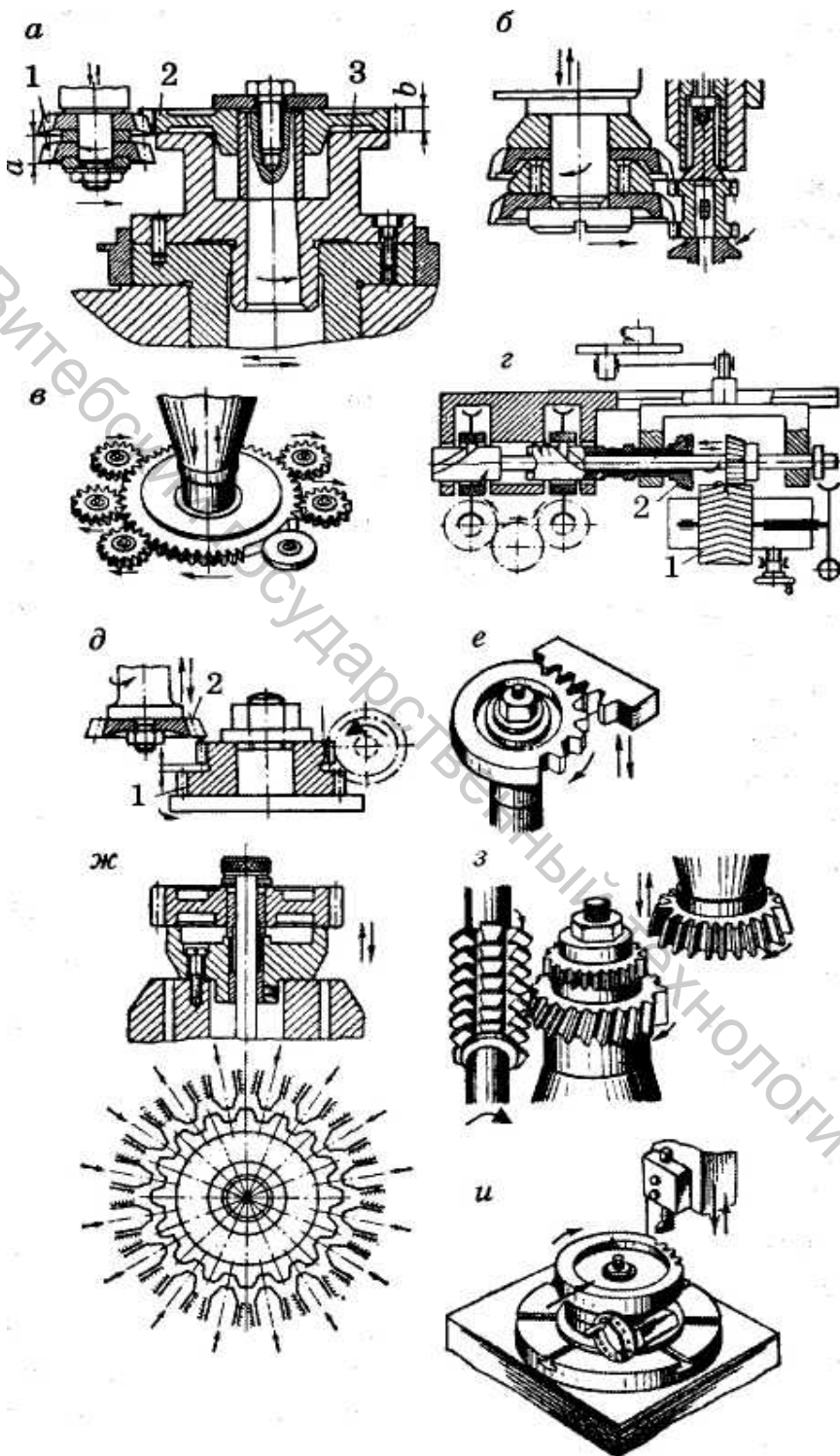


Рис.3.132. Нарезание зубьев долбьяками:

а — черновое и чистовое долбление; б — одновременное долбление двух колес; в — одновременное долбление шести колес комбинированным долбляком; г — нарезание зубьев шевронного колеса; д — долбление двухвенцового колеса; е — долбление гребенкой; ж — долбление многорезцовой головкой; з — одновременное долбление и фрезерование зубьев двух колес; и — обработка зубьев на долбежном станке

Комбинированные долбяки пригодны только для нарезания зубчатых колес с определенным числом зубьев, вследствие чего их целесообразно применять в крупносерийном и массовом производстве. Комбинированные долбяки непригодны для зубчатых колес с большим числом зубьев, так как число зубьев этих долбяков должно быть равно удвоенному числу зубьев нарезаемого колеса, ввиду чего долбяки получаются больших размеров.

Зубодолбежные станки наряду с высокой производительностью дают чистую обработанную поверхность зубьев 7-8-й степеней точности. На специальных зубодолбежных станках двумя спиральными долбьяками нарезают зубья шевронных колес (рис. 3.132, г).

На зубодолбежных станках можно нарезать зубья на блоках зубчатых колес с 2-4 венцами при тесном расположении их, когда фрезерование таких деталей невозможно.

На рис. 3.132, д пунктиром показано положение фрезы 4, кото-

рая не может не надрезать зуб на венце 1 колеса ввиду невозможности выхода фрезы, так как расстояние между венцами 3 и 1 всего 5-6 мм. Этот же венец успешно нарезается долбяком 2, для выхода которого вполне достаточно 2-4 мм.

Как было указано выше, цилиндрические зубчатые колеса с прямыми, косыми и винтовыми зубьями можно нарезать на зубострогальных станках с применением долбяков в виде гребенок или реек (рис. 3.132, *е*), которые изготавливать и затачивать проще, чем долбяки. Зубострогальные станки для нарезания зубчатых колес гребенками работают по принципу обкатки.

При нарезании зубчатых колес с косым зубом суппорт с гребенкой поворачивается на угол наклона зуба.

Гребенки изготавливаются трех типов в зависимости от модуля и характера обработки: обдирочная – для чернового нарезания зубьев; отделочная – для чистового нарезания зубьев; шлифовочная – для зубьев, которые после нарезания будут шлифоваться. Обдирочные гребенки изготавливаются меньшей ширины чем отделочные. После обдирки остается припуск на отделку до 0,5 мм на сторону.

Нарезание зубьев гребенкой применяется редко ввиду меньшей производительности по сравнению с нарезанием дисковым долбяком и червячной фрезой.

Долбление зубьев методом копирования с помощью многорезцовой головки (рис. 3.132, *ж*) заключается в том, что все зубья изготавливаемого зубчатого колеса обрабатываются одновременно набором профильных резцов, число которых равно числу зубьев обрабатываемого колеса.

Резцы расположены в точных радиальных пазах неподвижной резцовой головки. Заготовка устанавливается на оправку шпинделя станка, расположенную вертикально и имеющую возвратно-поступательное движение вверх и вниз. Когда оправка при каждом ходе идет вверх, заготовка проходит внутрь неподвижной резцовой головки и все резцы одновременно нарезают зубья.

Перед началом рабочего хода все резцы одновременно перемещаются в радиальном направлении, т.е. осуществляется подача к центру нарезаемого зубчатого колеса. Когда оправка при каждом ходе идет вниз, резцы в головке отодвигаются в радиальном направлении с целью уменьшения трения задних поверхностей резцов об обрабатываемую поверхность зубьев.

При таком методе нарезания зубчатых колес профиль режущих инструментов копируется на впадинах зубьев обрабатываемого колеса.

Так как при этом методе одновременно производится долбление всех впадин зубьев колеса, то станки, нарезающие зубья по этому методу, отличаются большой производительностью по сравнению с другими зубообрабатывающими станками, но точность обработки на них ниже. Поэтому на таких станках производят, главным образом, предварительное нарезание зубьев, которые подлежат дальнейшей отделке.

Зубообрабатывающие станки, работающие по этому методу копирования, целесообразно использовать только при очень большом выпуске одинаковых зубчатых колес, так как для каждого числа зубьев и каждого модуля колеса должен быть изготовлен комплект специальных резцов. Применяемые модели станков — 5110, 5120, 5130.

Для блочных зубчатых колес целесообразно применять комбинированные станки для одновременного нарезания червячной фрезой зубьев большего венца, а меньшего — долбяком (рис. 3.132, *з*), что позволяет сократить занимаемую станком производственную площадь и обслуживающий персонал, а также повысить производительность труда и оборудования.

В индивидуальном и мелкосерийном производстве для неточных зубчатых колес зубья можно обработать на долбежном (рис. 3.132, *и*) или строгальном станках фасонным резцом, профиль которого должен соответствовать впадине зуба колеса. Резец совершает возвратно-поступательное перемещение, а заготовка за каждый двойной ход резца получает периодическое радиальное перемещение (движение подачи). После нарезания впадины зуба заготовка возвращается в исходное положение. С помощью делительного устройства заготовка поворачивается на один зуб, а потом нарезается соседняя впадина зуба и т.д. Такой малопродуктивный способ нарезания зубьев иногда применяют в условиях ремонта при отсутствии зуборезных и горизонтально-фрезерных станков.

3.7. Нарезание зубьев конических зубчатых колес

Для нарезания зубьев конических зубчатых колес 7-8-й степеней точности ГОСТ 1758-81 требуются специальные зуборезные станки. При отсутствии их конические зубчатые колеса с прямым и косым зубом можно нарезать на универсально-фрезерном станке при помощи делительной головки дисковыми модульными фрезами, конечно, с более низкой точностью обработки.

Заготовку 1 конического зубчатого колеса устанавливают на оправке в шпиндель делительной головки 2 (рис. 3.133, *а*), который поворачивают в вертикальной плоскости до тех пор, пока образующая впадины между двумя зубьями не займет горизонтальное положение. Нарезаются зубья обычно за три хода и только при малых модулях за два хода. При первом ходе фрезеруется впадина между зубьями шириной b_2 (рис. 3.133, *б*), причем форма фрезы соответствует форме впадины на ее узком конце; второй ход производят модульной фрезой, профиль которой соответствует наружному профилю зуба, поворачивая при этом стол с делительной головкой на угол α :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{b_1 - b_2}{2l},$$

где b_1 — ширина впадины между зубьями на ее широком конце в мм; b_2 — ширина впадины между зубьями на ее узком конце в мм, l — длина впадины в мм.

При таком положении фрезеруются все левые бока зубьев (площадка 1—

рис. 3.133, б). За третий ход фрезеруются все правые бока зубьев (площадка 2), для чего делительную головку поворачивают на тот же угол, но в противоположном направлении.

Указанный способ нарезания зубьев малопроизводителен, а точность обработки соответствует примерно 10-й степени.

На рис. 3.133, в показано предварительное фрезерование зубьев трех конических зубчатых колес одновременно на специальном или специализированном станке, применяемом в крупносерийном и массовом производстве. Станок снабжен

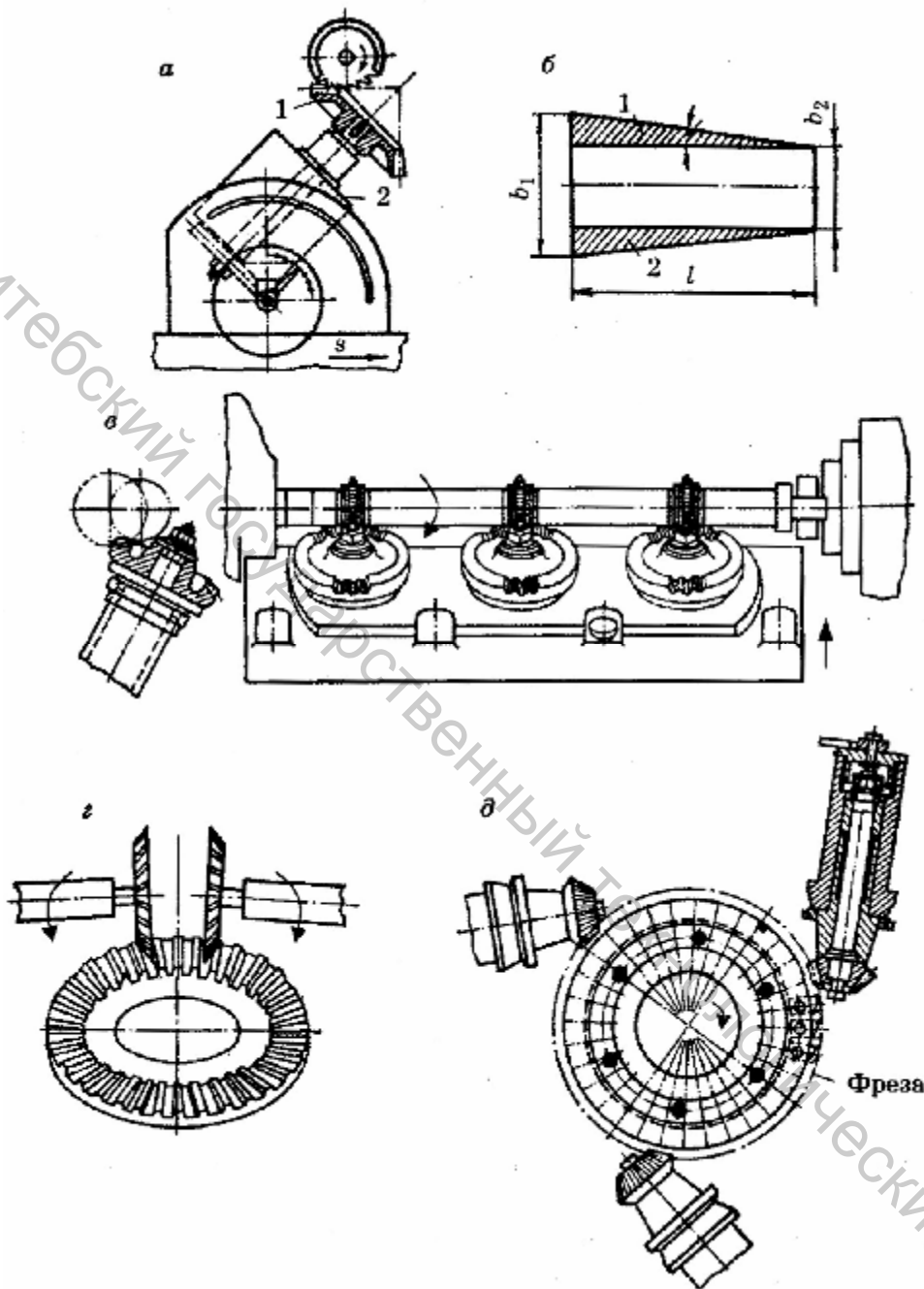


Рис. 3.133. Зубофрезерование конического зубчатого колеса: а—установка заготовки на оправке; б— схема фрезерования впадины между зубьями; в— одновременно трех заготовок; г— одной заготовки двумя дисковыми фрезами; д— трех заготовок специальной дисковой фрезой

устройством для автоматического деления и одновременного поворота всех обрабатываемых заготовок.

На рис. 3.133, *г* показано предварительное фрезерование зубьев двумя дисковыми фрезами на специальном станке конструкции ЭНИМСа.

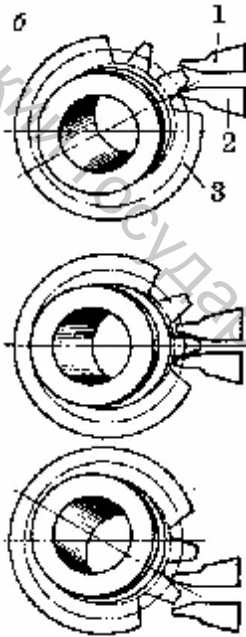
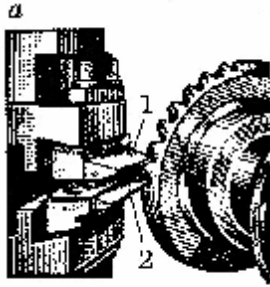


Рис. 3.134. Нарезание конического зубчатого колеса на зубострогальном станке: *а* — установка резцов; *б* — схема обкатки; 1 и 2 — резцы, 3 — заготовка

В крупносерийном и массовом производстве для предварительного нарезания зубьев небольших конических зубчатых колес применяют зуборезные станки для одновременного фрезерования трех заготовок с автоматическим делением, остановом, подводом и отводом стола. На рис. 3.133, *д* изображена схема расположения шпинделей трехшпиндельного высокопроизводительного станка. Для одновременного фрезерования зубьев на трех заготовках, расположенных вокруг специальной дисковой фрезы. Станочник поочередно устанавливает заготовки на оправках рабочих головок, подводит головку до упора и включает самоход. Все *остальные* движения производятся автоматически: рабочая подача, отвод нарезаемого колеса и поворот его на один зуб, следующий подвод, выключение, когда остальные две головки продолжают работать.

Окончательное чистовое нарезание зубьев примерно 8-й степени точности производится строганием на зубострогальных станках (рис. 3.134, *а*). Станки эти работают методом обкатки (рис. 3.134, *б*): два строгальных резца (1 и 2) совершают прямолинейные возвратно-поступательные движения вдоль зубьев обрабатываемой заготовки; при обратном ходе резцы немного отводятся от обрабатываемой поверхности для уменьшения бесполезного изнашивания режущей кромки от трения; взаимное обкатывание заготовки и резцов обеспечивает получение профиля эвольвенты. Время нарезания зуба в зависимости от материала, модуля, припуска на черновую обработку и других факторов колеб-

лется от 3,5 до 30 с.

Для обработки прямых зубьев небольших конических зубчатых колес применяют производительный метод — круговое протягивание зубьев (рис. 3.135, *а*) на специальных зубопротяжных станках. Режущим инструментом служит круговая протяжка 1 (рис. 3.135, *б*), состоящая из нескольких секций фасонных резцов (15 секций по пять резцов в каждой секции). Резцы с изменяющимся профилем расположены в протяжке в последовательном порядке для чернового, получистового и чистового нарезания зубьев. Каждый резец при вращении круговой протяжки снимает определенный слой металла с заготовки 2 в соответствии с величиной припуска. Протяжка вращается с постоянной угловой скоростью и в то же время совершает поступательное движение, скорость которого

различна на отдельных участках проходимого пути. При черновом и получистовом нарезании протяжка имеет поступательное движение от вершины начального конуса к его основанию, а при чистовом – в обратном направлении, от основания к вершине. За один оборот протяжки она полностью обрабатывает одну впадину зубчатого колеса.

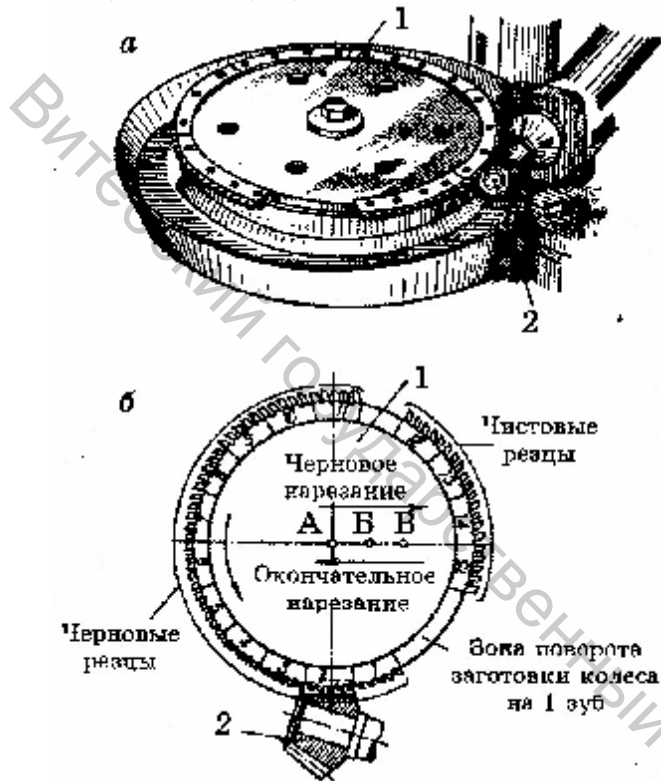


Рис. 3.135. Круговое протягивание зубьев конического зубчатого колеса: 1- круговая протяжка; 2- нарезаемое колесо

Во время резания обрабатываемая заготовка неподвижна, для обработки следующей впадины она поворачивается на один зуб в то время, когда подходит свободный от резцов сектор круговой протяжки.

Описанный способ нарезания зубьев отличается высокой производительностью (в 2-3 раза более высокой по сравнению со строганием), в то же время точность обработки соответствует точности, достигаемой при нарезании методом обкатки.

Нарезание конических зубчатых колес с криволинейными зубьями производится на специальных станках, работающих методом копирования (врезания) и методом обкатки. Режущим инструментом являются резцовые головки (рис. 3.136) преимущественно двух типов: цельные и со вставными резцами.

Резцовые : головки подразделяются по роду обработки на черновые (для черновых ходов) и чистовые (для чистовых ходов). Различаются также одно-, двух- и трехсторонние резцовые головки.

Для чернового нарезания зубьев применяют двух- и трехсторонние резцовые головки. Двухсторонние головки применяют при нарезании зубьев методом обкатки и методом копирования, а трехсторонние – только при работе методом копирования.

Двухсторонние головки режут наружными и внутренними резцами, расположенными поочередно. Каждый резец одновременно обрабатывает боковую сторону зуба и часть впадины (рис. 3.136, б). Трехсторонние головки в отличие от двусторонних имеют наружные, внутренние и средние резцы. Наружные и внутренние резцы обрабатывают только боковые стороны зуба, а средние резцы — только впадины зубьев (рис. 3.136, г).

Чистовые резцовые головки — одно- и двусторонние — используются, главным образом, для окончательного нарезания зубьев после чернового нарезания.

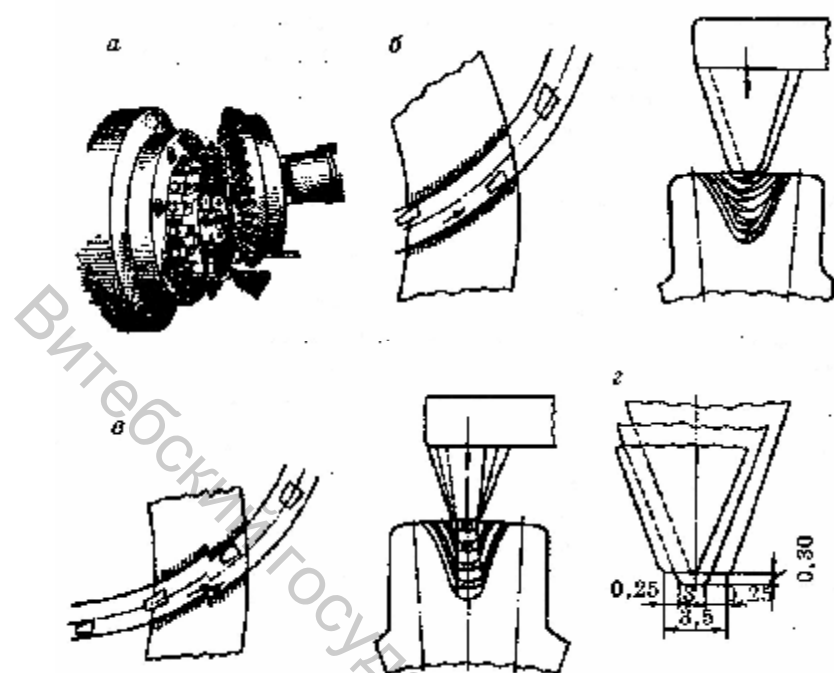


Рис. 3.136. Нарезание конического зубчатого колеса с криволинейными зубьями: а — односторонняя резцовая головка; б — схема работы двусторонней 1 головки; в — схема работы трехсторонней головки

У односторонних головок резцы все наружные или все внутренние. Наружные резцы служат для вогнутой стороны зубьев, внутренние — для выпуклой. Резцы чистовых головок срезают только металл с боковых сторон зубьев.

Черновое зубонарезание конических колес с большим количеством зубьев производится методом копирования, когда обрабатываемая заготовка закреплена неподвижно, а вращающаяся резцовая головка перемещается вдоль оси и прорезает впадины зубьев поочередно. Этот метод более производительен, чем метод обкатки,

применяемый для нарезания колес с малым количеством зубьев.

Чистовое нарезание зубьев конических колес обычно производится методом обкатки, причем колеса с большим количеством зубьев нарезаются обычно двусторонними головками, а с малым количеством — односторонними.

3.8. Способы чистовой отделки зубьев зубчатых колес

С увеличением быстроходности машин возникла настоятельная необходимость в бесшумно работающих зубчатых передачах. Шум, вызываемый зубчатыми колесами, часто обусловлен ненормальными условиями работы зубчатой передачи, влекущими за собой ускоренное ее изнашивание. Шум вредно влияет на человеческий организм. Весь комплекс причин возникновения шума при работе зубчатых колес еще недостаточно изучен. Улучшение качества зубчатых колес, способствующее уменьшению шума, достигается:

- 1) нарезанием зубьев с точностью, выражаемой сотыми и тысячными долями миллиметра;
- 2) термической обработкой с применением цианирования и газовой цементации, дающих значительно меньшую деформацию зубчатых колес, чем обычная цементация и закалка;
- 3) применением рациональных способов окончательной чистовой обработки зубьев, позволяющих достигнуть точности их профиля до 2-3 мкм.

Помимо стремления усовершенствовать способы окончательной обработкой зубьев изыскиваются способы уменьшения шума путем подбора конфигурации коробок скоростей, применения гибких зубчатых колес из специальных сортов стали, зубчатых колес из неметаллических материалов (пластмасс, текстолита и др.).

Причины шума зависят не только от качества обработки зубьев, но и от сборки зубчатых передач, неточности изготовления корпусов и валов, деформации валов, несущих зубчатые колеса, смазки и др.

Окончательная чистовая обработка зубьев производится следующими способами: *обкаткой; шевингованием; шлифованием; притиркой и приработкой.*

Обкаткой называется процесс получения гладкой поверхности зубьев незакаленного зубчатого колеса путем вращения его между тремя вращающимися закаленными шлифованными зубчатыми колесами (эталоны), точность основных параметров которых достигает ± 5 мк. При этом получается некоторое исправление небольших погрешностей в форме зуба.

Шевингованием называется процесс чистовой обработки зубьев незакаленного зубчатого колеса, заключающийся в снятии (соскабливании) очень мелких волосообразных стружек, благодаря чему значительно исправляются эксцентриситет начальной окружности, ошибки в шаге, в профиле эвольвенты и в угле подъема винтовой линии.

Шевингование (или иначе шевинг-процесс) производится двумя способами.

По первому способу шевингование производится при помощи специального инструмента — шевер-рейки (рис. 3.137, а), состоящей из отдельных зубьев с канавками, образующими режущие кромки на стороне каждого зуба. В процессе обработки стол станка с закрепленной на нем шевер-рейкой имеет возвратно-поступательное движение. Шевер-рейка изготавливается с наклонными зубьями для обработки зубчатых колес с прямым зубом. Для случая обработки зубчатых колес с косым зубом (с углом наклона около 15°) шевер-рейка имеет прямые зубья, расположенные перпендикулярно оси. В том и другом случае образуется винтовое зубчатое зацепление с обрабатываемым зубчатым колесом. Обработка одного зубчатого колеса производится примерно за 15-20 двойных ходов стола.

На рис. 3.137,б показана схема, поясняющая осуществление продольного скольжения зубьев шевер-рейки по зубьям зубчатого колеса.

Если обрабатываемое зубчатое колесо 1 свободно катить по шевер-рейке 2 из положения А, то оно должно было бы переместиться в положение Б. Но так как зубчатое колесо и шевер-рейка представляют собой как бы винтовую зубчатую пару со скрещающимися осями, то колесо передвинется не в положение Б, а в положение В. В результате создается относительное скольжение зубьев обрабатываемого зубчатого колеса и шевер-рейки, определяемое отрезком между положениями зубчатых колес Б и В.

При этом режущие кромки шевера срезают тонкую стружку с поверхности обрабатываемых зубьев колеса.

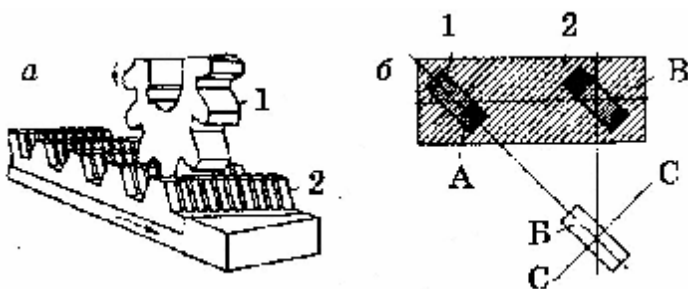


Рис. 3.137. Шевингование шеввер-рейкой и шеввер-червяком: а — шеввер-рейкой; б — схема скольжения шеввер-рейки по зубьям зубчатого колеса

После каждого хода стола зубчатое колесо перемещается в вертикальном направлении вниз; таким образом, осуществляется вертикальная подача в пределах 0,025-0,04 мм.

Шевингование обычно производят со смазочно-охлаждающей жидкостью — сульфолфрезолом или веретенным маслом. По причине высокой себестоимости инструмента, пло-

хой вымываемости стружки из зуба шеввер-рейки, значимыми габаритами станков, невозможности обработки бочкообразных зубьев шевингование шеввер-рейками не имеет широкого применения.

По второму способу шевингование выполняется при помощи специального инструмента, называемого круглым или дисковым шеввером. Шеввер представляет собой режущее зубчатое колесо с прорезанными на боковых сторонах каждого зуба канавками глубиной 0,8 мм. Эти канавки образуют режущие кромки, которые и соскабливают волосообразную стружку.

На рис. 3.138 представлены общий вид и схемы шевингования круглым (дисковым) шеввером.

Оправка с обрабатываемым зубчатым колесом (рис. 3.138, а) закрепляется в центрах стола станка. Шеввер располагается над зубчатым колесом под углом 15° , образуя с колесом как бы винтовую пару со скрещающимися осями. Приведенный во вращение шеввер вращает обрабатываемое зубчатое колесо, которому придается осевое возвратно-поступательное движение, называемое продольной подачей ($S_{пр} = 0,15-0,3$ мм на один оборот зубчатого колеса). Шеввер при этом равномерно соскабливает стружку по всей ширине зуба. Помимо вращения и осевого движения обрабатываемого зубчатого колеса для равномерного снятия стружки по всему профилю зуба стол станка имеет вертикальное перемещение $S_v = 0,025-0,04$ мм на один ход стола. После окончания каждого хода стола шеввер получает вращение в обратную сторону и обрабатывает другую сторону зуба. Для предварительной обработки число проходов 4-6, для окончательной — 2-4. Припуск на шевингование принимается 0,06...0,03 мм на сторону зуба в зависимости от модуля.

Окружная скорость вращения шеввера при шевинговании зубчатых колес, изготовленных из стали с пределом прочности $\sigma_v = 590-738$ Мн/м², принимается около 100 м/мин. Продольная подача зубчатого колеса $S_{пр}$ около 0,25 мм/об.

Шевингование повышает точность предварительной обработки зубьев примерно на 1-2 степени точности и уменьшает суммарную ошибку межцентрового расстояния, радиальное биение, отклонение профиля, отклонение направления зуба, накопленную ошибку шага, неравномерность окружного шага между двумя зубьями в 2-4 раза.

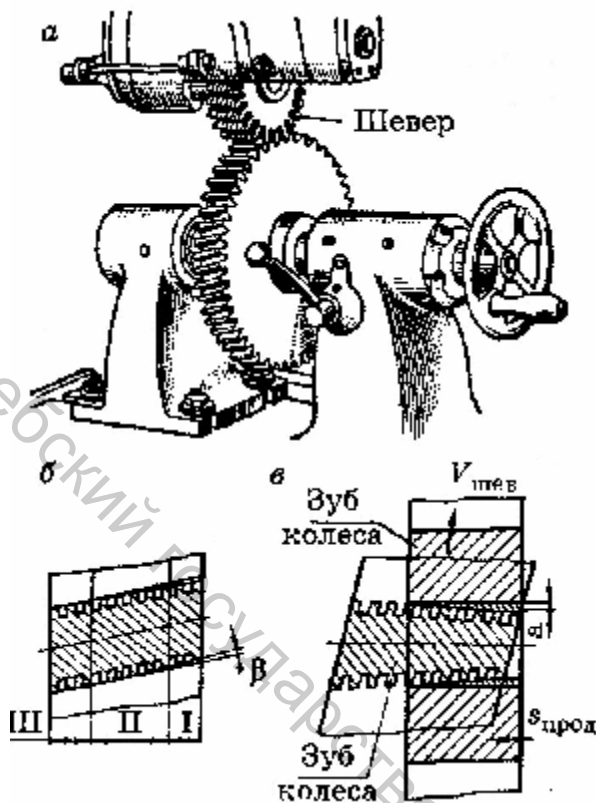


Рис. 3.138. Шевингование цилиндрического зубчатого колеса дисковым шевером: а — общий вид; б и в — схема шевингования за один ход стола

Шевингование зубьев колес за один ход стола. В настоящее время в металлообработке все большее распространение получает способ шевингования зубчатых колес средних модулей за один ход шеверами специальной конструкции. Зубья таких шеверов имеют три группы зубьев (рис. 3.138, б): заборные I, режущие II и калибрующие III. Боковые поверхности правой и левой сторон заборной и режущей частей зубьев шевера составляют с соответствующими боковыми поверхностями калибрующей части углы β .

Такая конструкция шевера позволяет снимать весь припуск за один рабочий и один обратный (калибрующий) ход стола, осуществляемый при постоянном расстоянии между осями шевера и колеса.

В настоящее время шеверы такой конструкции выпускаются отечественными инструментальными

заводами. В ряде случаев специальные шеверы могут быть изготовлены путем перешлифовки стандартных шеверов шириной 20-25 мм. При этом заборная и режущая части должны иметь не менее 4-6 режущих кромок каждая.

Производительность обработки при шевинговании увеличивается в 2-3 раза благодаря сокращению количества циклов до одного и исключению радиальных перемещений стола с обрабатываемым колесом, неизбежных при шевинговании стандартными шеверами.

Точность колес после обработки специальными шеверами несколько выше, чем при использовании стандартных шеверов. Это объясняется постоянством межосевого расстояния шевера и зубчатого колеса, а также отсутствием механизма для радиальной подачи стола, что повышает соответственно жесткость системы СПИД.

Стойкость таких шеверов до 3 раз выше стойкости стандартной конструкции благодаря увеличению числа режущих кромок, одновременно участвующих в работе, и уменьшению нагрузки на каждую из них. Повышение стойкости обусловлено также улучшением условий врезания зубьев шевера, которое происходит плавно и непрерывно не в радиальном, а в осевом направлении. Кроме того, калибрующие зубья не участвуют в срезании основного припуска «а» (рис. 3.138, в).

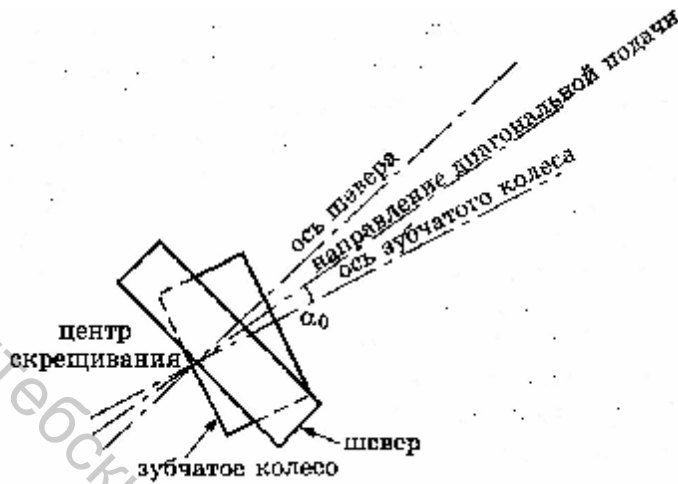


Рис. 3.139. Схема шевингования с диагональной подачей

продольной подачей), что, в целом, значительно сокращает время обработки. Время шевингования одного зуба с модулем 2-3 мм при продольной подаче равно 2-3 с, а при диагональной подаче — около 1 с.

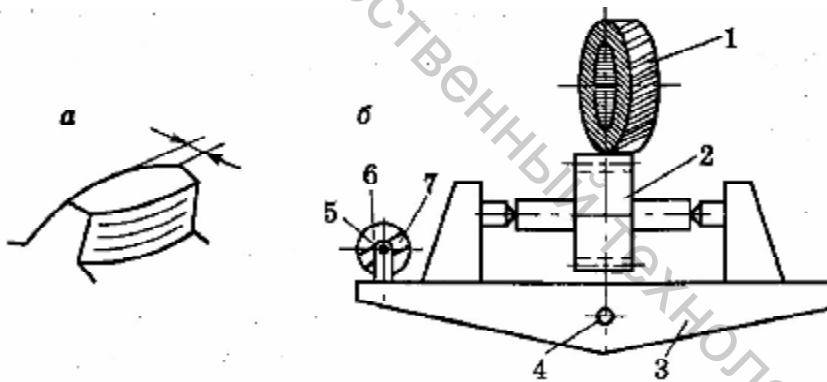


Рис. 3.140. Шевингование бочкообразного зуба:
а — форма бочкообразного зуба; б — качающееся приспособление; 1 — шевер; 2 — обрабатываемое зубчатое колесо; 3 — качающаяся плита; 4 — ось основания; 5 — палец; 6 — диск с наклонным пазом; 7 — наклонный паз

качающегося приспособления (рис. 3.140, б). На столе станка устанавливается основание приспособления, на оси 4 которого качается плита 3. Палец 5 при продольном передвижении стола перемещается по наклонному пазу 7 диска 6, закрепленного на неподвижном кронштейне и устанавливаемого под требуемым углом.

Благодаря значительному повышению точности зубчатых колес посредством шевингования и его высокой производительности последнее применяют не только в массовом и крупносерийном производстве, но и в серийном, и даже в мелкосерийном. При отсутствии специальных станков для шевингования можно приспособить вертикально-фрезерный станок с поворотной фрезерной головкой, обеспечивающей образование угла скрещивания осей шевера и зубчатого колеса.

Широкое применение находит производительный метод шевингования с диагональной подачей. Этот метод предусматривает поступательное перемещение обрабатываемого зубчатого колеса не параллельно его оси, а под углом α , равным 5° и более (рис. 3.139). Вследствие этого уменьшается длина хода, а общее количество ходов можно принять меньше, чем при обычном шевинговании (с

На автомобильных и тракторных заводах шевингованием иногда образуют зубья, концы которых на 0,02-0,03 мм тоньше середины, что придает им бочкообразную форму (рис. 3.140, а). Такая форма зубьев обрабатываемого шевером 1 зубчатого колеса 2 получается посредством применения на шевинговальных станках специального

Шевингование зубьев производится до термической обработки закаливаемых зубчатых колес. Большинство зубчатых колес после шевингования поступает в термическую обработку, которая несколько снижает достигнутую точность и шероховатость поверхности. Тем не менее при изготовлении точных зубчатых колес шевингование применяют до термической обработки, с тем чтобы в максимальной степени исключить ошибки механической обработки.

3.9. Шлифование зубьев зубчатых колес

Шлифование зубьев увеличивает точность незакаливаемых и в особенности закаливаемых зубчатых колес, которые деформируются во время термической обработки.

Шлифование зубьев с эвольвентным профилем производится: методом копирования при помощи фасонного круга с эвольвентным профилем; методом обката.

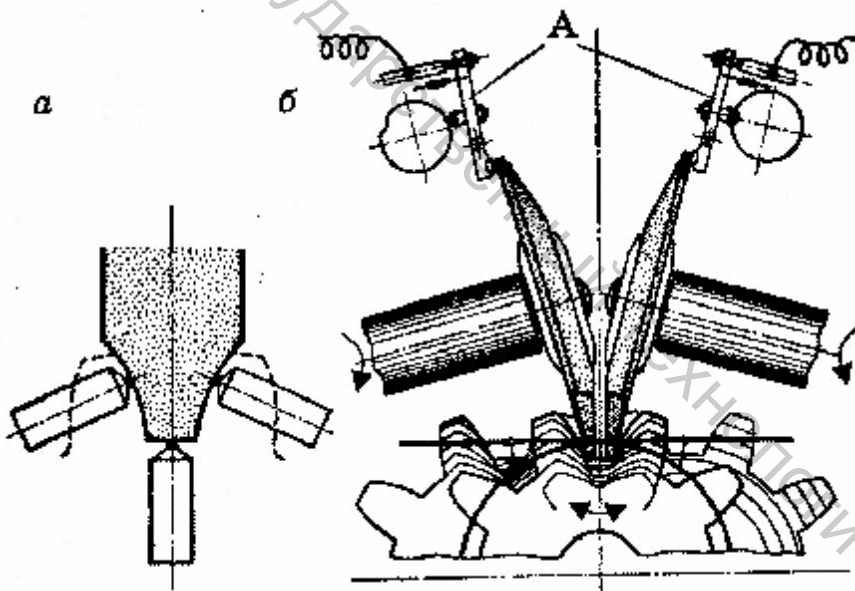


Рис. 3.141. Зубошлифование: а — заправка тремя алмазами профиля шлифовального круга, работающего методом копирования; б — обработка двумя тарельчатыми шлифовальными кругами методом обкатывания

Станки, работающие по методу копирования, производят шлифование кругом, профиль которого соответствует впадине зубьев, аналогично дисковой модульной фрезе. Круг заправляется особым копирующим механизмом при помощи трех алмазов (рис. 3.141, а).

Крут шлифует две стороны двух соседних зубьев. Для зубчатых колес с различными модулями и количеством зубьев надо иметь отдельные шаблоны

для заправки круга алмазами. Такие танки применяются в массовом и крупносерийном, а иногда и в среднесерийном производстве. При шлифовании зубьев по методу копирования в случае зубчатых колес с большим числом зубьев имеет место значительный износ шлифовального круга. При последовательном шлифовании зубьев накапливается погрешность из-за износа шлифовального круга. Для ее уменьшения рекомендуется поворачивать зубчатое колесо не на один зуб, а на несколько. Достигаемая этим методом точность находится в пределах 0,010-0,015 мм.

Станки, работающие по методу копирования, получили довольно широкое распространение благодаря значительно большей производительности по срав-

нению со станками, работающими по методу обкатки, однако эти станки дают меньшую точность.

Второй метод шлифования зубьев — метод обката — менее производителен, но дает большую точность (до 0,0025 мм), шлифование производится одним или двумя кругами.

Распространенный способ шлифования зубьев методом обкатки осуществляется на зубошлифовальных станках с двумя тарельчатыми кругами, расположенными один по отношению к другому под углом 30° и 40° и образующими как бы профиль расчетного зуба, по которому и происходит обкатка зубчатого колеса (рис. 3.141, б). В процессе работы шлифуемое зубчатое колесо перемещается в направлении, перпендикулярном своей оси, одновременно поворачиваясь вокруг этой оси.

Помимо этого, шлифуемое зубчатое колесо имеет возвратно-поступательное движение вдоль своей оси, что обеспечивает шлифование профиля зуба по всей его длине.

Для шлифования одного или набора из нескольких зубчатых колес заготовки закрепляются на оправке, которая, в свою очередь, крепится в центрах бабок, расположенных на столе станка. Стол имеет возвратно-поступательное движение на величину, равную суммарной ширине зубчатых колес, увеличенной на вход и выход шлифовального круга. Автоматический поворот зубчатого колеса на один зуб происходит после одно-, двукратного прохождения зубчатого колеса под шлифовальным кругом. Припуск на шлифование составляет 0,1–0,2 мм на толщину зуба и снимается за два или более ходов.

Тарельчатые круги шлифуют зубья узкой полоской в 2–3 мм, поэтому давление и нагрев незначительны, что повышает точность шлифования. Для предотвращения погрешностей, связанных с изнашиванием шлифовальных кругов, станки снабжаются специальными приспособлениями для их автоматической регулировки.

Станки для зубошлифования, работающие методом обкатки двумя тарельчатыми кругами, имеют устройство А (рис. 3.141, б), компенсирующее изнашивание кругов в процессе шлифования и в процессе правки их алмазом.

Такие устройства обеспечивают постоянство положения рабочей кромки круга при его износе. Постоянство положения рабочей кромки круга обеспечивается автоматическим перемещением шпинделя вместе с кругом вдоль оси на величину износа от шлифования и правки.

Шлифование зубьев двумя тарельчатыми кругами без продольной подачи осуществляется на специальных шлифовальных станках, на которых установлены тарельчатые круги большого диаметра (700–800 мм), шлифующие зуб по всей длине без возвратно-поступательного движения зубчатого колеса вдоль своей оси. При таком шлифовании основание впадины зуба колеса образуется не по прямой, а по дуге окружности с радиусом, равным радиусу шлифовального круга. На таких станках рекомендуется шлифовать узкие зубчатые колеса, т.е. имеющие зубья небольшой длины. Отсутствие продольной подачи, а следовательно, и потери времени на врезание кругов значительно повышают производительность этого метода по сравнению с предыдущим.

Применяется также шлифование зубьев методом обкатки одним дисковым кругом, представляющим как бы зуб рейки (рис. 3.142, а). Шлифуемое зубчатое колесо имеет обкаточное движение и продольную подачу вдоль зуба. После обработки одного зуба зубчатое колесо поворачивается для обработки следующего зуба.

Шлифование зубьев таким методом обычно происходит за два оборота зубчатого колеса. Окончательное шлифование производят при втором обороте с уменьшенной продольной подачей круга. Между предварительным и окончательным шлифованием круг автоматически правится. Простая форма круга и наличие движения обкатки позволяют получать довольно точные зубчатые колеса, но производительность такого зубошлифования невысока.

Получает также распространение производительный метод шлифования прямых и криволинейных зубьев цилиндрических зубчатых колес модулем до 7 мм и диаметром до 700 мм абразивным кругом, заправленным в виде червяка (рис. 3.142, в).

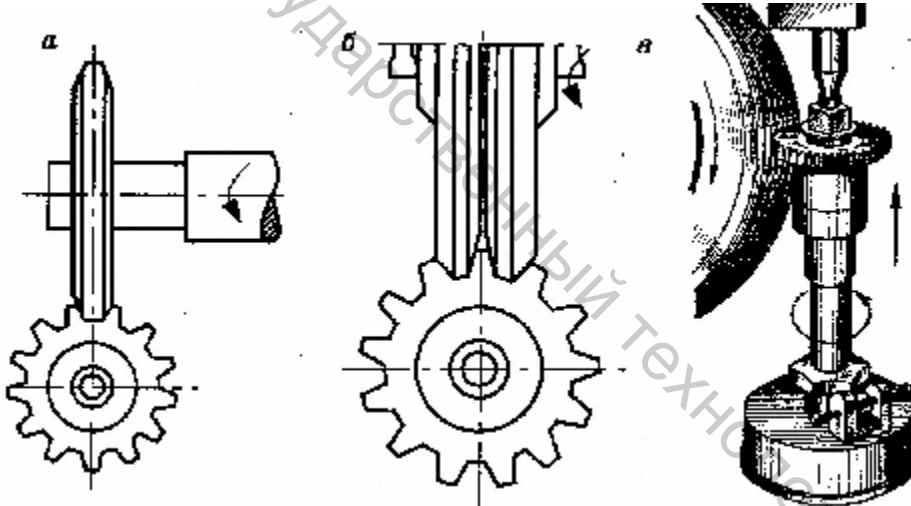


Рис. 3.142. Зубошлифование цилиндрического зубчатого колеса: а — одним абразивным кругом; б — двумя абразивными кругами; в — абразивным червячным кругом

Этим методом, осуществляемым на специальных станках, можно также пререзать зубья с модулем до 1 мм абразивным червячным кругом в сплошном металле. Правят червячный круг последовательно черновым и чистовым дисковыми многониточными накатниками.

Шлифование прямых зубьев конических зубчатых колес по методу обкатки двумя дисковыми абразивными кругами производится на новых станках, сконструированных на базе зубострогальных (рис. 3.143, а).

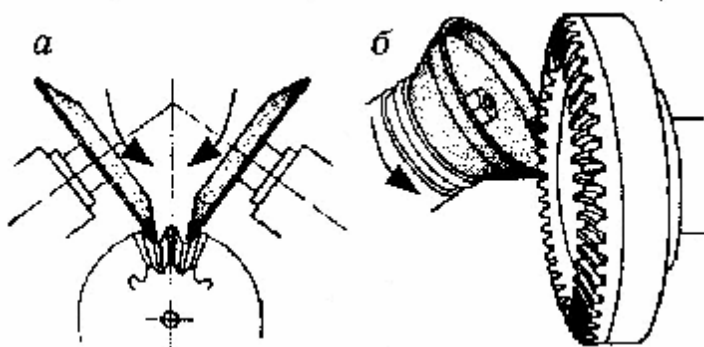


Рис. 3.143. Зубошлифование конического зубчатого колеса: а — с прямым зубом; б — с криволинейным зубом

Криволинейные зубья конических зубчатых колес шлифуются чашечным абразивным кругом (рис. 3.143, б). Сечение боковой стороны круга должно иметь профиль зуба рейки. Чашечный круг, вращаясь со скоростью 20–30 м/с, обкатывает рабочую поверхность профиля шлифуемого

зуба.

Зубошлифовальные станки снабжаются устройствами для подачи охлаждающей жидкости обычным способом или через шлифовальный круг, что предохраняет зубья шлифуемых колес от отпуска в процессе шлифования.

3.10. Обработка шпоночных канавок

Шпоночные канавки на валах и вообще в охватываемых деталях изготавливаются для призматических и сегментных шпонок.

Шпоночные канавки для призматических шпонок могут быть закрытыми с двух сторон (глухие), закрытыми с одной стороны и сквозными.

Шпоночными канавки изготавливаются различными способами в зависимости от конфигурации канавки и вала, а также применяемого инструмента и выполняются на горизонтально-фрезерных или на вертикально-фрезерных станках общего назначения или специальных.

Сквозные и закрытые с одной стороны шпоночные канавки изготавливаются фрезерованием дисковыми фрезами (рис. 3.144, *а*). Фрезерование канавки производится за один-два хода. Этот способ наиболее производителен и обеспечивает достаточную точность ширины канавки.

Применение этого способа ограничивает конфигурация канавок: закрытые канавки с закруглениями на концах не могут выполняться этим способом, они изготавливаются концевыми фрезами с продольной подачей за один или несколько ходов (рис. 3.144, *б*).

Фрезерование концевой фрезой за один рабочий ход производится таким образом, что сначала фреза при вертикальной подаче проходит на полную глубину канавки, а потом включается продольная подача, с которой шпоночная канавка фрезеруется на полную длину. При этом способе требуется мощный станок, прочное крепление фрезы и обильное охлаждение. То, что фреза работает в основном своей периферийной частью, диаметр которой после заточки несколько уменьшается, приводит к неточному размеру канавки по ширине в процессе обработки партии деталей.

Для получения по ширине точных канавок применяются специальные шпоночно-фрезерные станки с «маятниковой подачей», работающие концевыми фрезами. При этом способе фреза врежется на 0,1-0,3 мм и фрезерует канавку на всю длину, затем опять врежется на ту же глубину, как и в предыдущем случае, и фрезерует канавку опять на всю длину, но в другом направлении (рис. 3.144, *в*). Отсюда и происходит определение метода— «маятниковая подача».

Этот метод является наиболее рациональным для изготовления шпоночных канавок в серийном и массовом производстве, так как дает вполне точную канавку, обеспечивающую взаимозаменяемость в шпоночном соединении. Кроме того, поскольку фреза работает лобовой частью, она будет долговечнее, так как изнашивается не периферийная ее часть, а лобовая. Недостатком этого способа является значительно большая затрата времени на изготовление канавки по сравнению с фрезерованием за один ход и тем более с фрезерованием дисковой фрезой. Отсюда следуют выводы:

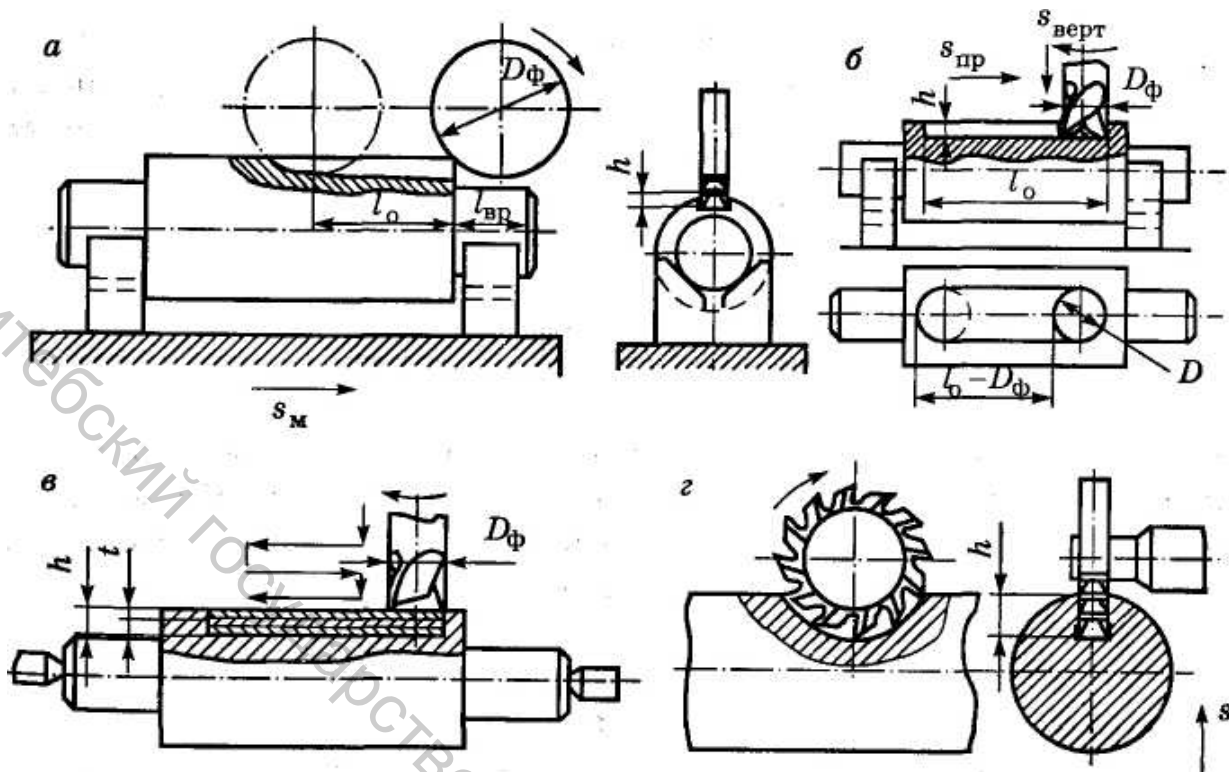


Рис. 3.144. Методы фрезерования шпоночных канавок валов: а– дисковой фрезой с продольной подачей; б– концевой фрезой с продольной подачей; в– концевой фрезой с маятниковой подачей; г– концевой дисковой фрезой с вертикальной подачей

1) метод маятниковой подачи надо применять при изготовлении канавок, требующих взаимозаменяемости;

2) фрезеровать канавки в один ход нужно в тех случаях, когда допускается пригонка шпонок по канавкам.

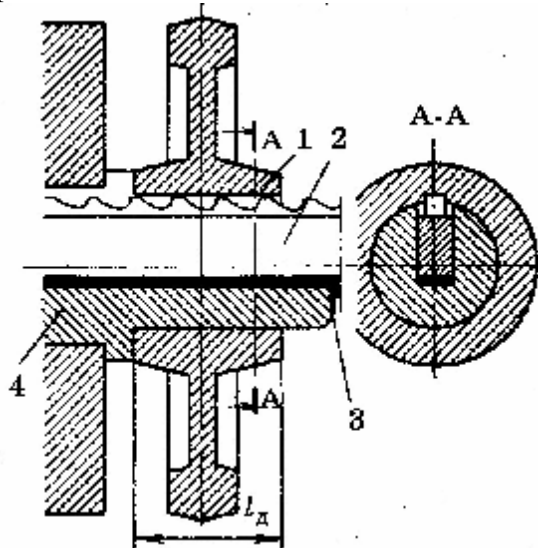


Рис. 3.145. Обработка шпоночной канавки в отверстии протягиванием

Сквозные шпоночные канавки валов при малой серийности производства можно обрабатывать на строгальных станках.

Шпоночные канавки под сегментные шпонки изготавливаются фрезерованием с помощью концевых дисковых фрез (рис. 3.144, г).

Шпоночные канавки в отверстиях втулок зубчатых колес, шкивов и других деталей, надевающихся на вал со шпонкой, обрабатываются в единичном и мелкосерийном производстве на долбежных станках, в крупносерийном и массовом — на протяжных станках. На рис. 3.145 показано протягивание шпоночной канавки в заготовке зубчатого колеса на горизонтально-протяжном станке. Заготовка 1 на-

саживается на направляющий палец 4, внутри которого имеется паз для направления протяжки. Когда канавка протягивается за 2-3 хода, а также для компенсации уменьшения высоты протяжки после переточек, то под протяжку помещают подкладку 3.

3.11. Обработка шлицевых поверхностей

В шлицевых соединениях сопряженные детали центрируются тремя способами:

- 1) центрированием охватывающей детали по наружному диаметру шлицевых выступов вала;
- 2) центрированием охватывающей детали по внутреннему диаметру шлицев вала (т.е. по дну впадин);
- 3) центрированием охватывающей детали по боковым сторонам шлицев.

Форма шлицев бывает прямоугольная, эвольвентная и треугольная.

Шлицевые соединения широко применяются в машиностроении для неподвижных и подвижных посадок.

Технологический процесс изготовления шлицев валов зависит от того, какой принят способ центрирования вала и втулки. Наиболее точным является способ центрирования по внутреннему диаметру шлицев вала, который применяется, например, в станкостроительной и реже в автомобильной промышленности. Центрирование по наружному диаметру шлицевых выступов вала встречается довольно часто, этот способ широко используется в тракторо- и автомобилестроении. Центрирование по боковым сторонам шлицев применяют сравнительно редко. В автомобильной промышленности этот способ применяется для передачи больших крутящих моментов при наименьшем боковом зазоре.

Шлицы на валах и других деталях изготавливаются различными способами к числу которых относятся: фрезерование с последующим шлифованием, шлиценакатывание, протягивание, строгание.

Наиболее распространенным способом изготовления шлицев является фрезерование.

Фрезерование шлицев. Шлицы валов небольших диаметров (до 100 мм) обычно фрезеруют за один рабочий ход, больших диаметров — за два. Черновое фрезерование шлицев, в особенности больших диаметров, иногда производится фрезами на горизонтально-фрезерных станках, имеющих делительные механизмы (рис. 3.146).

На рис. 3.146, а показано фрезерование одной канавки шлицев дисковой фасонной фрезой.

Фрезеровать шлицы можно способом, изображенным на рис. 3.146, б, позволяющим применять более дешевые фрезы, чем дисковые.

Более производительным способом является одновременное фрезерование двух шлицевых канавок двумя дисковыми фрезами специального профиля (рис. 3.146, в).

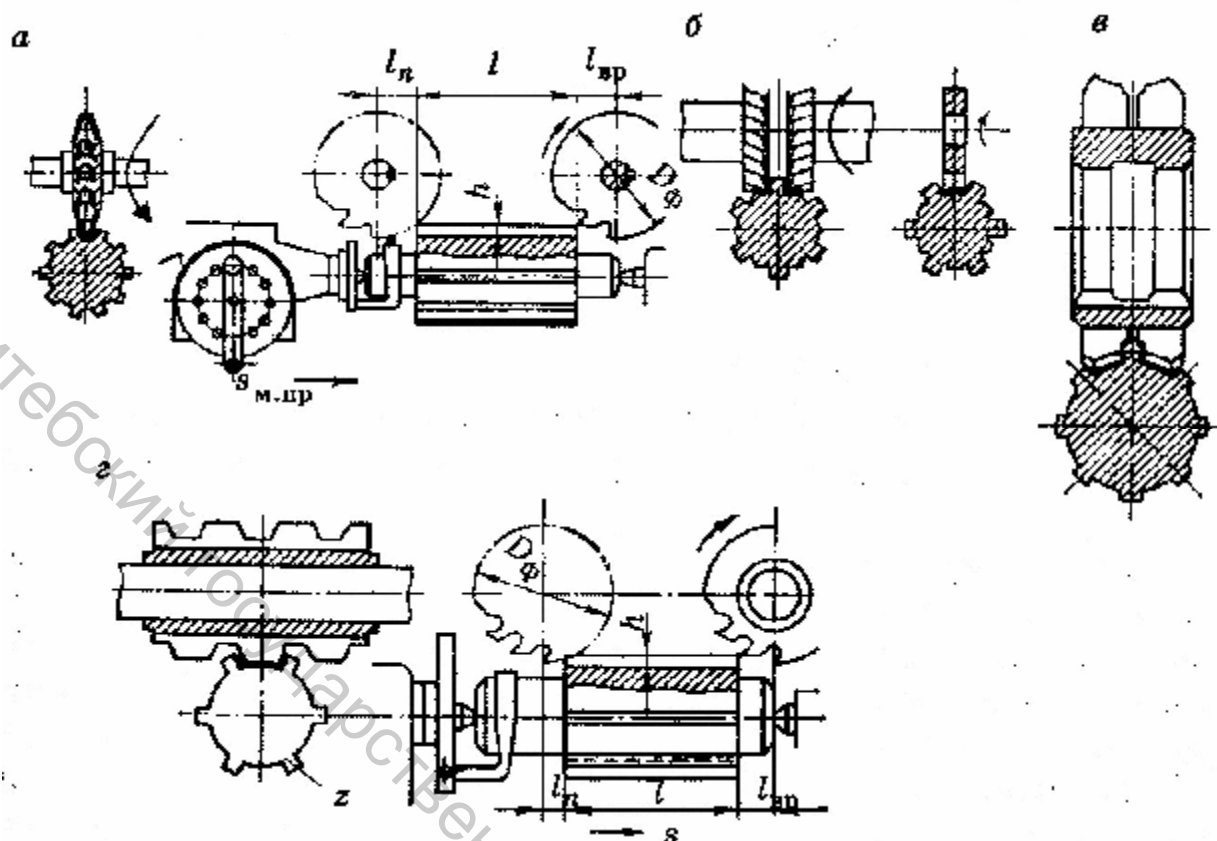


Рис. 3.146. Способы фрезерования шлицев валов: а— шлицевой дисковой фрезой; б— двумя фрезами; в— двумя дисковыми специальными фрезами; г— шлицевой червячной фрезой

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

Более точное фрезерование шлицев производится методом обката при помощи шлицевой червячной фрезы (рис. 3.146, г). Фреза помимо вращательного движения имеет продольное перемещение вдоль оси нарезаемого вала. Этот способ является наиболее точным и наиболее производительным.

При центрировании втулки 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.

Шлифование шлицев. 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.

При центрировании шлицевых валов по внутреннему диаметру шлицев фрезерование последних дает точность обработки по внутреннему диаметру до 0,05-0,06 мм, что не всегда является достаточным для точной посадки.

Если шлицевые валы после чернового фрезерования прошли термическую обработку в виде улучшения или закалки, то после этого они не могут быть профрезерованы начисто и их необходимо шлифовать по поверхностям впадин (т.е. по внутреннему диаметру) и боковым сторонам шлицев. Наиболее производителен способ шлифования фасонным кругом (рис. 3.147, 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. Несмотря на это, данный способ широко распространен в машиностроении.

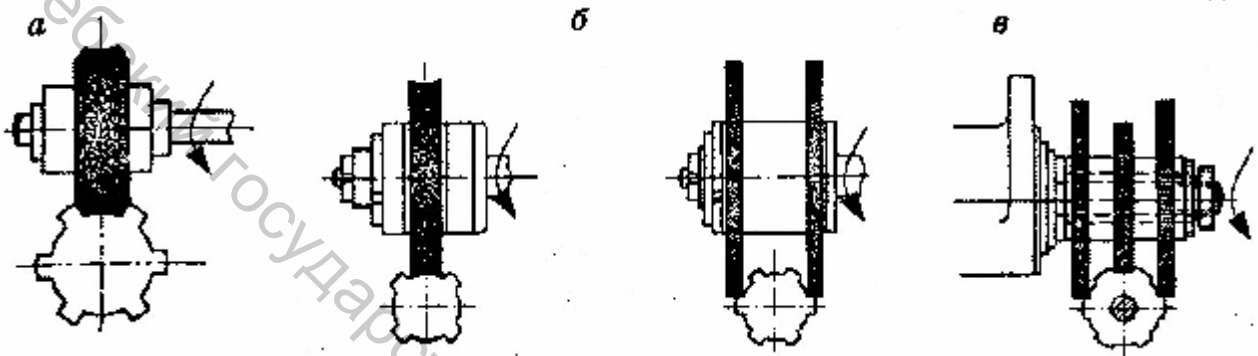


Рис. 3.147. Способы шлифования шлицев валов: а — фасонным кругом; б — две операции — одним и двумя кругами; в — тремя кругами

Шлифовать шлицы можно в две отдельные операции (рис. 3.147, 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. Обычно вал поворачивается автоматически после каждого двойного хода стола станка. Но такой способ шлифования менее производителен, чем первый.

Для объединения двух операций шлифования в одну применяются станки, на которых шлицы шлифуют одновременно тремя кругами; один шлифует впадину, а два других — боковые поверхности шлицев (рис. 3.147, в).

Обработка шлицевых отверстий. Обработка шлицевых поверхностей в отверстиях втулок, зубчатых колес и других деталей производится обычно протягиванием. Сначала отверстие и иногда торец обрабатываются предварительно, потом отверстие протягивается круглой, а затем шлицевой протяжкой — обычной или прогрессивной.

Шлицевые отверстия диаметром до 50 мм протягиваются обычно одной комбинированной протяжкой. Если втулка или зубчатое колесо подвергается термической обработке, то после этого на внутришлифовальном станке шлифуется цилиндрическая поверхность отверстия, которая сопрягается с дном впадины шлицев вала (при центрировании по внутреннему диаметру шлицев вала).

Протягивание винтовых шлицев в отверстиях (рис. 3.148) отличается от протягивания обычных отверстий тем, что в процессе работы движение режущих кромок зубьев протяжки должно осуществляться по винтовой линии, что достигается сочетанием поступательного и вращательного движений двумя

способами. Первый способ — оба движения сообщаются протяжке при неподвижной детали.

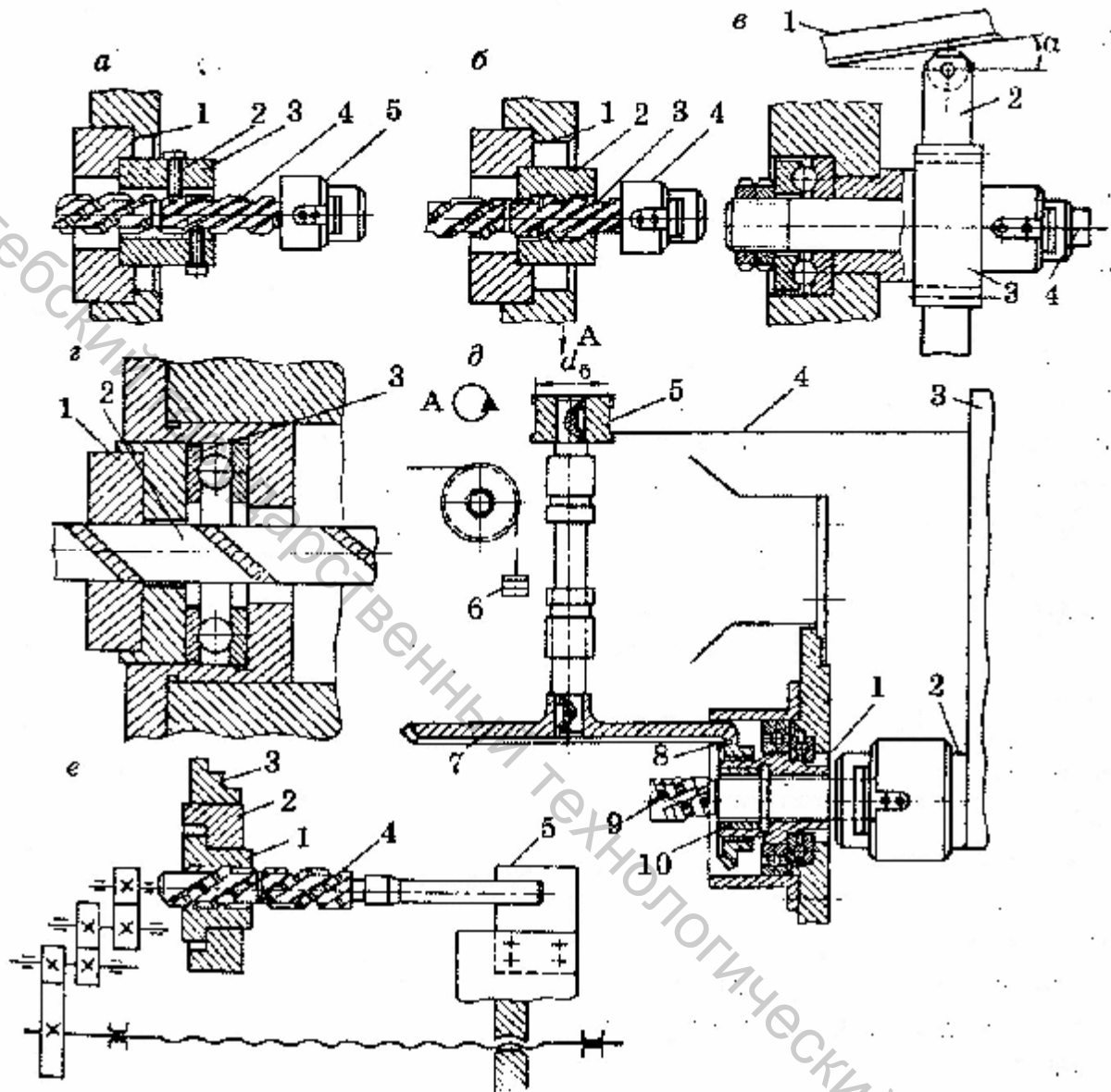


Рис. 3.148. Протягивание винтовых илицевых отверстий

Второй способ — поступательное движение сообщается протяжке, а вращательное — детали.

Вращательное движение протяжка может получить непосредственно путем самовращения от сил резания или принудительно специальным механизмом.

Самовращение протяжки применяется при небольших углах наклона на винтовой линии шлицев (до 10°) и невысоких требованиях к точности шага.

Как указано выше, принудительное вращение может быть сообщено или протяжке, или детали. Механизмы для вращения протяжки являются конструктивно более простыми, чем механизмы для вращения детали.

При небольших отверстиях вращение протяжки осуществляется двумя пальцами 2 (рис. 3.148, а), входящими в канавки протяжки 4. Пальцы размеща-

ются во втулке 3, которая закреплена в опорном кольце 1 приспособления. Протяжка 4 соединяется со шпинделем станка патроном 5. При отверстиях больших размеров ($d > 15$ мм) вращение протяжки происходит благодаря выступам в отверстиях специальной гайки 2 (рис. 3.148, б), которые входят в направляющие пазы протяжки 3. Гайка 2 закреплена в опорном кольце 1 приспособления. Протяжка 3 соединяется патроном 4 со шпинделем станка.

На рис. 3.148, в показана схема протягивания винтовых шлицев с помощью копирной линейки. В суппорте станка устанавливают рейку 2, сцепляемую с зубчатым колесом 3. Одним концом рейка 2 через ролик прижимается к копирной линейке 7, закрепленной на станине под углом α , определяемым по формуле где D — диаметр начальной окружности колеса 3; T — шаг протягиваемых винтовых шлицев.

Изменяя угол установки копирной линейки, можно протягивать винтовые шлицы с различными значениями шага T .

При продольном перемещении протяжки она одновременно будет вращаться с зубчатым колесом 3 от передвигающейся рейки 2. Простой способ протягивания внутренних винтовых шлицев основан на свободном вращении заготовки 1 (рис. 3.148, г) от самой протяжки 2 с винтовыми зубьями при ее поступательном движении. Свободное вращение заготовки от протяжки обеспечивается шариковой опорой 3.

На рис. 3.148, д показана схема устройства 1 для протягивания винтовых шлицев, когда протяжка 9 имеет только поступательное движение, а обрабатываемая деталь 10 — вращательное. Поступательно движущийся суппорт 2 станка через планку втянет за собой трос 4, накрученный на барабан 5 с грузом. Барабан, вращаясь, передает вращение коническим зубчатым колесам 7 и 8, а колесо 8 одновременно вращает закрепленную в нем деталь 10.

При отсутствии протяжного станка винтовые шлицы можно протягивать на токарно-винторезном станке, который настраивается для нарезания резьбы с шагом, равным шагу T протягиваемых шлицев (рис. 3.148, е). Протягиваемая деталь 1 закрепляется обычно в разрезной втулке 2 самоцентрирующим трехкулачковым патроном 3. Протяжка 4 закрепляется на суппорте 5 станка, перемещаемого ходовым винтом 6. Точность протягиваемых винтовых шлицев обеспечивается точностью станка.

4. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

4.1. Технология обработки валов

В конструкциях машин и механизмов основными деталями для передачи вращательного движения и крутящего момента являются валы. В процессе работы материал валов испытывает сложные деформации — кручение, изгиб, растяжение и сжатие. Поэтому, чтобы обеспечить нормальную работу деталей, передающих движение на вал, и сборочной единицы в целом, валы должны быть жесткими.

Валы очень разнообразны как по форме, так и по размерам, однако по технологическим признакам их можно привести к двум исходным формам: *гладкому* и *ступенчатому* валам.

Прямые гладкие валы постоянного диаметра имеют наиболее простую геометрическую форму, но их применение весьма ограничено. Наиболее распространены в машиностроении ступенчатые валы, основными технологическими параметрами которых являются: общая длина вала, количество ступеней, неравномерность их перепада по диаметрам, диаметр наибольшей ступени, наличие шлицев и их форма. Валы бывают цельные и полые.

К элементарным типовым поверхностям валов относятся поверхности вращения и плоскости (рис. 4.1). К поверхностям вращения относятся: 1) цилиндрические; 2) конические; 3) торцовые; 4) сферические; 5) торовые. Плоскими поверхностями являются лыски (рис. 4.1, е).

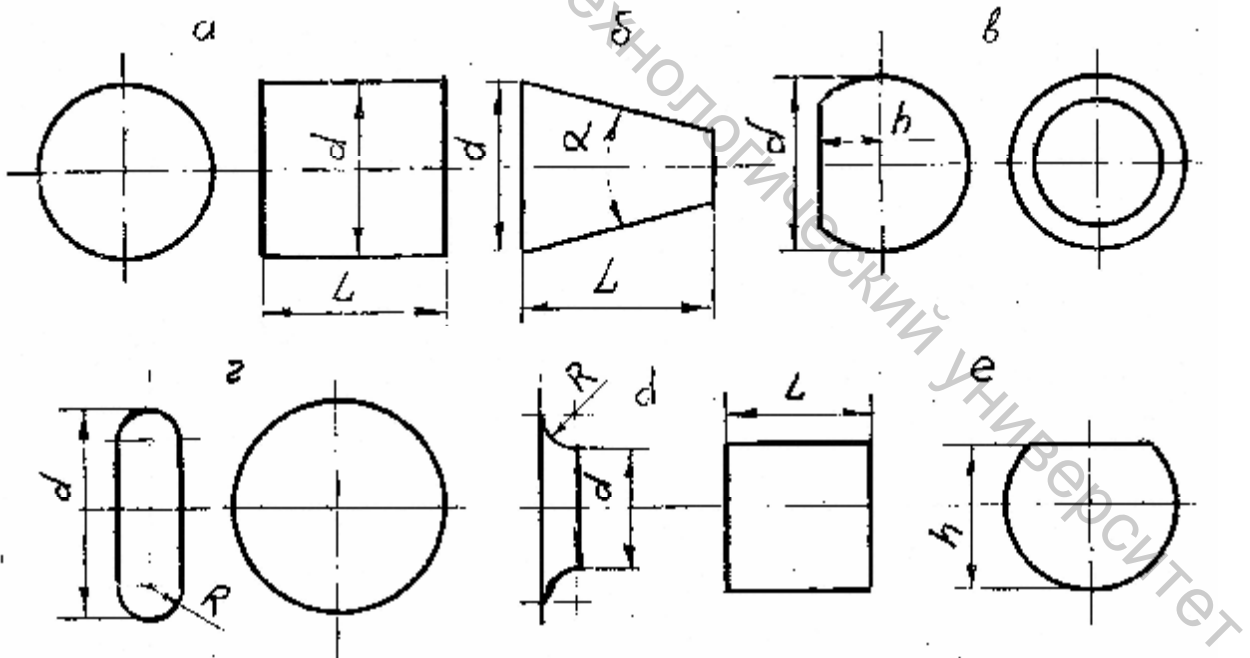


Рис. 4.1. Элементарные поверхности

Несколько элементарных поверхностей, выполняющих вместе элементарную функцию, образуют функциональный модуль нулевого уровня. К таким модулям относятся: 1) резьбы (рис. 4.2; метрические (а), трапецеидальные (б), упорные (в), модульные (г), прямоугольные (д)); 2) шлицевые (рис. 4.3; прямо-

угольные (а), эвольвентные (б), треугольные (в)); 3) зубчатые венцы (рис. 4.4; цилиндрические прямозубые (а), цилиндрические косозубые (б), конические прямозубые (в)); 4) канавки функциональные (рис. 4.5; кольцевые (а, б) и торцевые (в, г)); 5) технологические (рис. 4.6; фаски (а), канавки прямые (б, в), угловые (г, д)); 6) пазы (рис. 4.7; под призматические шпонки (а, б, в), сквозные (г), под сегментные шпонки (д)); 7) многогранники (рис. 4.8; симметричные лыски (а), квадрат (б), шестигранник (в)). Каждому функциональному модулю

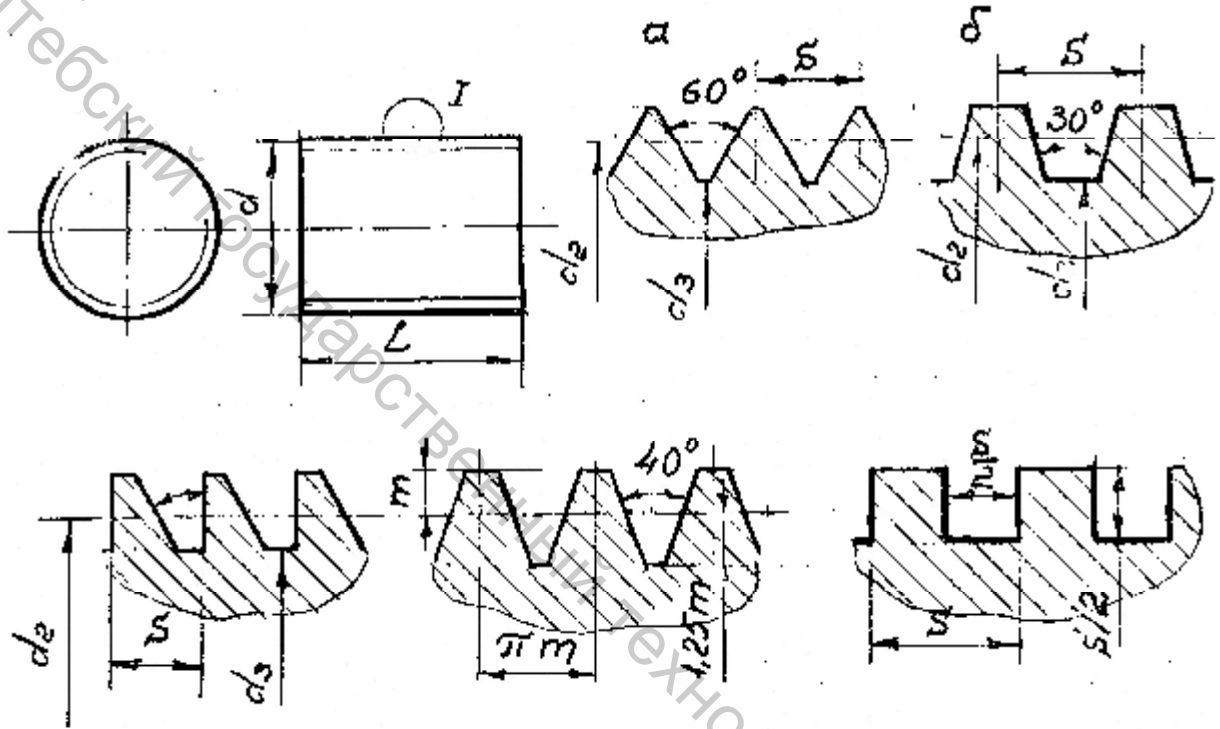


Рис. 4.2. Первый модуль нулевого уровня (резьба)

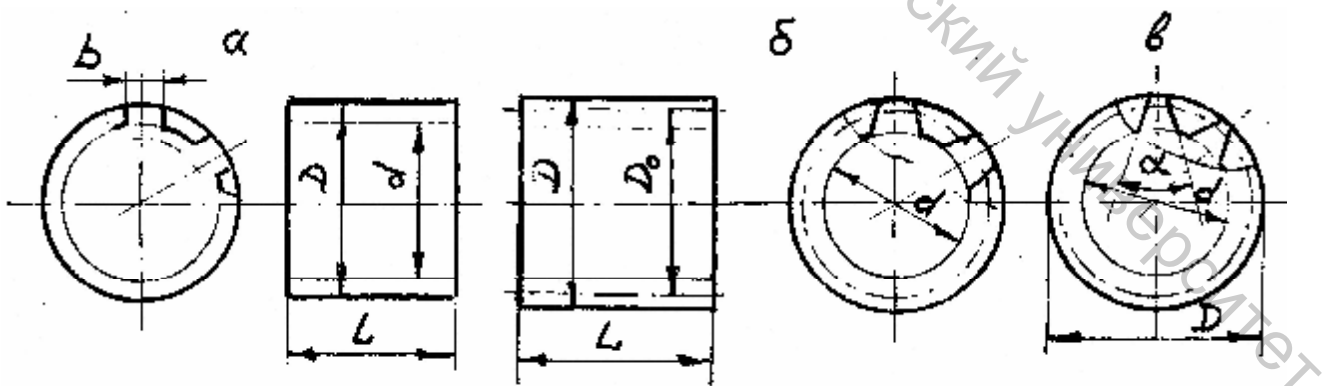


Рис. 4.3. Шлицевые поверхности

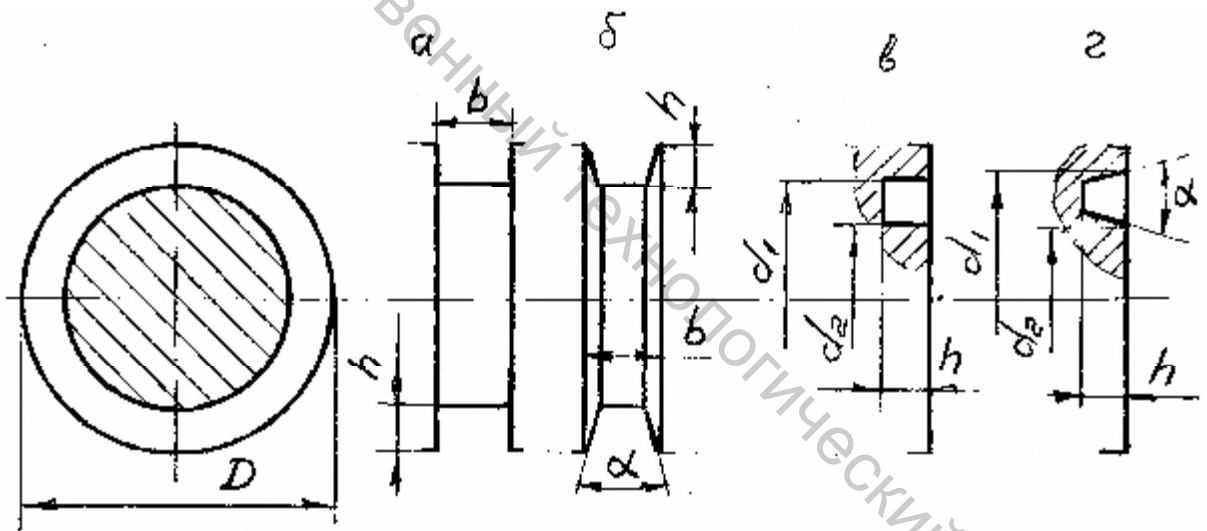


Рис. 4.5. Функциональные канавки

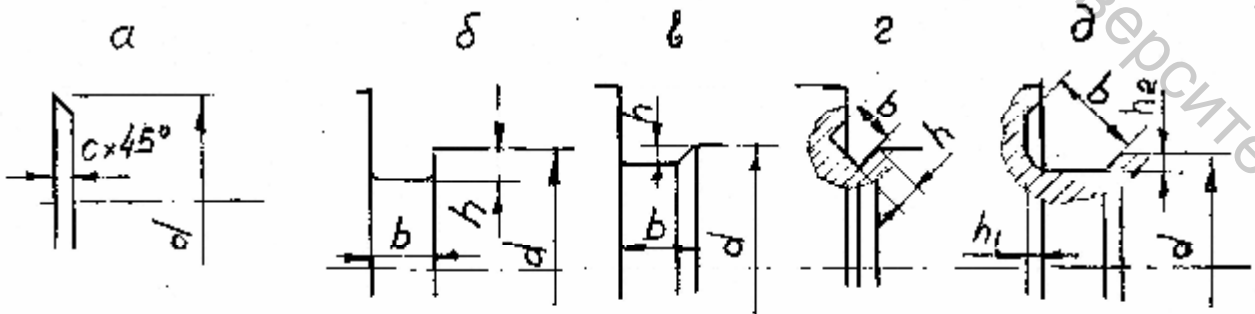


Рис. 4.6. Технологические функциональные модули нулевого уровня

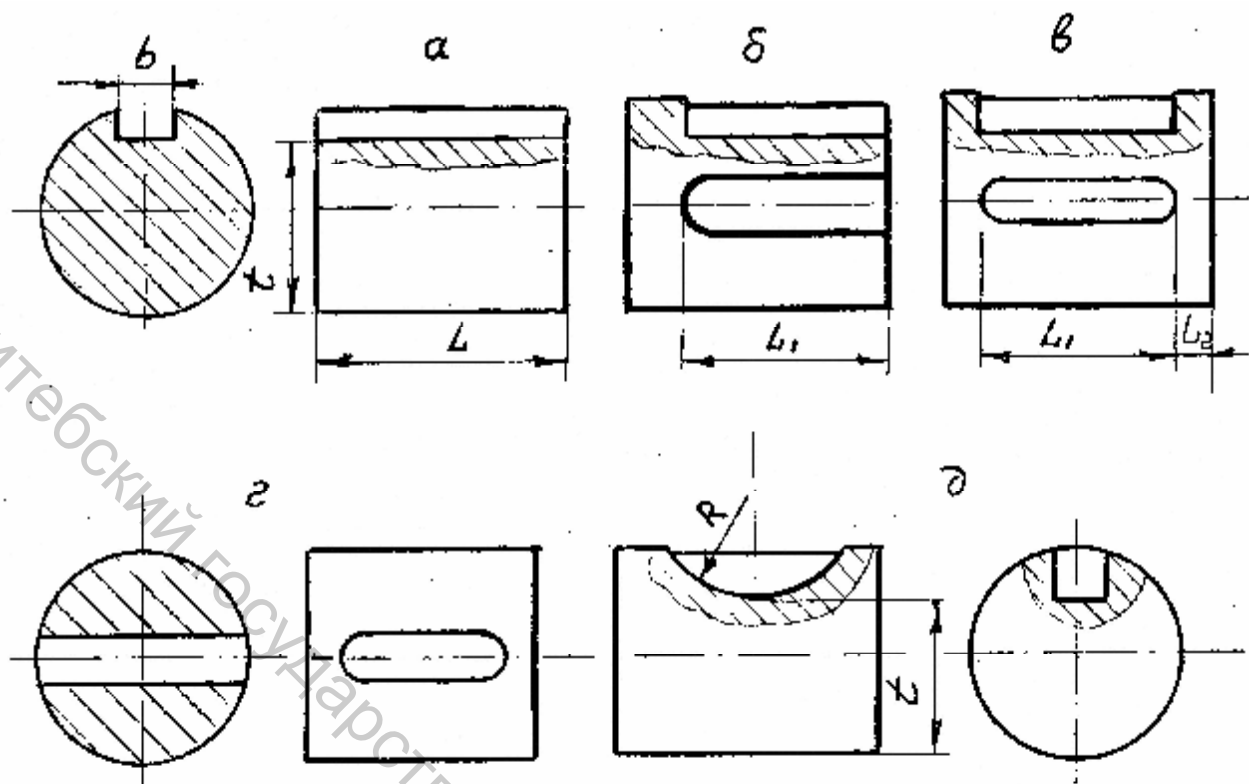


Рис. 4.7. Пазы

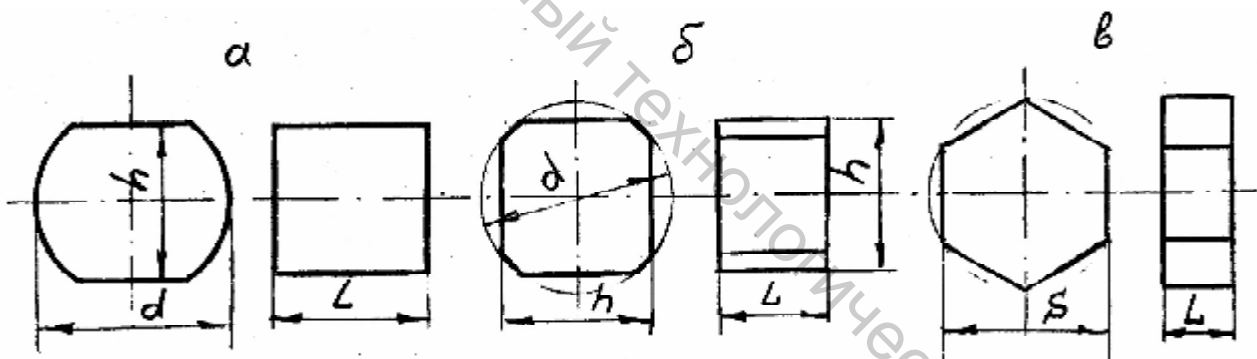


Рис. 4.8. Многогранники

нулевого уровня соответствует свой набор размерных характеристик. Они указаны на соответствующих рисунках.

Исходные заготовки ступенчатых валов получают либо путем отрезания от круглого проката, либо обработкой давлением первичных заготовок, также отрезанных от круглого проката. Способ изготовления заготовок зависит от типа производства, формы вала и его габаритов.

Валы изготавливают из сталей, обладающих высокой прочностью малой чувствительностью к концентрации напряжений, хорошей обрабатываемостью и способностью подвергаться термической обработке. Этим требованиям отвечают конструкционные стали марок 35, 40, 45, 40Г и 50Г.

Валы с небольшим числом ступеней и незначительными перепадами диаметров изготавливают из штучных заготовок, отрезанных от горячекатаного или холоднокатаного прутка, а имеющие более сложную конфигурацию и с большим числом ступеней или со ступенями, значительно отличающимися по диа-

метрам,— из заготовок, получаемых штамповкой, поперечным прокатом или ротационным обжатием.

В массовом и крупносерийном производстве валы изготавливают из штучных заготовок, обеспечивающих эффективное использование металла (коэффициент использования металла $K = 0,65 \dots 0,7$) и значительное сокращение трудоемкости механической обработки. Штучную заготовку из прутка заменяют штамповкой если K повышается не менее чем на 5%. Заготовка, полученная радиальным обжатием, наиболее близка по конфигурации и размерам к готовой детали, при этом $K=0,85 \dots 0,95$.

Шпиндели — разновидность вала, изготавливают из хромистых сталей марок 20Х, 40Х, хромоникелевых и других легированных сталей. Для шпинделей некоторых тяжелых станков применяют стальное литье или чугуны.

В качестве заготовок для шпинделей используют поковки, штамповки, а для шпинделей небольших размеров — прутковый материал.

Порядок обработки заготовки определяется типовой схемой обработки (табл. 4.1)

Правка, обдирка и разрезание прутков. Перед началом механической обработки прутковый материал и заготовки для валов с целью устранения искривления осей правят в холодном состоянии. Заготовки в виде поковок и штамповок при значительных их диаметре и длине правят в нагретом состоянии под молотами.

Прутки и заготовки для валов можно править на прессах. Перед правкой заготовки проверяют на призмах, определяя места, подлежащие правке. На этих призмах их, как правило, и правят.

При массовом производстве валов из прутков последние правят на специальных правильных станках.

Правильные станки имеют вращающийся барабан, в котором установлены, как правило, три пары роликов со скрещающимися осями и формой гиперболоида вращения. При проталкивании прутка между этими роликами происходит исправление его оси.

В зависимости от степени искривления оси прутка и требуемой прямолинейности поверхности прутки пропускают через барабан от 1 до 6 раз. Точность правки достигает 0,1–0,2 мм на 1 м длины прутка.

Для обдирки прутков в условиях значительной серийности производства применяют бесцентрово-обдирочные станки, на которых можно производить обдирку пруткового материала диаметром от 15 до 80 мм, длиной до 7 м.

На штучные заготовки прутки разрезают на приводных ножовках, дисковых, ленточных, фрикционных, электрофрикционных пилах на токарно-отрезных станках (с одним или двумя отрезными резцами), отрезных автоматах, станках, работающих тонким абразивным кругом (применяются обычно для разрезания закаленной стали).

Прутковый материал можно разрезать также на прессах и ножницами, что применяется, главным образом, в заготовительных отделениях кузнечных цехов.

Типовая схема обработки валов

№	Наименование этапа	Содержание этапа	IT	Ra	HRC
0	Заготовительный	Отрезание, обработка давлением, обработка торцев и центровых отверстий	20 15	20	16... 18
1	Предварительный токарный	Удаление напусков и части припусков	14	6,3	
2	Термический 1	Термическое улучшение, исправление технологических баз	15..12	6,3	28... 32
3	Чистовой токарный	Числовая токарная обработка с припуском под шлифование	10	2,5	
4	Подготовительный	Шлифование дополнительных технологических баз	8...9	1.25	
5	Сверлильно-расточной	Сверление и растачивание продольных соосных отверстий	9..11	>2.5	
6	Фрезерный	Обработка лысо, шпоночных пазов, шлицов, зубчатых венцов	8... 9	1,25... 2,5	
7	Резьбонарезной	Обработка резьб, соосных главной оси вала	10..12	2,5... 6,3	
8	Сверлильный	Обработка мелких отверстий, параллельных или перпендикулярных главной оси вала	10..12	2,5... 6,3	
9	Термический 2	Закалка и отпуск; (цементация, закалка и отпуск); исправление технологических баз	13..10	1,25	45... 54
10	Отделочный пов. вращения	Обработка шеек и их торцов резанием, шлифованием и ППД	6...8	0,4-1,25	
11	Отделочный зубчатых	Отделка зубчатых венцов и шлицев	6...8	0,4... 1.25	
12	Отделочный резьб	Калибрование или шлифование резьбы	6 ..8	0,4... 1.25	
13	Отделочный внутренний	Внутреннее шлифование от шеек	6...8	0,4... 1,25	
14	Доводочный	Доводка или суперфиниширование шеек вала	5...6	0,04. 0,2	

Помимо указанных способов механического разрезания материала применяется также газовое (автогенное), анодномеханическое, электроискровое и ультразвуковое разрезание.

Фрикционной (или беззубой) пилой называется тонкий диск, приводимый во вращение электродвигателем со скоростью до 100-140 м/сек. Сочетание продольной подачи и вращения диска приводит к возникновению трения и нагрева частиц металла в прорезе до температуры, при которой начинается плавление. Расплавленный металл удаляется из прореза самим же диском, который охлаждается воздухом и водой. Для увеличения трения поверхность круга снабжают частой насечкой, что несколько увеличивает ширину пропила. Подача диска бывает ручная и механическая. Фрикционные пилы разрезают материал очень быстро, но требуют для привода электродвигатель большой мощности. Фрикционными пилами можно разрезать закаленные стальные детали, не поддающиеся разрезанию обыкновенными пилами.

Отрезные станки служат для разрезания по длине круглых и шестигранных прутков, а также труб. У этих станков на прочной станине расположена передняя бабка с пустотелым шпинделем, по обоим концам которого размещены самоцентрирующие зажимные патроны. Достоинством этих станков является большая производительность, простота и невысокая себестоимость самого станка и инструмента (резцов). Недостатком отрезных станков является широкий прорез (3-5 мм), что приводит к большой потере материала.

Разрезание на других станках. Кроме указанных выше способов прутки, трубы и заготовки (штамповки, поковки, отливки) можно разрезать на обычных токарных, горизонтально-фрезерных и строгальных станках. Все эти способы менее производительны и применяются не в специализированных заготовительных цехах и отделениях, а в небольших механических цехах. Разрезание на горизонтально-фрезерных станках отрезными фрезами применяется несколько чаще. В отдельных случаях разрезание прутков, труб и других профилей производится новыми методами: анодно-механическим, электроискровым, ультразвуковым, электролитическим, электронно-лучевым, с помощью лазера, взрыва и плазменной струей.

Центрование. Центровые отверстия в деталях типа валов являются базой для ряда операций: обтачивания, нарезания резьбы, шлифования, нарезания шлицев и др., а также для правки и проверки изготавливаемых деталей. Центровые отверстия в таких режущих инструментах, как зенкеры, развертки, метчики и т.д. нужны не только для обработки, но и для проверки заточки и переточки их во время эксплуатации.

При ремонтных работах сохранившимися центровыми отверстиями пользуются как базами для обтачивания изношенных или поврежденных шеек валов, для правки, шлифования, контроля и при других операциях.

Ввиду такого важного значения центровых отверстий они должны быть правильно засверлены и иметь достаточные размеры, их конусность должна точно совпадать с конусностью центра станка. При несоблюдении этих требований центровые отверстия быстро теряют форму, размеры и повреждают центры станка.

На практике чаще всего применяют центры у станков, а значит, и центровые отверстия у заготовок (деталей) с углом конуса 60° . Иногда при обработке крупных, тяжелых деталей этот угол увеличивают до $75-90^\circ$. Центр станка дол-

жен соприкасаться с центровым отверстием заготовки (детали) лишь по поверхности конуса. В центровом отверстии вершина центра не должна упираться в заготовку. Поэтому центровые отверстия (рис. 4.9) всегда имеют цилиндрическую часть малого диаметра d и коническую поверхность с наибольшим диаметром d_1 и углом конуса 60° (форма А). Во многих случаях центровое отверстие имеет еще вторую коническую поверхность с большим диаметром d_2 и углом при вершине конуса 120° (форма В), которая делается для избежания появления на торцах вала заусенцев при небольшом износе центровых отверстий, для предохранения их при случайном повреждении торцов вала или, наконец, дает возможность подрезать эти торцы без уменьшения опорной поверхности центровых отверстий. В крупных деталях, обработка которых производится на разных участках цеха или в разных цехах, с промежуточным транспортированием для предохранения базовых поверхностей в центровом гнезде предусматривается удлиненная цилиндрическая часть, в которой нарезается резьба (рис. 4.9, формы F и H).

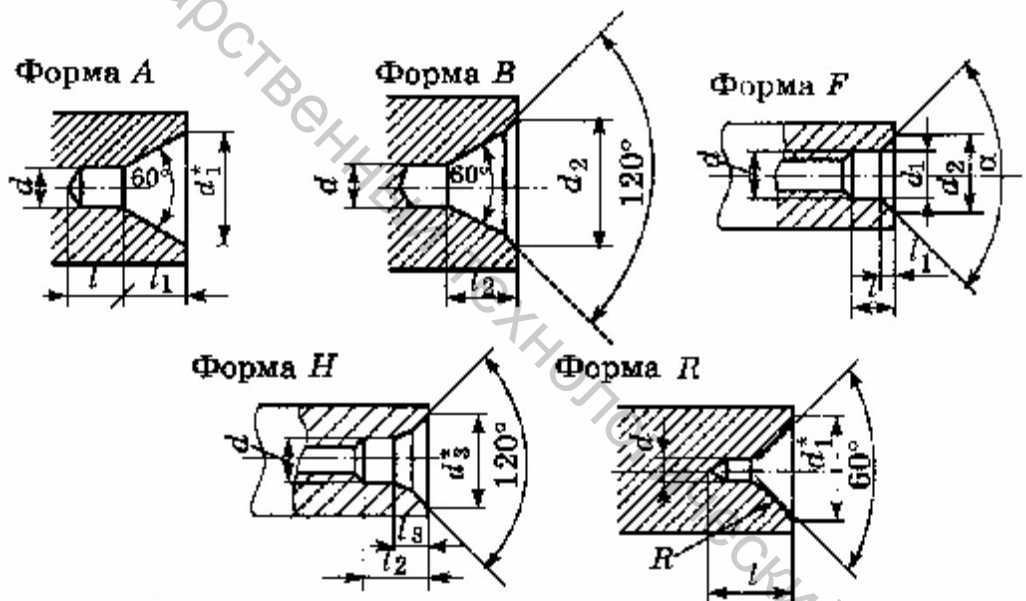


Рис. 4.9. Центровые отверстия

При транспортировке в это отверстие вворачивается резьбовая пробка. Эта пробка может служить для подвешивания детали при необходимости ее закалки в вертикальном

С целью самоустановки заготовки по оси центров станка предусматривают сферическую форму центрового гнезда детали (рис. 4.9, тип R).

Центрование заготовок производится на вертикально- и горизонтально-сверлильных, токарных и револьверных станках, а в серийном и массовом производствах — на специальных одно- или двусторонних центровочных станках, а также на фрезерно- центровальных станках. На горизонтально-сверлильных станках производят центрование крупных заготовок.

Центрование заготовок производят двумя инструментами: спиральным сверлом, которым сверлится цилиндрическое отверстие малого диаметра, и зенковкой, которая образует коническую поверхность (рис. 4.10, а).

Центрование заготовок часто производится специальными комбинированными центровочными сверлами (рис. 4.10, б, в), которые производят сверление и зенкование; двусторонние центровочные станки центруют оба конца вала одновременно.

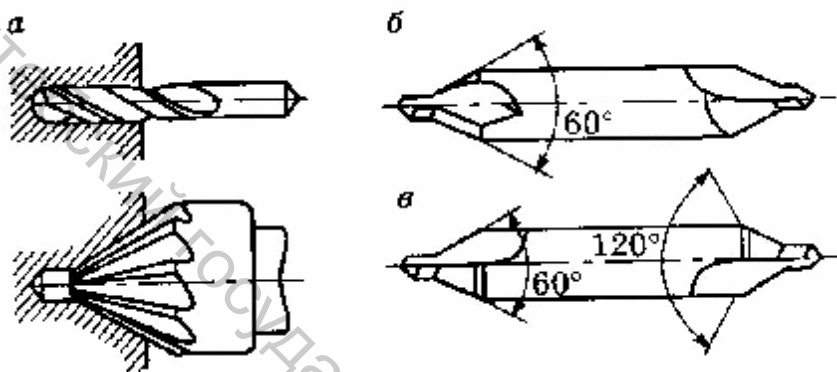


Рис. 4.10. Центрование и центровочные сверла

На фрезерно-центровальных станках (рис. 4.11, а) у заготовки сначала фрезеруют торцовые поверхности одновременно с обоих концов, после чего комбинированными центровочными сверлами сверлят отверстия.

В промышленности находит применение метод обработки торцов и центрование заготовок с помощью одного или двух широких твердосплавных резцов, установленных вместе со стандартным комбинированным центровочным сверлом в специальной инструментальной головке, чертеж которой приведен на рис. 4.11, б.

Расположение центровочного сверла относительно резцов регулируется с помощью винта 2 через латунную пробку 3. Винт 4 препятствует повороту пробки при регулировании вылета сверла 9.

Вместо фасочного резца 6 в головке может быть установлен резец для обтачивания поводкового конца заготовки, что обеспечивает высокую степень concentричности этой поверхности с центровым отверстием и позволяет последующее обтачивание заготовки осуществлять с одной установки без ее поворота.

Благодаря тому, что подрезной резец оснащен пластинкой твердого сплава, а центровочное сверло изготовлено из быстрорежущей стали, инструменты работают приблизительно с оптимальными скоростями резания для обоих материалов при одной частоте вращения головки, несмотря на разницу в диаметрах обработки.

Применение такой головки для одновременного подрезания торца и сверления центрового отверстия значительно упрощает обработку.

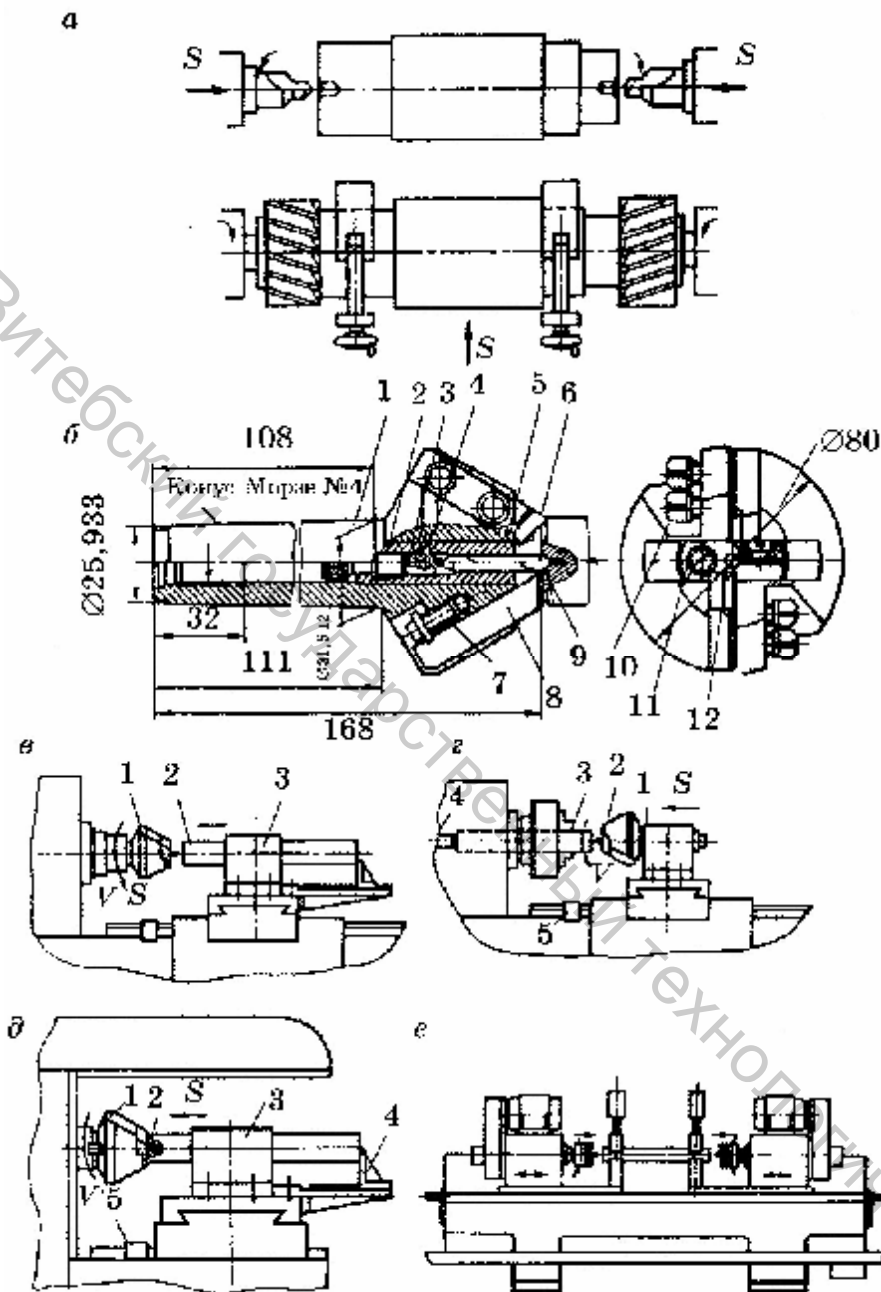


Рис. 4.11. Схемы центровки:

а — обработка на фрезерно-центровочном станке;
 б — конструкция инструментальной головки для подрезки торца и центровки заготовки диаметром до 30 мм; в — подрезка торца и центровка заготовки на токарном станке с вращающейся инструментальной головкой; г — подрезка торца и центровка заготовки на токарном станке с невращающейся головкой; д — подрезка торца и центровка заготовки на горизонтально-фрезерном станке; е — подрезка торцов и центрирование заготовки на специальном полуавтомате

нять и на горизонтально-фрезерном станке (рис. 4.11, д).

При работе на токарном станке (рис. 4.11, в) инструментальная головка 1 устанавливается в шпиндель станка. Заготовка 2 крепится в зажимном самоцентрирующем приспособлении 3 ручного или пневматического действия, смонтированном на каретке суппорта, и получает поступательное движение подачи до упора 5. Для установки заготовки по длине используется регулируемый упор 4.

Возможен другой вариант обработки на токарном станке (рис. 4.11, г). В этом случае заготовка 3 устанавливается в отверстие шпинделя до упора 4 и зажимается в самоцентрирующем патроне. Инструментальная головка 2 крепится с помощью специальной державки в резцедержателе 1 станка. По такой же схеме может быть осуществлена работа на револьверном станке при установке инструментальной головки в гнездо револьверной головки. Можно эту работу выпол-

Во всех трех схемах обрабатывается сначала первый торец, затем после переустановки заготовки — второй. Наилучшим вариантом с точки зрения получения высокой точности и производительности является обработка на специальном двустороннем станке (рис. 4.11, *е*) агрегатного типа несложной конструкции. По сравнению со станком фрезерно-центровальным (рис. 4.11, *а*) этот станок вместо четырех шпинделей имеет всего два и для заготовки не требуется горизонтальной подачи.

При обработке ступенчатых валов в подавляющем большинстве случаев используется комплект проектных технологических баз: двойная направляющая, опорная и опорная и следующие варианты его реализации: 1) установка на центрах; 2) установка на центрах и неподвижном люнете; 3) установка на центрах и на подвижном люнете; 4) установка в патроне и на центре задней бабки; 5) установка в патроне, неподвижном люнете и на центре задней бабки; 6) установка в патроне, подвижном люнете и на центре задней бабки; 7) установка в патроне и люнете. При установке в центре технологической базой является стандартное центровое отверстие или центровая фаска (если в вале предварительно образовано осевое отверстие). При установке в патроне технологической базой является цилиндрическая шейка вала. Во всех случаях установки, кроме последнего, люнет не ориентирует, а только повышает жесткость заготовки. А в последнем варианте установки технологическими базами являются шейки вала.

Обработка компонентов ступенчатых валов. Все переходы, необходимые для обработки ступенчатых валов, можно разбить на следующие группы: 1) токарные; 2) сверлильные; 3) фрезерные; 4) шлифовальные; 5) отделочно-абразивные; 6) отделочные без снятия стружки (ППД); 7) резьбо-обрабатывающие; 8) зубо-обрабатывающие; 9) шлице-обрабатывающие; 10) контрольные и 11) прочие. К последним относят переходы механической обработки, выполняемые на этапе изготовления заготовки ступенчатого вала, и переходы термической обработки.

Переходы точения являются в некотором роде «универсальными», так как позволяют обработать все соосные компоненты ступенчатого вала, которые ограничены поверхностями вращения (элементарные поверхности вращения и такие функциональные модули нулевого уровня, как функциональные канавки и технологические модули). Кроме того, переходы точения используют для начала обработки всех остальных функциональных модулей нулевого уровня, рабочие поверхности которых получают методом «отсечения» из цилиндра или конуса. Другие переходы являются «специализированными», так как позволяют обработать более узкий ассортимент поверхностей (функциональных модулей).

На выбор перехода влияет не только форма подлежащего обработке компонента ступенчатого вала, но и показатели его качества (калитет точности, показатель шероховатости и твердость). С этой точки зрения переходы делятся на следующие уровни качества: 1) однократный; 2) предварительный; 3) чистовой и 4) отделочный.

Обработка компонентов ступенчатых валов, ограниченных поверхностями вращения. Для обработки наружных компонентов, ограниченных соосными

поверхностями вращения, в зависимости от формы компонента и требований к показателям его качества используются токарные, шлифовальные, отделочно-абразивные и ППД переходы. В зависимости от формы компонента и его границы, а также от типа станка для обтачивания выбирается тип резца (см. раздел обработки цилиндрических поверхностей).

В единичном производстве каждый компонент ступенчатого вала часто обтачивается отдельным переходом. В серийном производстве на станках с ЧПУ применяют последовательную концентрацию переходов. При обработке вала на токарно-копировальном полуавтомате (модели 1712 или 1722) обычно продольное обтачивание контура совмещается с поперечным обтачиванием канавок. Еще большая концентрация переходов применяется на многорезцовых токарных полуавтоматах и на многошпиндельных полуавтоматах непрерывного действия, используемых в массовом производстве.

Обработка внутреннего контура обычно начинается с глубокого сверления, которое осуществляется на специализированном токарно-сверлильном или модернизированном токарном станке, оснащённом устройством для подачи СОЖ в зону резания под большим давлением, устройствами для транспортирования стружки из зоны резания и очистки СОЖ.

Для глубокого сверления применяют одно- или многокромочные сверла с внутренним либо наружным отводом стружки. Наиболее распространённым является внутренний отвод стружки через отверстие в сверле, как обеспечивающий более высокое качество просверленного отверстия. Но такие сверла из конструктивных соображений изготавливаются, как правило, диаметром более 35 мм. Самыми простыми и распространёнными являются однокромочные (пушечные, ружейные и эжекторные) сверла (см. раздел сверление). Недостатком таких сверл является повышенное давление на направляющие и, как следствие, их повышенный износ. Поэтому при обработке отверстий диаметром более 50 мм лучше применять многокромочные (двух- или трехкромочные) сверла. Дальнейшее формирование внутреннего контура осуществляется растачиванием.

В зависимости от требований к качеству поверхности и твердости компонентов наружного контура ступенчатого вала его дальнейшая обработка осуществляется либо чистовым и затем тонким обтачиванием ($HRC < 32$), либо круглым наружным шлифованием.

Если требования к точности размеров и формы ниже требования к показателю шероховатости, то для окончательной обработки компонентов наружного контура ступенчатого вала используют эластичное шлифование (полирование). В крупносерийном производстве для обеспечения высоких требований к точности размеров и формы, а также к качеству поверхности и подповерхностного слоя (отсутствие прижогов и наличие остаточных сжимающих напряжений) в качестве окончательного метода обработки применяется суперфиниширование и магнитоабразивная обработка (см. соответствующие разделы пособия).

Для снижения параметра шероховатости до $Ra = 0,04 \dots 0,16$ мкм и упрочнения подповерхностного слоя незакаленных ($HRC < 20 \dots 32$) поверхностей ступенчатого вала используют обработку поверхностным пластическим деформи-

рованием (ППД). Методы и режимы ППД (см. соответствующие разделы пособия).

В зависимости от требований к качеству поверхности и твердости компонентов внутреннего контура ступенчатого вала его дальнейшая обработка осуществляется либо чистовым и затем тонким растачиванием ($HRC < 32$), либо чистовым растачиванием зенкерованием и развертыванием (при той же твердости), либо круглым внутренним шлифованием. Необходимо только помнить, что зенкерование и развертывание не исправляют имеющегося биения обработанной поверхности относительно технологической базы.

Обработка резьбы. Формообразование резьбы осуществляют резанием (резьботочением, резьбофрезерованием, нарезанием с самозатягиванием и резьбошлифованием) или пластическим деформированием (накатыванием с поперечной подачей винтовыми роликами или с самозатягиванием кольцевыми роликами) (см. соответствующие разделы пособия).

Обработка зубчатых венцов. Из всех методов формообразования и отделки зубьев цилиндрических и конических венцов обычно используют:

1) зубофрезерование червячной фрезой с осевой или радиально-осевой подачей (цилиндрические венцы), 2) зубострогание (конические прямозубые венцы), 3) шевингование и 4) шлифование.

Цилиндрические зубчатые венцы с модулем выше 4 мм фрезеруются за два прохода (перехода) с одной установки заготовки. На чистовой переход оставляется припуск 0,5...1 мм. В процессе зубофрезерования на торцах зубьев образуются острые кромки и заусенцы, которые ухудшают качество зацепления. Поэтому после зубофрезерования необходимо снимать фаски и удалять заусенцы. Для этого применяют различные методы, из которых для ступенчатых валов рекомендуют фрезерование и шлифование. Фрезерование можно проводить на станках для зубозакругления пальцевой или чашечной фрезами. Шлифование фасок осуществляется на специальном станке.

Зубошевингование дисковым шевером является наиболее распространенным и экономичным методом чистовой обработки незакаленных ($HRC < 32$) зубьев цилиндрических венцов.

Более высокая степень точности может быть достигнута шлифованием. Этот метод может не только устранить погрешности зубофрезерования, но и неизбежные деформации при закалке. Самым высокопроизводительным является зубошлифование червячным шлифовальным кругом на станках модели 5В833 (достигается 6...5-я степень точности).

Обработка шлицевых модулей. Наиболее распространенными способами формообразования шлицев являются: 1) фрезерование последовательно по одной впадине шлицевой фрезой; 2) фрезерование последовательно двух впадин фасонными фрезами; 3) чистовое фрезерование двух боковых сторон шлицев фасонной фрезой или набором двусторонних дисковых фрез; 4) фрезерование шлицевой червячной фрезой методом обкатки. Все методы кроме последнего можно реализовать на горизонтальнофрезерном станке, снабженном делительным устройством. Последний метод реализуется на шлицефрезерном или зубофрезерном станке и обеспечивает наибольшую точность и производительность.

Высокопроизводительным методом формообразования эвольвентных шлицев с модулем не больше 2,5 мм в крупносерийном и массовом производстве является накатывание.

Накатыванию подвергают заготовки с твердостью не более HRC18, разбросом твердости не более 1...1,5 единиц HRC и полным относительным удлинением больше 9%.

Шпоночные канавки в зависимости от их конфигурации обрабатывают

различными способами (инструментами) на вертикальнофрезерном и горизонтальнофрезерном станках общего назначения или на специализированном шпоночнофрезерном станке. Открытые шпоночные пазы рекомендуется обрабатывать дисковой трехсторонней фрезой, ширина которой равна ширине шпоночного паза, так как этот метод обеспечивает производительность, большую чем обработка концевой фрезой, и достаточную точность ширины шпоночного паза. Биение фрезы при установке

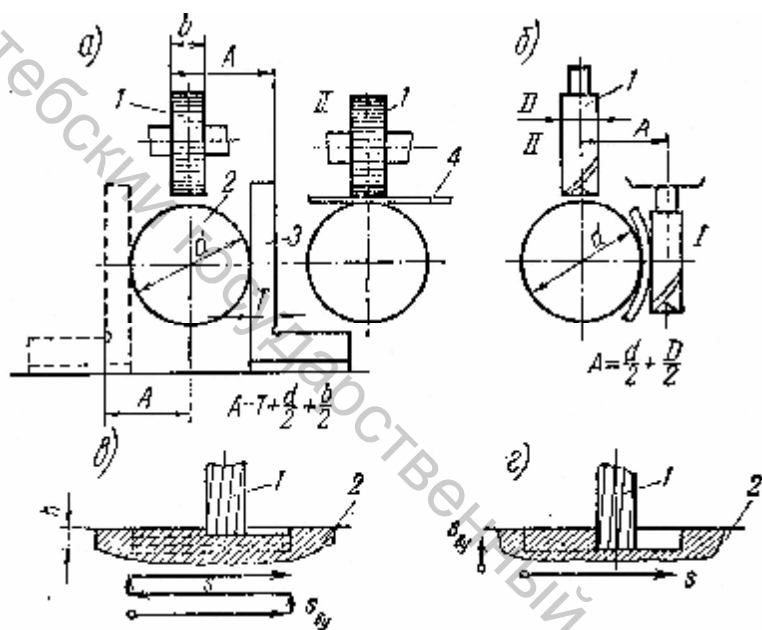


Рис. 4.12. Схемы установки заготовки относительно фрезы

ке не должно превышать 0,05 мм.

Для проверки правильности взаимного расположения заготовки и фрезы используют проверочный угольник 3 (рис. 4.12, а). Если размер А, измеренный с обеих сторон заготовки будет одинаков, то шпоночный паз не будет смещен по отношению к плоскости симметрии. Для установки на глубину паза стол поднимают предварительно до касания фрезы и заготовки (через полоску папиросной бумаги), а затем по лимбу устанавливают требуемую глубину паза.

Для фрезерования полуоткрытой шпоночной канавки обычно используют концевую фрезу, диаметр которой равен ширине канавки. Фрезерование обычно осуществляют за 2...3 прохода. Для фрезерования за один проход требуется мощный станок, прочное крепление фрезы и обильное охлаждение. Так как фреза при этом работает в основном периферией, диаметр которой при переточках несколько уменьшается, то в зависимости от числа переточек возникает определенная погрешность ширины паза. Следовательно, перед сборкой требуется пригонка шпонки. Схема установки концевой фрезы относительно заготовки показана на рис. 4.12, б.

Для фрезерования закрытых шпоночных канавок используют специализированные шпоночнофрезерные станки с «маятниковой подачей». Обработка ведется торцевой частью двузубой шпоночной фрезы. Глубина резания на один ход равна 0,1...0,3 мм. Вертикальная подача врезания на указанную глубину осуществляется в крайних положениях фрезы.

Шпоночные канавки под сегментные шпонки обрабатывают дисковой концевой фрезой, радиус и ширина которой соответствуют размерам шпонки.

Одиночная лыска, пара симметричных лысок, квадрат и шестигранник обрабатывают концевой фрезой на вертикально-фрезерном станке, снабженном делительным устройством.

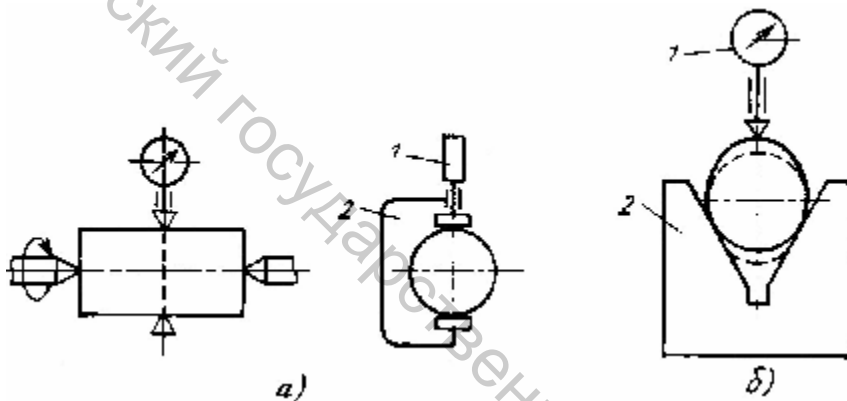


Рис. 4.13. Схемы проверки отклонения от круглости шеек валов двухконтактными рычажными скобами 2 с индикатором 1 (а) и индикатором 1 в призме 2 (б)

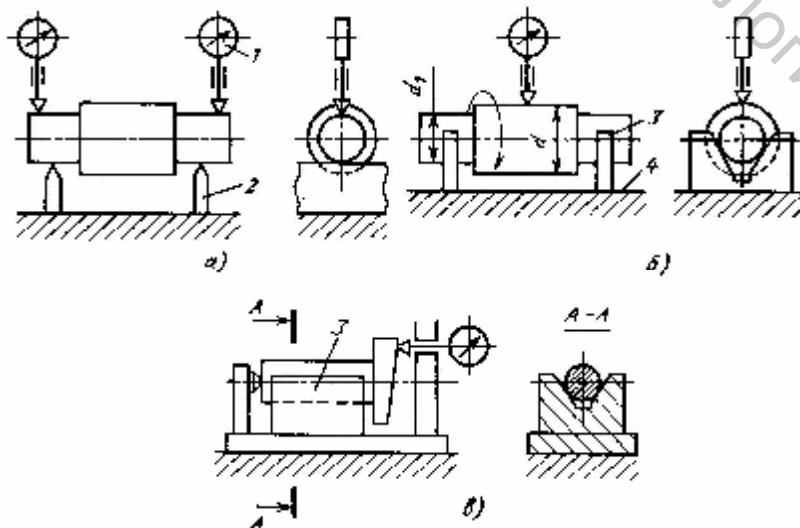


Рис. 4.14. Схемы проверки расположения поверхностей валов: а- отклонение от соосности шеек; б- радиальное биение поверхности d относительно поверхности d_1 ; в- торцовое биение; 1- индикатор; 2- ножевые опоры; 3- призмы; 4- проверочная плита

Контроль точности элементов валов в серийном производстве осуществляют универсальными измерительными средствами. Применяют калибры, рычажные скобы или микрометры с ценой деления 0,002 мм для шеек с точностью 6–7-го квалификативов, микрометры с ценой деления 0,001 мм для шеек с точностью 8–9-го квалификативов.

Отклонение от круглости проверяют двухконтактными приборами (рис. 4.13, а), а огранку — индикаторами (рис. 4.13, б). Отклонения расположения поверхности проверяют с помощью индикатора со стойкой 1 и проверочной плиты 4, измерительных призм 3, ножевых опор 2 (рис. 4.14). Симметричность боковых сторон шлицев (шпонок) и их размеры проверяют комплексными калибрами, тол-

щину (ширину) шлицев — скобами, микрометрами и другими средствами.

4.2. Обработка корпусных деталей

Корпусные детали машин являются базовыми элементами изделий. В корпусах устанавливают различные детали, механизмы, сборочные единицы, точность взаимного положения которых должна быть обеспечена в процессе работы машин. В свою очередь сама корпусная деталь может устанавливаться на другие детали.

К корпусным деталям относят коробки скоростей и подач станков, блоки цилиндров двигателей и компрессоров, корпуса редукторов, насосов и других изделий. Корпусные детали должны быть выполнены с требуемой точностью, обладать необходимыми жесткостью и виброустойчивостью, чтобы обеспечить правильное относительное положение соединяемых деталей и узлов, качественную работу механизмов и изделия.

Конструктивное исполнение корпусных деталей, материал, параметры точности определяют, исходя из служебного назначения деталей, требований к работе монтируемых в ней механизмов и условий эксплуатации. При этом учитывают технологические факторы получения заготовок, возможность обработки резанием и удобства сборки.

Корпусные детали могут быть разделены на детали коробчатой формы со значительным количеством обрабатываемых поверхностей (плоскости, отверстия, пазы), в том числе точных, расположенных параллельно или перпендикулярно друг к другу; призматические детали с большими привалочными поверхностями (один из размеров детали значительно меньше двух других); детали с длинными гладкими цилиндрическими поверхностями (блоки цилиндров, корпуса задней бабки и др.); детали сложной формы (кронштейны, угольники, и др.).

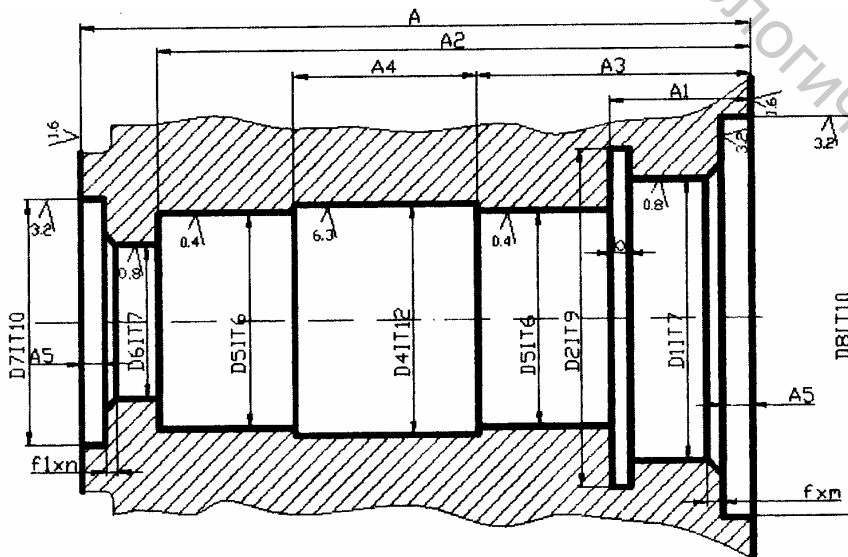


Рис. 4.15. Пример ФМ, образующего вспомогательную сборочную базу

В корпусных деталях всегда можно выделить совокупности поверхностей. Выполняющих определенные функции – функциональные модули (ФМ). Это ФМ образующие основные и вспомогательные сборочные базы (рис. 4.15), ФМ крепления, ФМ коммуникации и ФМ объединяющие деталь в единое целое.

В зависимости от конструктивного исполнения и сложности к корпусным деталям предъявляются следующие технические требования, характеризующие различные параметры их геометрической точности.

1. Точность геометрической формы плоских базирующих ФМ. Она регламентируется как допуск прямолинейности поверхности в заданном направлении на определенной длине и как допуск плоскостности поверхности в пределах ее габаритных размеров. Для поверхностей размерами до 500 мм отклонение от плоскостности и параллельности обычно находится в пределах 0,01—0,07 мм, а у ответственных корпусов 0,002—0,005 мм.

2. Точность относительного поворота плоских базирующих поверхностей. Предельные отклонения от параллельности или перпендикулярности одной плоской поверхности относительно другой составляют 0,015/200—0,1/200, а для деталей повышенной точности 0,003/200—0,01/200.

Точность расстояния между двумя параллельными плоскостями. Для большинства деталей она находится в пределах 0,02—0,5 мм, а у корпусных деталей повышенной точности 0,005—0,01 мм.

4. Точность диаметральных размеров и формы отверстий. Диаметральные размеры главных отверстий, выполняющие в основном роль базирующих поверхностей под подшипники, соответствуют 6—11-му квалитетам точности.

5. Точность относительного углового положения осей отверстий. Отклонения от параллельности и перпендикулярности осей главных отверстий относительно плоских поверхностей составляют 0,01/200—0,15/200, предельные угловые отклонения оси одного отверстия относительно оси другого 0,005/200—0,1/200.

6. Точность расстояния от осей главных отверстий до базирующей плоскости для большинства деталей составляет 0,02—0,5 мм. Точность расстояний между осями главных отверстий 0,01—0,15 мм. Отклонения от соосности отверстий 0,002—0,05 мм.

7. Параметры шероховатости плоских базирующих поверхностей $Ra = 2,5 \dots 6,3$ мкм, поверхностей главных отверстий $Ra = 1,25 \dots 0,16$ мкм, а для ответственных деталей до $Ra = 0,08$ мкм.

Приведенные параметры точности являются общими для всего многообразия различных по конструкции корпусных деталей машин. Рассмотрим методику назначения технических требований на отдельные параметры точности корпусных деталей исходя из их служебного назначения.

Материалом для изготовления различных корпусных деталей является главным образом серый чугун, реже — углеродистая сталь, используют также ковкий чугун, легированную сталь и сплавы из цветных металлов. Основным конструкционным материалом является серый чугун. Он хорошо обрабатывается и обладает достаточно высокими физико-механическими свойствами. Корпусные детали металлорежущих станков, сельскохозяйственных машин, редукторов, насосов изготавливают из чугуна СЧ15, СЧ18, СЧ21; для малонагруженных деталей используют чугун СЧ12. Для тонкостенных корпусов применяют чугуны с повышенным содержанием фосфора и кремния. Корпусы высоконапорных насосов, компрессоров изготавливают из чугуна повышенной

прочности СЧ24, СЧ28 или из стали. Широко используют корпусные детали из алюминиевых и магниевых сплавов: АЛ4, АЛ8, АЛ10В, АЛ В. Сварные корпусные детали редукторов, кронштейны, стойки, угольники изготавливают из листовой низкоуглеродистой стали (СтЗ, Ст4).

Основными способами получения литых заготовок являются литье в песчаные формы, в кокиль, под давлением, литье в оболочковые формы, литье по выплавляемым моделям.

Порядок обработки заготовки определяется типовой схемой обработки (табл. 4.2)

Таблица 4.2

Типовая схема обработки корпусных деталей

№	Наименование этапа	Содержание этапа	I T	Ra
0	Заготовительный	Изготовление заготовки и ее подготовка к обработке	18-20	30-50
1	Предварительный	Удаление напусков и части припусков с основных и вспомогательных баз, крупных плоскостей и отверстий	14-15	12,5-6,3
2	Термический	Старение искусственное	15-16	
3	Малярный 1	Грунтование исходных поверхностей		
4	Чистовой 1	Обработка основных и вспомогательных баз, плоскостей, фасок и канавок для выхода инструмента	12-14	6,3
5	Чистовой 2	Обработка крепежных отверстий, мелких плоских поверхностей, пазов	9-12	1,25
6	Отделочный	Окончательная обработка конструкторских баз	5-8	0,63
7	Малярный 2	Нанесение лакокрасочных покрытий		

Ответственным этапом обработки корпусных деталей является синтез технологических баз и последовательность обработки.

Синтез нужно начинать с определения комплекта технологических баз для первой операции этапа. Правильный выбор комплекта позволяет обеспечить заданное чертежом относительное расположение обрабатываемых и исходных поверхностей этапа, а также обеспечить равномерность снятия припуска на поверхности. Для решения первой задачи в качестве технологических баз на первой операции назначаются исходные (не обрабатываемые на этом этапе, но обработанные на предыдущем) поверхности. Для первой операции технологического процесса в качестве элементов комплекта технологических баз выбираются элементы заготовки, которые не подвергаются механической обработке.

Это такие поверхности в рассматриваемом координатном направлении, которые имеют только одну размерную связь с обрабатываемыми поверхностями.

Для решения второй задачи в качестве комплекта баз на первой операции этапа принимаются именно те поверхности, на которых необходимо обеспечить равномерное распределение припуска. Тогда даже при маложесткой технологической системе можно добиться заданной точности относительного расположения этой поверхности за меньшее число проходов (или переходов).

Совокупность комплектов конструкторских и технологических баз ориентации поверхностей корпусных деталей, относительно которых возможны различные варианты угловой и размерной ориентации поверхностей следующая:

а) три взаимно перпендикулярные плоскости, среди которых может быть плоскость симметрии; б) плоскость и две оси, перпендикулярные к ней; в) две взаимно перпендикулярные плоскости и ось, которая перпендикулярна к одной из них; г) плоскость и две оси, одна из которых перпендикулярна, а другая параллельна этой плоскости.

В зависимости от видов компонентов для базирования корпусных деталей как правило используются всего четыре варианта комплектов технологических баз:

- 1) установочная, направляющая и опорная;
- 2) установочная, двойная опорная и опорная;
- 3) двойная направляющая, опорная и опорная;
- 4) двойная направляющая и двойная опорная;

Пример маршрута обработки заготовки детали, представленной на рис. 4.16, представлен на рис. 4.17 (показаны размеры вдоль оси Y), а на рис. 4.18 представлены схемы установки заготовки на операциях 005,010.

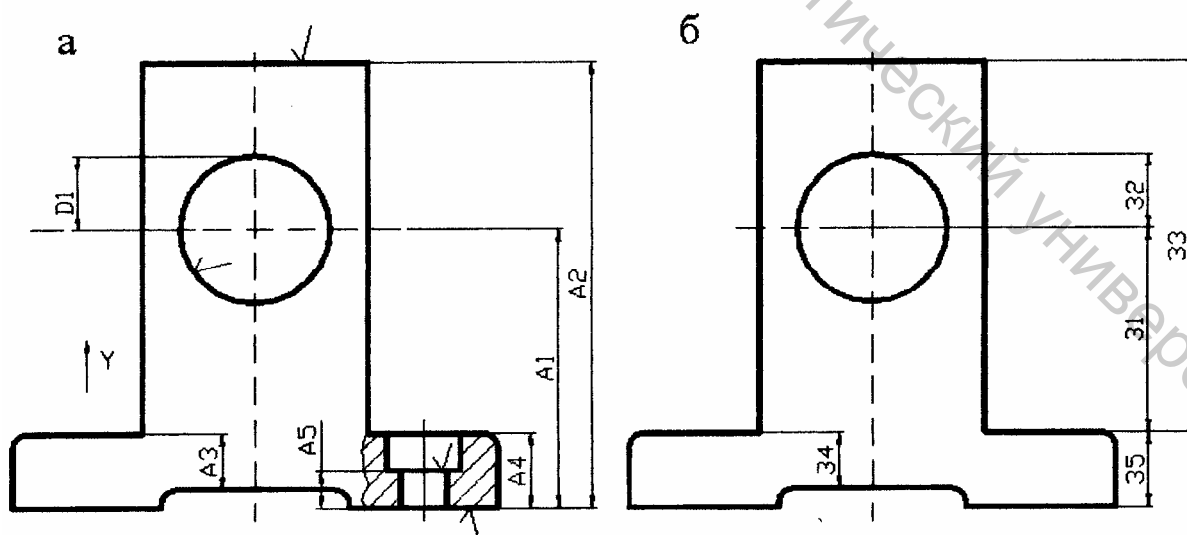
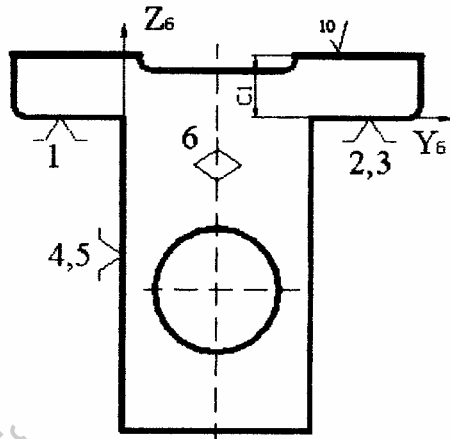
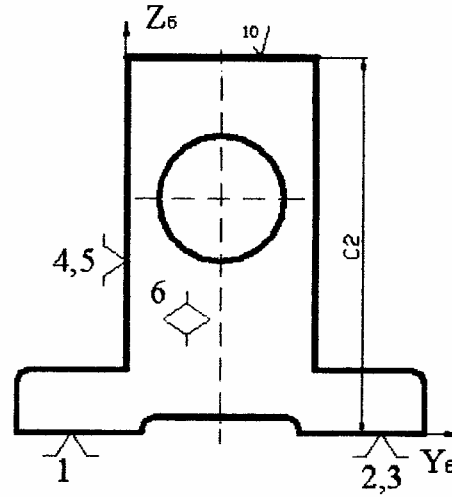


Рис. 4.16. Схема детали (а) и заготовки (б)

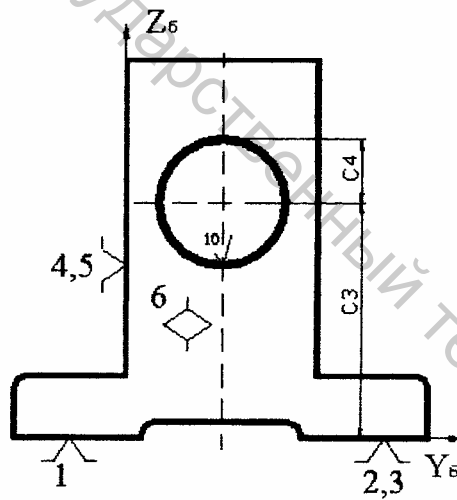
005 Фрезерная



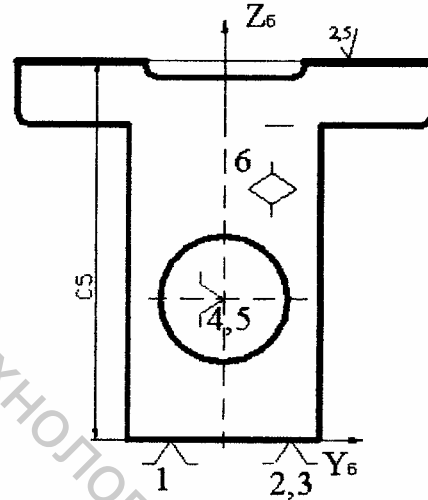
010 Фрезерная



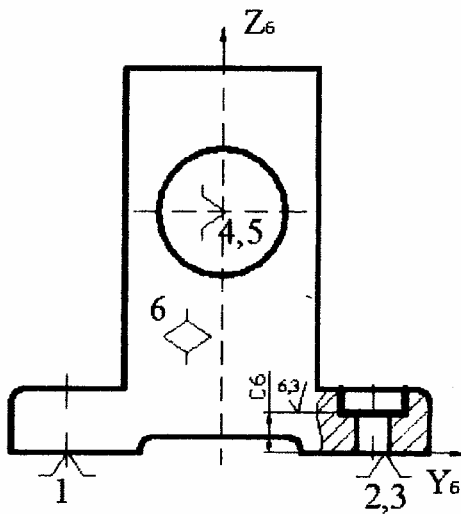
015 Расточная



025 Фрезерная



030 Сверлильная



035 Расточная

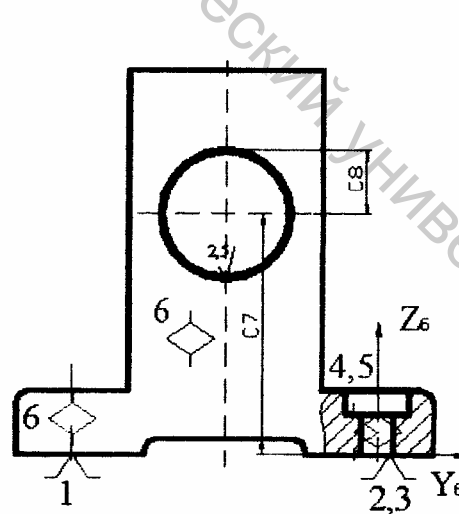


Рис. 4.17. Схема маршрута обработки заготовки с указанием схем базирования и обозначениями технологических размеров по той же оси

005 Фрезерная

010 Фрезерная

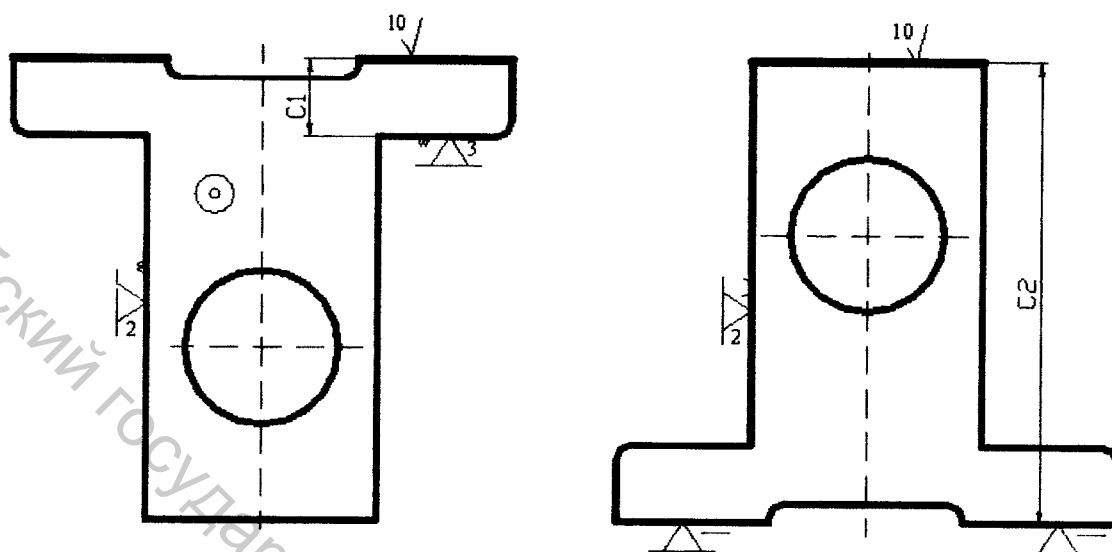


Рис. 4.18. Схема установки заготовок на операциях 005,010

Заготовки корпусных деталей при обработке устанавливают либо на стол станка, либо применяются специальные приспособления.

Операцию разметки применяют при изготовлении деталей в единичном и мелкосерийном производстве, а также при обработке крупногабаритных заготовок. Операция разметки должна обеспечить правильное расположение изделия в геометрическом объеме фактически полученной заготовки.

Разметку выполняют от баз, указываемых на чертежах отливки, а после обдирки отливки (при повторной разметке) от обработанных поверхностей. При разметке прежде всего правильно ориентируют положение баз относительно координатной системы разметочной плиты, а затем с помощью рейсмусов, угольников, линеек, чертилок определяют (выкраивают) возможность получения требуемой формы изделия, стенок нужной толщины и определяют припуск, удаляемый с поверхности заготовки. Разметка, как правило, необходима при литье в песчаные формы. Литье в кокиль применяют для получения фасонных отливок из цветных сплавов, чугуна и стали в условиях массового производства. В этом случае поверхности, используемые в качестве баз для обработки резанием, следует располагать в одной части кокиля. Литьем под давлением получают точные отливки из цветных сплавов.

Методы обработки поверхностей вращения.

Торцевые наружные поверхности вращения (рис. 4.19, а) обрабатывают фрезерованием или точением на горизонтально-расточных станках, подрезают на токарно-карусельных станках.

Открытые и полуоткрытые цилиндрические поверхности вращения (рис. 4.19, б, в) обрабатывают: сверлением, рассверливанием, зенкерованием, растачиванием резцом и пластиной, развертыванием, координатным шлифованием. Хонингованием обрабатывают только открытые поверхности.

Внутренние канавки (рис. 4.19, з) растачиваются на токарных и расточных станках.

Открытые и полуоткрытые наружные цилиндрические поверхности (рис. 4.19, д) обтачивают на токарно-карусельных станках и горизонтально-расточных.

Круговые направляющие обрабатываются на токарно-карусельных станках.

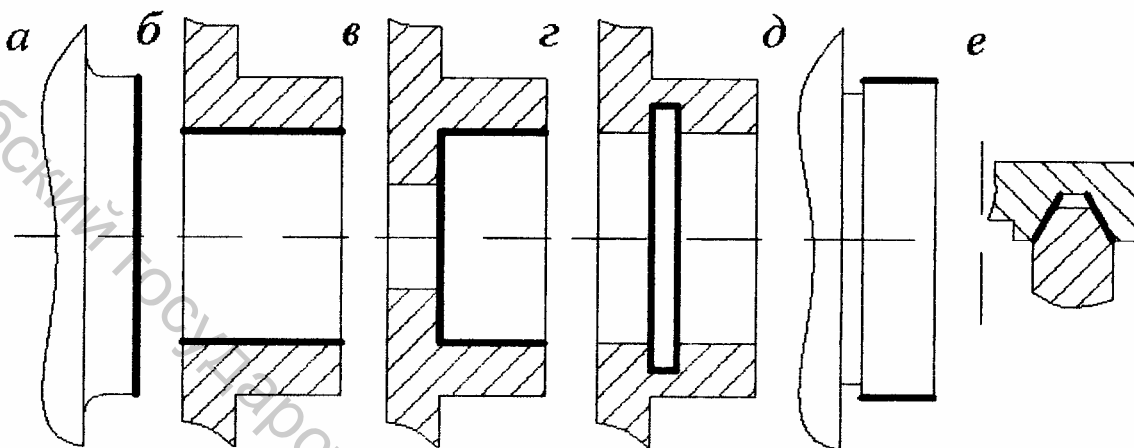


Рисунок 4.19– Некоторые распространенные элементарные функциональные модули вращения корпусных деталей

Методы обработки плоских поверхностей. Открытые плоские поверхности без уступов (рис. 4.20, а) обрабатываются: фрезерованием тоцевыми и цилиндрическими фрезами, продольным строганием, плоским шлифованием периферией или торцем круга.

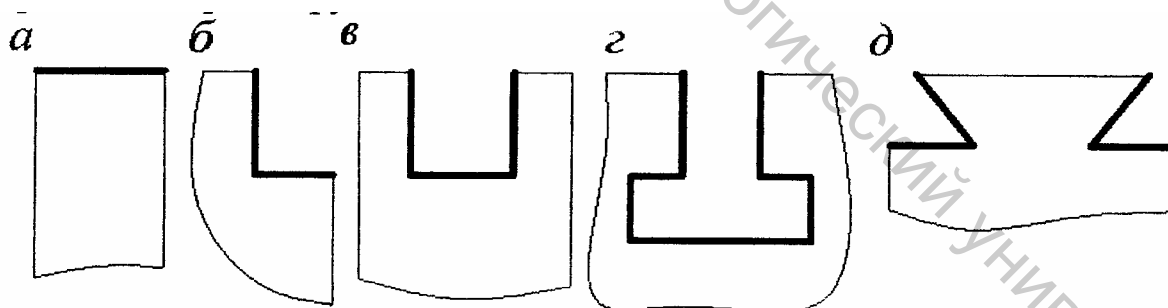
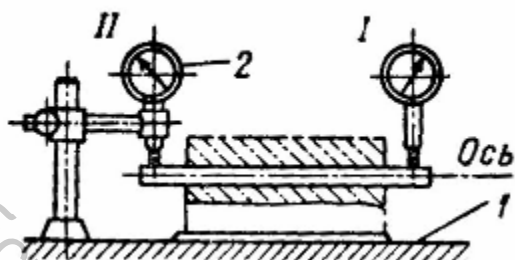


Рисунок 4.20– Некоторые распространенные элементарные плоские функциональные модули корпусных деталей

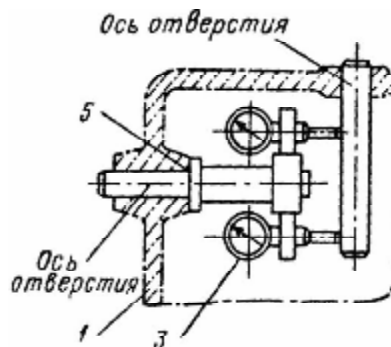
Прямые пазы и уступы (рис. 4.20, б, в) обрабатывают фрезерованием концевой или дисковой фрезой, строганием продольным или поперечным, наружным протягиванием, плоским врезным или глубинным шлифованием.

Т-образные пазы (рис. 4.20, г) обрабатывают фрезерованием концевой или дисковой фрезой и затем специальной фрезой, строганием (3 перехода), протягиванием, шлифованием (тарельчатыми кругами или глубинное).

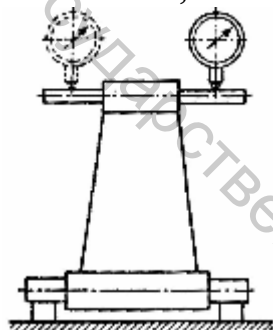
V-образные направляющие обрабатываются фрезерованием набором фрез или последовательным фрезерованием дисковыми или концевыми фрезами, строганием, шлифованием периферией или торцом круга.



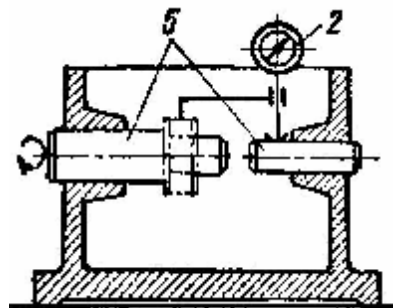
Параллельность оси относительно плоскости 1- плита, 2- индикатор



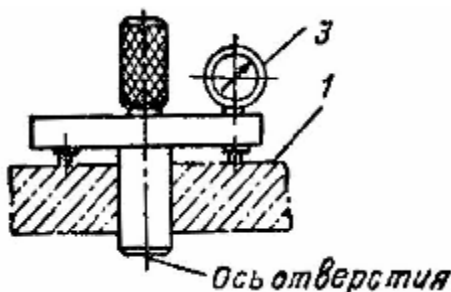
Перпендикулярность осей 1- деталь, 3- индикатор, 5- оправка



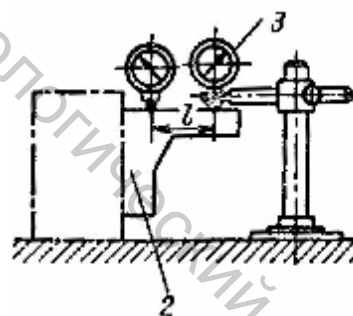
Параллельность осей



Несоосность, 2- индикатор, 6- оправки



Перпендикулярность оси отверстия относительно плоскости 1- деталь, 3- индикатор



Перпендикулярность плоскостей, 2- угольник, 3- индикатор

Рис. 4.21. Некоторые способы измерения отклонений расположения поверхностей корпусных деталей

Направляющие типа ласточкин хвост (рис. 4.20, д) обрабатывают фрезерованием, строганием, плоским шлифованием.

Крепежные отверстия сверлятся, зенкеруются, а затем в них нарезается резьба.

Контроль корпусных деталей. В корпусных деталях контролируются размеры, а также взаимное расположение поверхностей. На рис. 4.21 показаны некоторые схемы контроля взаимного расположения поверхностей корпусных деталей.

5. ПОНЯТИЯ О СБОРОЧНЫХ ПРОЦЕССАХ

5.1. Общие положения

Изделием называют любой предмет или набор предметов производства, подлежащий изготовлению на данном предприятии. В зависимости от назначения выделяют изделия основного и вспомогательного производства. К первым относятся изделия, предназначенные для поставки (реализации), ко вторым — предназначенные для собственных нужд предприятия, изготавливающего их.

Устанавливаются следующие виды изделий (ГОСТ 2.101–68): детали, сборочные единицы, комплексы и комплекты. В зависимости от наличия или отсутствия составных частей изделия подразделяются на неспецифицированные (детали)— не имеющие составных частей, и специфицированные (сборочные единицы, комплексы, комплекты)— состоящие из двух или более составных частей.

Деталь — это изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций, например валик, выточенный из одного куска металла, литой корпус и др.

Сборочная единица — изделие, составные части которого соединены между собой сборочными операциями (свинчиванием, клепкой, пайкой, сваркой, развальцовкой, склеиванием и т. п.) на предприятии-изготовителе.

Комплекс — два и более специфицированных изделия, не соединенные на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенные для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций, установленных для всего комплекса (например, комплекс, состоящий из метеорологической ракеты, пусковой установки и средств управления).

Комплект — два и более изделия, не соединенные на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющие собой набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера (например, комплект запасных частей прибора, комплект инструмента и принадлежностей, комплект измерительной аппаратуры и т. п.).

Технологический процесс сборки представляет собой часть производственного процесса, характеризующуюся последовательным соединением и фиксацией всех деталей, составляющих ту или иную сборочную единицу в целях получения изделия, полностью отвечающего установленным для него техническим требованиям.

В машиностроении готовые изделия (машины и механизмы) обычно собирают на том же заводе, где изготавливают детали для этого изделия. Лишь в тех случаях, когда изделия громоздки (мощные турбины, тяжелые прессы, подъемные краны и т. п.), их собирают на месте эксплуатации. Однако даже в тех случаях, когда окончательную сборку машины ведут одновременно с установкой ее на фундамент, первоначальную (предварительную) сборку всей машины или отдельных сборочных единиц производят на заводе-изготовителе. В ряде случаев окончательную сборку изделия (комбайна, самолета и т. п.) на заводе-изготовителе не производят в целях сохранения транспортабельности продукции при железнодорожных перевозках.

Первичным элементом всякого собираемого изделия, его основой является базовая деталь или базовая сборочная единица.

Сборочной единицей первого порядка называют составную часть изделия, которая может быть собрана самостоятельно, отдельно от других его элементов. Сборочные единицы, входящие в изделие не непосредственно, а через сборочную единицу первого порядка, называют сборочными единицами второго порядка, третьего и т. д.

В современном машиностроении сборка изделия расчленяется на сборки составных частей – сборочных единиц и общую. Под сборкой составных частей понимают последовательную сборку сборочных единиц различных порядков в сборочные единицы первого порядка, а под общей – сборку из них готовых изделий.

Технологические схемы сборки составных частей и общей сборки строят обычно раздельно; в них приводят порядок комплектования сборочных единиц и изделия в целом. Такие схемы сборки можно также использовать для оценки технологичности конструкции, так как если схема позволяет выполнить общую сборку из предварительно собранных сборочных единиц, то, следовательно, собирать их можно параллельно, т. е. сокращать время сборки.

В приборостроении и аппаратостроении, там, где в изделии имеются элементы, образующие электрические и магнитные цепи, различают электрическую сборку и монтажные работы. Особую, весьма сложную часть сборочных работ составляют регулировочные, наладочные и испытательные работы.

Технологический процесс сборки состоит из ряда отдельных операций, среди которых основными являются операции соединения сопрягаемых элементов изделия, т. е. те, которые приводят в соприкосновение их основные и вспомогательные базовые поверхности. Кроме этого, в процессе сборки проверяют или контролируют требуемую точность взаимного положения элементов изделия, вносят, если необходимо, соответствующие исправления путем регулирования, пригонки или подбора и, наконец, фиксируют правильное положение. Изготовление токопроводящих соединений отдельных конструктивных элементов и электромагнитных систем является предметом электрической сборки и монтажа. В состав электромонтажных работ входят заготовка соединительных проводов, изготовление (вязка) жгутов, внутренний электрический монтаж и соединение элементов монтажной схемы.

Далее идут механические, электрические и климатические испытания. К технологическому процессу сборки относят также операции, связанные с контролем (проверкой) правильности действия всего изделия или его отдельных узлов.

Сборочные операции часто перемежаются с другими необходимыми по ходу работ операциями, связанными с очисткой, промывкой, пропиткой, окраской и отделкой деталей, сборочных единиц или всего изделия в целом. В сборочном цехе выполняют также комплектовочные работы, имеющие весьма важное значение для бесперебойной работы цеха, и некоторые несложные заготовительные операции.

5.2. Формы организации сборочных работ

Основными организационными формами сборки являются *стационарная* и *подвижная*. В первом случае изделие полностью собирают на одном месте (рабочем посту), к которому подаются все детали и сборочные единицы. При подвижной сборке собираемое изделие последовательно перемещается от одного рабочего места к другому. На каждом рабочем месте выполняется определенный набор операций. Для этого оно снабжено соответствующими инструментами и механизмами. Необходимые для сборки детали и сборочные единицы подаются к каждому рабочему месту.

Стационарная сборка может осуществляться без расчленения (*принцип концентрации*) и с расчленением (*принцип дифференциации*) сборочных работ. В первом случае сборку осуществляет один рабочий высокой квалификации. Цикл сборки по этому принципу удлиняется, а при большой программе выпуска требуется много площади, инструмента и т. п. Стационарная сборка без расчленения сборочных работ применяется в опытном и мелкосерийном производстве, однако в настоящее время такая организация сборки начинает распространяться и в ряде производств средней серийности. Сборщик не только выполняет все операции от начала до конца, но и проводит испытание изделия (или сборочной единицы). Это значительно повышает его ответственность за результаты сборки, а следовательно, за качество и надежность изделия.

Разновидностью стационарной сборки без расчленения процесса является бригадный метод, когда сборку всего крупногабаритного изделия выполняет бригада рабочих. Но бригадный метод часто является первым шагом на пути дифференциации, ибо внутри бригады обычно имеет место некоторое разделение работ: одни рабочие специализируются на одной группе сборочных операций, другие, в соответствии со своей квалификацией, — на другой. Бригада должна иметь оптимальный состав, зависящий от сложности и габаритов изделия, а также объема его выпуска. При слишком большом количестве рабочих в бригаде они будут мешать друг другу.

Стационарная сборка с расчленением работ предполагает деление процесса на узловую и общую сборку изделия. При этом сборку узлов (сборочных единиц) и общую сборку изделия выполняют в одно и то же время (параллельно) рабочие одной бригады. В таком случае существенно сокращается время цикла сборки. Благодаря специализации повышается производительность труда.

При сборке сложных крупных машин возможна и выгодна большая дифференциация сборочных работ. При этом собираемые машины размещают на стендах или стапелях, а рабочий (или небольшая бригада) выполняет у каждого объекта свой набор сборочных операций, затем переходит к следующему объекту, где проделывает ту же работу, и т. д.

Подвижная сборка может осуществляться только при условии расчленения сборочных работ. Перемещение изделия (сборочной единицы) между сборочными постами может быть *свободным* или *принудительным*. В первом случае собираемые изделия перемещаются самими исполнителями с помощью подъемно-транспортных средств или тележек, а ритм перемещения обычно не рег-

ламентируется. Свободное перемещение изделий при сборке применяется в мелкосерийном производстве.

Принудительное перемещение объектов сборки осуществляется механическими транспортными устройствами (конвейерами) непрерывного или прерывного (периодического) действия и применяется обычно в крупносерийном и массовом производстве. Главной характеристикой принудительного перемещения является одновременность движения всех объектов.

Поточной называется сборка, при которой работа идет непрерывно и собранные изделия выходят периодически через определенный промежуток времени (такт). Поточная сборка может применяться как при подвижном, так и при неподвижном объекте сборки. С этой точки зрения поточную сборку подразделяют на два вида: поточную подвижную и поточную стационарную.

Для осуществления поточной сборки необходимо: 1) расчленив весь сборочный процесс на отдельные операции, по возможности одинаковые или кратные по времени их выполнения, что должно привести к синхронизации операций по такту и непрерывности собираемых с определенной часовой, сменной и другой производительностью (темпом) изделий; 2) обеспечить передачу собираемого объекта на каждую последующую операцию немедленно по окончании предыдущей; 3) выполнить регулярную и своевременную (до начала соответствующей операции) доставку к сборочным рабочим местам комплектов деталей и сборочных единиц; 4) обеспечить взаимозаменяемость деталей, при которой исключается пригонка по месту.

Сложность организации поточной сборки в крупносерийном и массовом производстве окупается теми преимуществами, которые она дает, а именно: рабочие специализируются на выполнении определенных операций; специализация рабочих и механизация рабочих мест существенно сокращают время выполнения операций; значительно повышается пропускная способность сборочного цеха; лучше используются рабочие по квалификации, так как они распределяются по операциям соответственно сложности последних.

Поточная подвижная сборка выполняется на транспортных устройствах различного вида: 1) на рольгангах; 2) на рельсовых и безрельсовых тележках, перемещаемых вручную; 3) на рельсовых тележках, соединенных между собой и образующих тележечный конвейер; 4) на ленточных, пластинчатых и подвесных круговых конвейерах; 5) на специальных сборочных конвейерах, приспособленных для сборки определенного изделия; 6) на рельсовых путях, по которым перемещается собираемая машина на своих или временно прикрепленных к ней колесах; 7) на подвесных однорельсовых путях; 8) на карусельных столах. Подача изделия, т. е. движение конвейера, может быть непрерывным или периодическим. В первом случае, т. е. при непрерывной подаче изделий, рабочие выполняют свои операции во время движения конвейера, пока изделие проходит зону рабочего места, а во втором, т. е. при периодической подаче изделий, операции выполняются в период остановки конвейера. Вид движения конвейера выбирается в зависимости от размера производственной программы, характера собираемого изделия, сложности сборочных операций и других техноло-

гических факторов. Обычно при такте выпуска, меньшем 0,3 ч. применяется непрерывное движение собираемого объекта.

Тактом сборки называют время между выходом со сборки двух смежных готовых изделий. Номинальный такт сборки определяется по формуле

$$\tau_{\text{ном}} = 60\Phi_{\text{дт}}/N_{\text{г}} \text{ (мин/шт.)},$$

где $\Phi_{\text{дт}}$ — годовой (действительный) фонд рабочего времени, ч; $N_{\text{г}}$ — годовая программа выпуска изделий, шт.

Действительный такт отличается от номинального, так как при его определении учитываются потери времени на перерывы в работе и обслуживание рабочего места:

$$\tau_{\text{дт}} = \tau_{\text{ном}}(1 - (\alpha_{\text{об}} - \alpha_{\text{пв}})),$$

где $\alpha_{\text{об}}$, $\alpha_{\text{пв}}$ — относительные потери времени соответственно на обслуживание рабочих мест и регламентированные перерывы в работе для отдыха и естественных надобностей, %.

Время от момента поступления деталей на сборку до выпуска собранного изделия называется *циклом сборки* ($\tau_{\text{ц}}$):

$$\tau_{\text{ц}} = \tau_{\text{дт}}(N_{\text{пос}} + K_{\text{ком}} - 1),$$

где $N_{\text{пос}}$ — количество постов на поточной линии; $K_{\text{ком}}$ — количество комплектов сборочных единиц, собираемых в запас вне главного потока для обеспечения бесперебойной работы на главном конвейере. Количество рабочих мест-постов на линии сборки равно числу сборочных и контрольных операций, предусмотренных в технологическом процессе.

Распределение операций между отдельными рабочими местами является достаточно сложной задачей. Операции нормальной трудоемкости (время выполнения операции меньше или равно действительному такту) закрепляют за рабочим местом по одной. Операции большей трудоемкости могут быть разделены между двумя (иногда тремя и более) рабочими местами с параллельным их выполнением на каждом рабочем месте. Однако при этом возникает проблема полной загрузки рабочих-дублеров. Полная загрузка возможна только при кратности длительности дублируемой операции длительности нормальной. Если загрузка рабочих мест с параллельным выполнением одной и той же операции оказывается недостаточной, то целесообразно пересмотреть некоторые операции сборки и, может быть, изъять их из процесса, разделив предусмотренные в них работы по частям между соседними недогруженными рабочими местами.

При большой расчлененности сборочного процесса и малой общей трудоемкости сборки изделия (сборочной единицы) такт сборки получается таким малым, что работа сборщиков требует большого напряжения. Чтобы уменьшить связанную с этим утомляемость, лучше передавать изделия на рабочие места не по одному, а партиями, объем которых зависит от габаритов и массы изделия, а также удобства его размещения в таре. При этом на рабочем месте создается задел из нескольких объектов и время выполнения операции над каждым объектом не связано жестко с тактом сборки на конвейере.

При поточном методе узловую сборку целесообразно располагать перпендикулярно к линии общей сборки изделия таким образом, чтобы конечная опе-

рация сборки сборочной единицы выполнялась вблизи места ее установки на линии общей сборки (рис. 5.1). Если изделие окрашивается в собранном виде, то вслед за линией сборки располагают окрасочную и сушильную камеры. Часто такие камеры встраивают в потоки узловой сборки.

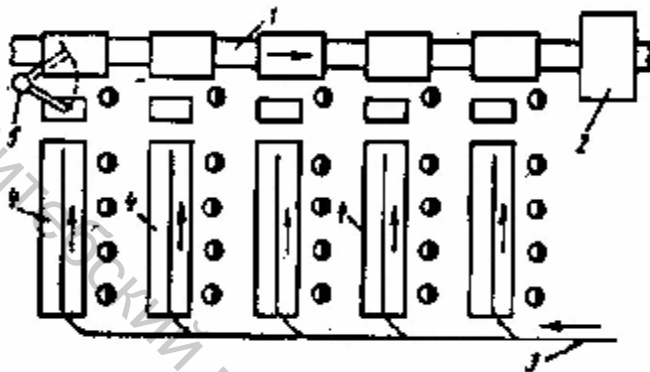


Рис. 5.1. Схема потоков узловой и общей сборки: 1 — поток общей сборки; 2 — камера окраски и сушки; 3 — грузопоток деталей; 4 — линии узловой сборки; 5 — кран-укосина

Однако близкое расположение мест узловой и общей сборки не является обязательным условием рациональной организации сборочного процесса во всех случаях. Есть немало примеров, когда узловая сборка организована в одном цехе, а общая — в другом. В таких случаях сборочные единицы передаются на конвейер общей сборки с помощью транспортных конвейеров.

Высокий темп конвейерной сборки изделий требует четкой организации оперативного управле-

ния сборочным производством. Недостаточно высокий уровень планирования и учета поступления деталей и сборочных единиц из других цехов и склада, состояние заделов нередко вызывают нарушения ритма выпуска продукции.

Поточная сборка на неподвижных рабочих местах (стендах), или, иначе, *поточная стационарная (неподвижная) сборка*, применяется в мелкосерийном производстве, особенно для изделий большой массы, нетранспортабельных или требующих для перемещения сложных транспортных устройств. В таком случае весь процесс сборки расчленяется на примерно одинаковые по времени операции, каждая из которых выполняется определенной бригадой. А каждая бригада, переходя от одного стенда к другому, выполняет на собираемых машинах только определенную, присвоенную ей операцию за установленный промежуток времени, соответствующий такту сборки. Инструменты и приспособления данной бригады находятся на подвижном столе, который перемещается вместе с бригадой от одного стенда к другому.

Количество рабочих в бригаде определяется в соответствии с характером и сложностью выполняемой ею операции, а также тактом выпуска. Готовые собранные машины снимают со стендов поочередно через одинаковые промежутки времени. Необходимо отметить, что при стационарной поточной сборке нецелесообразно частое перемещение рабочих от одного стенда к другому. Поэтому процесс сборки нужно расчленить на сравнительно трудоемкие операции, приблизительно кратные длительности рабочей смены. Тогда рабочие приступают к выполнению своей операции на следующем стенде с начала смены или после обеденного перерыва. При такой организации основания (рамы, плиты и т. д.) очередных машин подаются на стенды в нерабочее время (после окончания смены или в обеденный перерыв), что позволяет сократить требуемое количество стендов.

5.3. Проектирование технологических процессов сборки

Процесс проектирования технологии сборки можно разделить на следующие этапы: подготовительный, синтетический, аналитический и заключительный. На подготовительном этапе осуществляется анализ исходных данных и определение типа производства. Результатом анализа исходных данных являются: 1) расчленение изделия на сборочные единицы различных уровней и определение в каждой из них базовой детали; 2) оценка собираемости машины и ее сборочных единиц, т. е. легкости и доступности осуществления соединений; 3) определение заложенных в конструкцию машины методов компенсации погрешностей изготовления деталей; 4) выбор способов установки и настройки (регулировки) элементов конструкции, позволяющих компенсировать не только погрешности изготовления, но и погрешности сборки; 5) выявление основных точностных параметров машины и ее сборочных единиц, которые контролируются в сборе; эти параметры больше всего влияют на выполнение служебного назначения); 6) выявление наихудших, в точностном смысле, возможных положений подвижных элементов машины и ее механизмов; 7) изучение размерных цепей (должны представляться организацией-разработчиком), определяющих основные точностные параметры машины, для оценки степени влияния первичных погрешностей (изготовления и сборки) на выходные; 8) выявление возможных вариантов схем контроля, обеспечивающих независимость оценки определяемых параметров.

На синтетическом этапе выполняются следующие проектные процедуры: разработка *технологической схемы сборки*, выбор организационной формы сборки, синтез маршрута сборки, выбор схем базирования, выбор видов технологического оборудования и оснастки, синтез операций сборки.

Технологической схемой сборки называют графическое изображение порядка комплектования изделия и (или) сборочных единиц. На технологической схеме каждый элемент изделия (сборочной единицы) обозначен прямоугольником, в котором указывается наименование элемента, его номер (или код) и количество элементов, входящих в изделие (или сборочную единицу). Рекомендуется разработать сначала технологическую схему общей сборки, а затем выделенных сборочных единиц (т. е. узлов).

Порядок комплектования лучше всего определять условной (по чертежам) или реальной (если есть готовое изделие) разборкой. Элементы изделия, которые можно снять в неразобранном виде, будут в дальнейшем использоваться для разработки технологических схем узловой сборки. При этом детали, снимаемые отдельно, являются элементами, которые непосредственно входят в технологическую схему общей сборки.

Рекомендуется в нужных местах технологической схемы указывать некоторые виды работ (заливка масла, контроль, регулировка, обкатка и т. д.). Технологическая схема сборки сборочной единицы, показанной на рис. 5.2, приведена на рис. 5.3. Если вывинтить винты 3, то можно снять фланец 4 с крышкой 1, прикрепленной к нему винтами 2. Таким образом, получаем первую сборочную единицу более высокого порядка (фланец Сб 2). Если далее снять стопор-

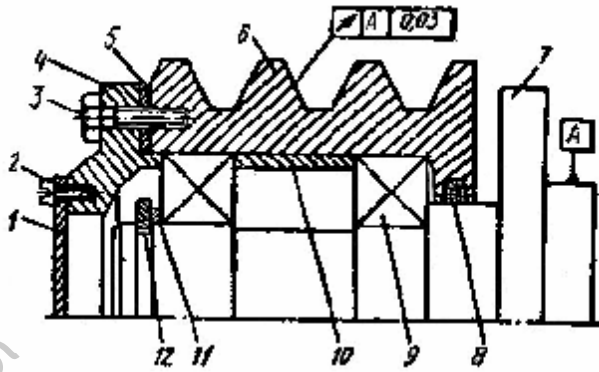


Рис. 5.2. Эскиз ступицы в сборе: 1— крышка; 2,3— винты; 4— фланец; 5— прокладка; 6— шкив; 7— ступица; 8— кольцо уплотнительное; 9— подшипник; 10— втулка; 11— кольцо компенсационное; 12— кольцо стопорное

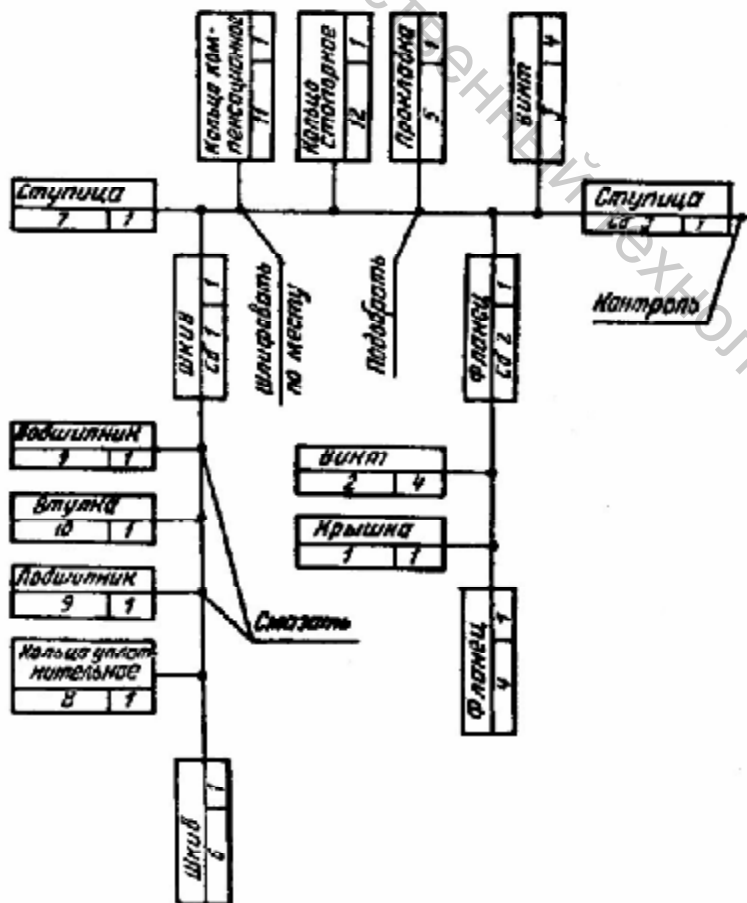


Рис. 5.3. Технологическая схема сборки ступицы

и только до 6% — для массового. Все типовые переходы сборки можно разбить на шесть классов (в седьмой входят нетиповые переходы): 1) подготовительные работы; 2) транспортные работы; 3) досборочные работы; 4) сборочные работы; 5) окрасочные работы; 6) электромонтажные работы. Часто для каждого класса работ организуется самостоятельный производственный участок.

ное кольцо 12, то можно, не разбирая, снять с базовой детали 7 шкив 6 с подшипниками 9, распорной втулкой 10 и уплотнительным кольцом 8. Указанная совокупность деталей образует вторую сборочную единицу (шкив Сб 1) более высокого порядка, чем ступица. Данные сборочные единицы состоят уже из деталей. Детали 3, 5, 11 и 12 не входят в сборочные единицы Сб1 и Сб2 и будут использоваться при общей сборке.

Каждая ветвь технологической схемы сборки начинается базовой деталью (фланец 4, шкив 6 и ступица 7) и заканчивается сборочной единицей. В общем случае возможна разработка нескольких вариантов технологической схемы сборки.

Организационная форма сборки выбирается с учетом типа производства, массы и конструкции изделия. Она чаще всего может быть различной для общей и узловой сборки.

Элементами, из которых осуществляется синтез маршрута сборки, являются сборочные переходы. Из всей номенклатуры переходов сборки сумма нетиповых и специфических составляет до 20% для изделий серийного производства и

Каждый класс сборочных переходов делится на подклассы, группы и в некоторых случаях — на подгруппы работ. Нижний уровень классификации составляют типовые сборочные переходы. Так, подготовительные работы делятся на два подкласса — очистку и комплектование. Очистка осуществляется промывкой и обдувкой. В отдельную группу работ выделяется промывка каналов.

Класс транспортных работ делится на следующие подклассы: перемещение, установка. Установка базовой детали может быть свободной (частичная ориентация) и с базированием (в приспособлении). В последней группе выделяют установку, позволяющую выполнять переориентацию базовой детали для дальнейшей сборки без открепления.

Класс досборочных работ делится на следующие подклассы: балансировка, размерная обработка, совместная обработка. Балансировка может быть статической и динамической. В зависимости от вида обрабатываемой поверхности в подклассе «размерная обработка» выделяют рихтовку, обработку отверстий, обработку сопряжений. Обработка отверстий осуществляется сверлением, развертыванием, зенкерованием, дорнованием и нарезанием резьбы метчиками. Она может выполняться на станках или с помощью механизированных приспособлений. В эту же подгруппу включена разметка. Обработка сопряжений (направляющие, пазы и т. д.) осуществляется опиливанием, шабрением, притиркой, вибронакатыванием и вибровыглаживанием. Совместная обработка производится после регулировки (обычно сверлением и развертыванием).

Класс сборочных работ делится на следующие подклассы: свободное сочленение (для подвижных соединений), закрепление (резьбовое), запрессовка, пластическое деформирование, пайка, склеивание, регулировка, подбор деталей в комплекты, смазывание, контрольно-проверочные работы. Последние могут входить составной частью в подкласс «регулировка».

Подкласс «резьбовое закрепление» состоит из следующих групп переходов: ввертывание шпильки, навинчивание (ввинчивание), затягивание, стопорение. Запрессовка может осуществляться: осевой силой при нормальной температуре, с нагревом охватываемой детали, с охлаждением охватываемой детали. Соединение пластическим деформированием можно осуществить развальцовкой и высадкой (при сборке заклепочных соединений).

На *аналитическом этапе* определяются нормы времени, экономические характеристики вариантов технологических процессов сборки, межоперационные заделы.

На *заключительном этапе* результаты проектирования оформляются в технологических картах. Карты технологического процесса сборки составляют на каждую отдельно собираемую сборочную единицу, а также на общую сборку изделия. Комплектовочную карту сборки, а также карту эскизов оформляют в зависимости от условий и характера производства.

Ведомость оснастки включает наименование и обозначения всех видов оборудования, приспособлений и инструмента, требуемых для выполнения технологического процесса сборки.

5.4. Методы балансировки вращающихся деталей машин

Из-за неоднородности материала детали, погрешностей заготовки и механической обработки, а также погрешностей сборки (в результате перекоса или смещения сопряженных деталей) появляется *неуравновешенность* деталей и сборочных единиц машины. Различают три вида неуравновешенности: 1) *статическую* — при смещении центра тяжести детали (точка приложения силы тяжести P) относительно оси ее вращения на размер s (рис. 5.4, а); 2) *динамическую* — при действии неуравновешенных масс металла, приведенных к паре сил Q , действующих в одной плоскости в противоположных направлениях, с плечом l (рис. 5.4, б); 3) *смешанную*, при которой может быть одновременное смещение центра тяжести детали относительно оси ее вращения и действие неуравновешенных масс (рис. 5.4, в). Первый вид неуравновешенности характерен для деталей небольшой длины при отношении длины детали к диаметру $l/d < 1$, а второй и третий — при отношении $L/d > 1$.

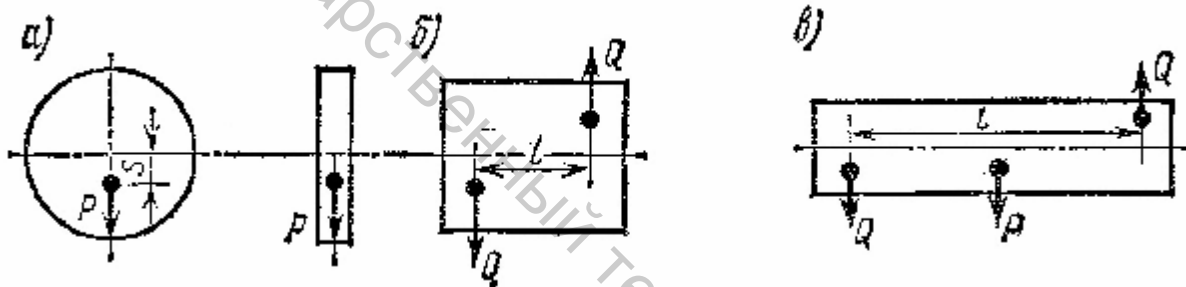


Рис. 5.4. Схемы определения неуравновешенности

Для устранения неуравновешенности применяют балансировку, которая заключается в нахождении значения и направления неуравновешенности и компенсации этой неуравновешенности путем снятия или добавления металла в соответствующем месте детали. После балансировки не допускаются никакие виды обработки детали (за исключением в некоторых случаях полирования или суперфиниширования отдельных поверхностей).

Балансировка вращающихся деталей является ответственной технологической операцией, так как неуравновешенные массы в современных быстроходных конструкциях могут привести к вибрациям, нарушающим нормальную эксплуатацию механизма или машины.

Статическая балансировка производится следующим образом (рис. 5.5, а): балансируемую деталь 1, надетую на специальную оправку 2, устанавливают на две горизонтальные призмы 3.

Неуравновешенность детали выявляют прокатывая ее по указанным призмам. При совпадении центра тяжести детали с ее осью деталь будет неподвижна в любом своем угловом положении на призмах. В случае неуравновешенности «тяжелая» сторона A детали (рис. 5.5, б) будет стремиться занять наиболее низкое положение. Закрепляя груз массой m_1 на противоположной стороне детали, можно уравновесить ее. Вместо прикрепления груза с «легкой» стороны детали можно производить высверливание на более «тяжелой» стороне.

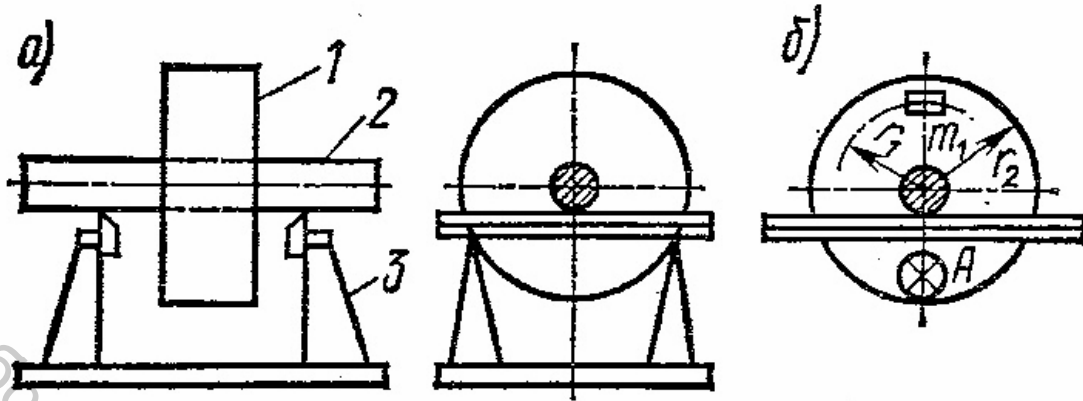


Рис. 5.5. Схема статической балансировки

Масса m_1 противовеса на «легкой» стороне детали или высверленного металла на «тяжелой» стороне на расстоянии r_1 от оси вращения детали составляет

$$m_1 = mr/r_1,$$

где m — масса детали, r — смещение центра тяжести детали от оси вращения.

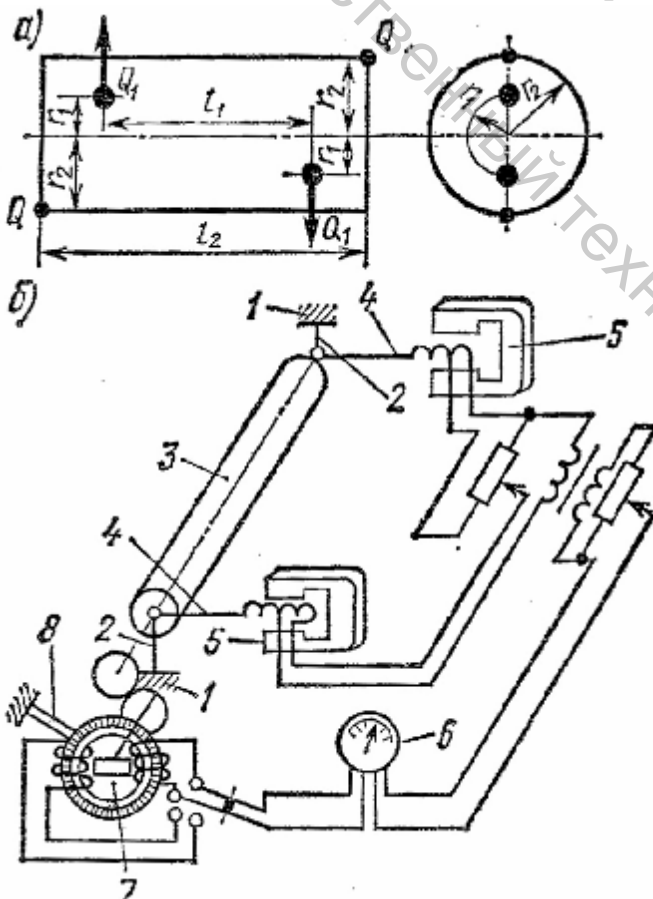


Рис. 5.6. Схема динамической балансировки

уравновешенных масс; r_1 — смещение неуравновешенных масс относительно оси вращения.

При этом центр тяжести детали находится на оси вращения и неуравновешенность при статической балансировке не обнаруживается.

Динамическую балансировку производят при вращении балансируемой детали. При этом необходимо обеспечить совпадение оси вращения детали с главной осью инерции всей системы. Динамическая неуравновешенность вызывается неправильным распределением массы металла по длине детали. Если в детали имеются две точки сосредоточения неуравновешенных масс, расположенные по обе стороны оси вращения (рис. 5.6, а), то центробежные силы создают пару сил Q_1 с моментом $M_1 = (Q_1/g)r_1\omega^2 l_1$,

где g — ускорение силы тяжести; ω — угловая скорость; l_1 — расстояние между точками сосредоточения не-

Для уравнивания детали следует приложить на радиусе r_2 два равных груза весом Q в осевой плоскости детали, где сосредоточены неуравновешенные массы, на расстоянии l_2 , чтобы они создали уравнивающий момент.

Динамическая балансировка производится всегда при вращении детали, установленной на гибких опорах. Центробежные силы, вызванные вращением неуравновешенной детали, создают колебательные движения гибких опор. С помощью специальных устройств колебания уравниваются и определяются значения и направление дисбаланса.

На рис. 5.6, б приведена схема установки для динамической балансировки. Балансируемая деталь 3 устанавливается на опоры 1 через плоские пружины 2. Колебания пружин, вызванные дисбалансом, посредством тяг 4 передаются на индуктивные преобразователи 5 перемещения, возбуждая в цепи ток с напряжением, пропорциональным амплитуде колебаний. Ток вызывает отклонения стрелки ваттметра 6, градуированного в единицах дисбаланса.

Другая обмотка ваттметра 6 получает ток от генератора 7, ротор которого вращается синхронно с балансируемой деталью. Статор генератора можно поворачивать с помощью рукоятки 8 во время вращения детали, при этом положение дисбаланса может быть определено на лимбе (на схеме не показан) по углу поворота обмотки статора при максимальном отклонении стрелки ваттметра. Продолжительность балансировки на этой машине составляет 1. . 2 мин.

Современные устройства для динамической балансировки в значительной степени автоматизированы; в частности, по шкалам приборов можно определить глубину сверления определенного диаметра, массу неуравновешенного груза, размеры противовесов и др., а также места крепления грузов или места удаления лишнего металла.

Для взаимного уравнивания сил инерции деталей машин, движущихся прямолинейно-возвратно, и для создания равенства масс этих деталей в узлах машины применяют подгонку масс. Наиболее характерными деталями, требующими подгонки, являются поршни, шатуны, штоки и др. Так, колебания в массе поршней вызывают неуравновешенность двигателей; эти колебания чаще всего создают необработанные внутренние поверхности поршней.

Подгонку по массе обычно производят растачиванием внутреннего пояса юбки поршня, а у облегченных конструкций поршней – удалением металла с нижней плоскости и приливов у бобышек под палец, а также растачиванием специального прилива на внутренней стороне юбки поршня, ниже бобышек под палец.

Подгонку по массе осуществляют на специальных станках. В современном машиностроении применяют станки для подгонки по массе с автоматическим передвижением ползуна (груза) по коромыслу весов посредством электронной системы. Применение станка для подгонки по массе обеспечивает отклонения деталей по массе в пределах ± 2 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бергман, А. Г. Инструменты и оснастка для работы на поперечно-строгальных станках / А. Г. Бергман. – Москва : Машиностроение, 1971. – 25 с.
2. Богданов, А. В. Расточное дело / А. В. Богданов. – Москва : Машгиз, 1960. – 232 с.
3. Данилевский, В. В. Технология машиностроения : учебник для техникумов / В. В. Данилевский – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва : Высш. шк., 1984. – 416 с.
4. Клименков, С. С. Проектирование и производство заготовок : учебник для вузов / С. С. Клименков. – Витебск : УО «ВГТУ», 2004. – 385 с.
5. Контрольно- измерительные приборы и инструменты : учебник для нач. проф. образования / С. А. Зайцев [и др.]. – Москва : Издательский центр «Академия», 2005. – 464 с.
6. Копылов, Р. Б. Работа на строгальных и долбежных станках / Р. Б. Копылов. – Ленинград : Лениздат, 1975. – 392 с.
7. Комлев, А. П. Справочник молодого фрезеровщика / А. П. Комлев. – Минск : Вышэйшая школа, 1981. – 288 с.
8. Лоскутов, В. В. Сверлильные и расточные станки / В. В. Лоскутов. – Москва : Машиностроение, 1981. – 151 с.
9. Махаринский, Е. И. Основы технологии машиностроения: учебник / Е. И. Махаринский, В. А. Горохов. – Минск : Вышэйшая школа, 1997. – 423 с.
10. Ничков, А. Г. Фрезерные станки / А. Г. Ничков. – 2-е изд. перераб и доп. – Москва : Машиностроение, 1984. – 160 с.
11. Похоровский, А. Д. Наладка и эксплуатация координатно-расточных станков / А. Д. Похоровский. – Москва : Машиностроение, 1978. – 51 с.
12. Специальные способы литья : справочник / В. А. Ефимов [и др.] ; под общ. ред. В. А. Ефимова. – Москва : Машиностроение, 1991. – 436 с.
13. Фещенко, В. Н. Токарная обработка / В. Н. Фещенко, Р. Х. Махмутов. – Москва : Высшая школа, 1996. – 123 с.
14. Холмогорцев, Ю. П. Оптимизация процессов обработки отверстий / Ю. П. Холмогорцев. – Москва : Машиностроение, 1984. – 184 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Ориентировочный список вопросов выносимых на вступительные испытания для поступающих на факультет повышения квалификации и переподготовки кадров

1. Характеристики видов производства.
2. Характеристики типов производства.
3. Классификация погрешностей обработки по проявлению.
4. Погрешности, связанные с неточностью, износом и деформацией оборудования.
5. Погрешности, вызываемые деформациями заготовок под влиянием сил закрепления.
6. Погрешности, являющиеся технологической наследственностью.
7. Погрешности, обусловленные размерным износом инструмента.
8. Погрешность от тепловых деформаций технологической системы.
9. Погрешности от релаксации напряжений.
10. Экономическая и достижимая точность обработки.
11. Методы реального базирования при изготовлении деталей машин.
12. Теоретическая схема базирования.
13. Классификация технологических баз.
14. Синтез теоретических схем базирования.
15. Теоретическая схема установки.
16. Погрешность теоретической схемы установки.
17. Оценка шероховатости обработанной поверхности.
18. Влияние методов обработки на показатели шероховатости поверхности.
19. Методы размерной настройки.
20. Количественные характеристики технологичности деталей машин.
21. Качественные характеристики технологичности деталей машин.
22. Порядок проектирования технологических процессов.
23. Методы назначения показателей режима резания.
24. Технические нормы времени.
25. Эффективность технологических процессов.
26. Пути сокращения основного времени.
27. Пути сокращения вспомогательного времени.
28. Припуски и напуски на механическую обработку.
29. Минимальный и номинальный припуск.
30. Схема распределения припусков и допусков при многооперационной обработке.
31. Классификация методов получения заготовки.
32. Материалы заготовок, их обрабатываемость.
33. Литье в песчаные формы.
34. Литье в кокиль.
35. Литье по выплавляемым моделям.
36. Центробежное литье.

37. Литье в оболочковые формы.
38. Литье под давлением.
39. Операции свободнойковки: осадка, высадка, протяжка.
40. Операции свободнойковки: раскатка, разгонка, передача.
41. Операции свободнойковки: прошивка, обрубка, отрубка.
42. Операции свободнойковки: гибка, скручивание, сварка.
43. Штамповка в открытых штампах.
44. Штамповка в закрытых штампах.
45. Штамповка на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ).
46. Разделительные операции листовой штамповки.
47. Формообразующие операции листовой штамповки.
48. Производство заготовок методами порошковой металлургии.
49. Обработка наружных цилиндрических поверхностей точением.
50. Обработка наружных конических и фасонных поверхностей точением.
51. Обработка наружных канавок точением и отрезание.
52. Способы установки заготовок в центрах при обтачивании.
53. Способы установки заготовок на оправках при обтачивании.
54. Способы установки при обтачивании длинных заготовок.
55. Тонкое (алмазное) обтачивание.
56. Характеристики шлифовальных кругов.
57. Схемы круглого наружного шлифования.
58. Бесцентровое шлифование.
59. Ленточное шлифование.
60. Суперфиниширование.
61. Виды отверстий и способы их обработки.
62. Сверление и рассверливание отверстий.
63. Глубокое сверление.
64. Зенкерование отверстий.
65. Зенкование отверстий.
66. Развертывание отверстий.
67. Обработка отверстий комбинированным инструментом.
68. Оправки для растачивания цилиндрических отверстий на расточном станке.
69. Виды расточных резцов для растачивания цилиндрических отверстий на расточном станке.
70. Методы растачивания конических отверстий на расточном станке.
71. Установка и выверка заготовок на расточном станке.
72. Размерная настройка для обработки на горизонтально-расточном станке.
73. Обработка отверстий на токарных станках.
74. Протягивание и прошивание отверстий.
75. Схемы шлифования отверстий.
76. Крепление заготовок на внутришлифовальных станках.
77. Внутреннее бесцентровое шлифование.
78. Хонингование отверстий.

79. Доводка (притирка) отверстий.
80. Способы выглаживания поверхностей.
81. Способы обкатывания и раскатывания поверхностей.
82. Методы нарезания наружной резьбы.
83. Методы нарезания внутренней резьбы.
84. Методы фрезерования резьбы.
85. Методы накатывания и раскатывания резьбы.
86. Методы строгания плоскостей, пазов и уступов.
87. Методы фрезерования плоскостей, пазов и уступов.
88. Методы фрезерования направляющих типа «ласточкин хвост».
89. Методы фрезерования фасонных поверхностей.
90. Методы установки и закрепления заготовок на фрезерных станках.
91. Схемы плоского шлифования.
92. Нарезание зубьев цилиндрических колес методами копирования.
93. Зубофрезерование методом обкатки.
94. Зубодолбление методом обкатки.
95. Зубострогание конических зубчатых колес.
96. Шевингование зубчатых колес.
97. Методы шлифования зубьев цилиндрических зубчатых колес.
98. Обработка зубьев червячных зубчатых колес.
99. Обработка червяков.
100. Обработка шпоночных канавок.
101. Методы фрезерования шлицов.
102. Методы шлифования шлицов.
103. Предварительная обработка заготовок валов.
104. Типовая схема изготовления валов.
105. Типовая схема изготовления корпусных деталей.
106. Классификация сборочных работ.
107. Организационные формы сборки.
108. Технологическая схема сборки.
109. Статическая балансировка в поле сил тяжести.

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Махаринский Ефим Ильич
Ольшанский Валерий Иосифович
Беляков Николай Владимирович
Махаринский Юрий Ефимович

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

**Пособие для абитуриентов и студентов
факультета повышения квалификации и
переподготовки кадров**

Редактор Меницкий И.Д.
Компьютерная верстка Беляков Н.В.
Корректор Покатович Т.К.
Технический редактор Герасимова О.С.

Подписано к печати 24.05.2006 Формат 60х84 1/16 Усл. печ. лист 16,6 Уч.-изд. лист 15,4
Печать ризографическая Тираж 113 экз. Заказ № 3 1 1

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Витебский государственный
технологический университет»
Лицензия №02330/0133005 от 1 апреля 2004г.

210035 Республика Беларусь, г. Витебск, Московский пр., 72