

Министерство образования Республики Беларусь
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ГРОДНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ЯНКИ КУПАЛЫ»

Г. Б. ЯКУШЕВИЧ

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Курс лекций
по курсу «Технология машиностроения»
для студентов
специальности 1-36 01 04 – Оборудование и технологии
высокоэффективных процессов обработки металлов

Гродно
ГрГУ им. Я.Купалы
2010

УДК 621
ББК 34.5
Я49

Рецензенты:

Лешик С.Д., кандидат технических наук, доцент;

Троцкая Т.П., доктор технических наук (ГГАУ).

Рекомендовано Советом факультета строительства и транспорта
ГрГУ им. Я. Купалы.

Якушевич, Г.Б.

Я49 Технология машиностроения : курс лекций / Г.Б. Якушевич. –
Гродно : ГрГУ, 2010. – 155 с.
ISBN 978-985-515-262-1

Рассмотрены вопросы по основам базирования и выбора баз при проектировании технологических процессов механической обработки деталей на станках различных групп. Раскрыто понятие размерных связей, которое взаимосвязано с точностью механической обработки. Большое внимание уделено методике проектирования технологических процессов механической обработки типовых деталей. Адресуется студентам специальности «Оборудование и технологии высокоэффективных процессов обработки металлов» и других машиностроительных специальностей.

УДК 621
ББК 34.5

© Якушевич Г.Б., 2010
© Учреждение образования
«Гродненский государственный университет
имени Янки Купалы», 2010

ISBN 978-985-515-262-1

ВВЕДЕНИЕ

Курс «Технология машиностроения» является завершающей частью комплекса инженерно-технологических дисциплин и базируется на ранее изученных предметах – «Инженерная графика», «Материаловедение», «Детали машин», «Технологическое оборудование», «Нормирование точности», «Формообразование», «Основы резания и инструмент», «Приспособления для обработки материалов».

Технология машиностроения – наука о производстве машин, которая изучает технологические процессы, применяемые на машиностроительных предприятиях при изготовлении машин требуемого качества, в установленном программой количестве и при наименьшей себестоимости.

Технология машиностроения рассматривает методы разработки и построения рациональных технологических процессов, выбор способа получения заготовки, технологического оборудования, инструмента и приспособлений, назначение режимов резания и установление технически обоснованных норм времени.

Основное содержание данного издания составляют разделы, посвященные разработке технологических процессов изготовления валов, втулок, корпусных деталей, зубчатых колес, изложенные по единому плану в соответствии со стандартами разработки и постановки изделий на производство. За основу приняты типовые технологические процессы, прошедшие апробацию в промышленности.

ЛЕКЦИЯ 1

ВВЕДЕНИЕ В ПРЕДМЕТ «ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ»

1. Введение. Содержание и сущность предмета «Технология машиностроения», его задачи, связь с другими предметами.

2. Основные понятия и определения. Связи в машине и производственном процессе ее изготовления. Основы технологии машиностроения. Производственный и технологический процессы. Типы производства.

1. Введение. Содержание и сущность предмета «Технология машиностроения», его задачи, связь с другими предметами

В природе существует ничтожно малое количество предметов, которые может использовать человек непосредственно без преобразования. Поэтому человеку приходится приспособлять предметы природы для удовлетворения своих потребностей.

Современный человек стремится преобразования предметов природы выполнять с помощью машин.

Человеческое общество постоянно испытывает потребности в новых видах продукции, либо в сокращении затрат труда при изготовлении освоенной продукции. Эти потребности могут быть удовлетворены с помощью новых технологических процессов и новых машин. Таким образом, стимулом к созданию новой машины всегда является новый технологический процесс.

Машина полезна лишь, если она обладает требуемым качеством и, т.о., способна удовлетворять потребность людей.

Ресурсы труда в жизни человеческого общества представляют собой наивысшую ценность.

Создавая машину, человек ставит перед собой две задачи:

- создать машину качественной;
- затратить меньшее количество труда при создании машины.

Замысел новой машины возникает при разработке технологического процесса изготовления продукции, в производстве которой возникла потребность. Этот замысел выражается в формулировке служебного назначения, которая является исходным документом для проектируемой машины.

Процесс создания машины состоит из двух этапов:

- проектирование;
- изготовление.

В результате проектирования появляются чертежи машины. В результате изготовления с помощью производственного процесса появляется машина.

Второй этап составляет основную задачу технологии машиностроения. Изготовление машин связано с использованием различных способов обработки металлов.

Технология машиностроения – наука о производстве деталей машин и аппаратов – изучает технологические процессы, применяемые на машиностроительных предприятиях при изготовлении изделий требуемого качества, в установленном программой количестве и при наименьшей себестоимости.

Технология машиностроения рассматривает методы разработки и построения рациональных технологических процессов, выбор способа получения заготовки, технологического оборудования, инструмента и приспособлений, назначение режимов резания и установление технически обоснованных норм времени.

2. Основные понятия и определения. Связи в машине и производственном процессе ее изготовления. Основы технологии машиностроения. Производственный и технологический процессы. Типы производства

Понятие «технология» – включает в себя сведения о различных способах и средствах изготовления деталей и сборки из них машин.

Производственный процесс – совокупность действий, необходимых для превращения исходного сырья в готовую деталь. В этот процесс входит изготовление детали, сборка изделия, контроль качества, транспортировка, хранение, учет.

Производственный процесс может рассматриваться в рамках завода, цеха, участка.

Технологический процесс – часть производственного процесса, который приводит к изменению формы, размеров и свойств детали.

К технологическому процессу относятся и вспомогательные операции, например, технический контроль.

Технологические процессы подразделяются по степени унификации: единичные, типовые и групповые.

По содержанию операций перемещения: комплексные.

По детализации описания с: маршрутным, маршрутно-операционным, операционным описанием.

Маршрутное описание технологического процесса (маршрутный техпроцесс) – сокращенное описание всех технологических операций в маршрутной карте, в последовательности их выполнения без указания переходов и технологических режимов.

Маршрутно-операционное описание технологического процесса (маршрутно-операционный техпроцесс) – сокращенное описание технологических операций в маршрутной карте, в последовательности их выполнения с полным описанием отдельных операций.

Операционное описание технологического процесса (операционный техпроцесс) – полное описание всех технологических операций в последовательности их выполнения с указанием переходов и технологических режимов.

Части технологического процесса: формообразование, литье, гальванопластика, спекание, обработка давлением, термическая, электрофизическая, электрохимическая, слесарная обработка, нанесение покрытий, сборка, сварка, пайка, клепка, склеивание, монтаж, ремонт, контроль качества изделия, маркирование, консервация, упаковывание, расконсервация.

Под технологической операцией понимается часть технологического процесса, выполненная на одном рабочем месте.

Рабочее место – часть площади цеха, предназначенной для выполнения работы одним или группой рабочих. На этой площади размещены: оборудование, инструменты, приспособления. Стеллажи для хранения готовых деталей и заготовок. Технологическая операция охватывает все действия оборудования и рабочего, на нее устанавливают норму времени, и при расчете оборудования, расчете рабочих, используют за основу – операцию. Технологические операции состоят из:

- установок;
- позиций;
- технологических переходов;
- вспомогательных переходов;
- рабочих ходов;
- вспомогательных ходов.

Установка – часть технологической операции, выполняемая для закрепления обрабатываемых заготовок или собираемых сборочных единиц, т.е. часть операции, осуществляемая при одном закреплении детали.

Позиция – это определенное положение (фиксированное) обрабатываемой детали относительно режущего инструмента при неизменном ее закреплении.

Переход – часть операции, осуществляемая на одном участке поверхности детали одним инструментом и при одном режиме резания.

Проходом называют часть операции или перехода, при котором снимается один слой металла.

Переходы бывают технологические и вспомогательные.

Вспомогательным переходом называется законченная часть операции, не сопровождаемая обработкой, но необходимая для выполнения данной операции или перехода. Например, замена инструмента, установка инструмента, контрольный промер.

Вспомогательный ход – законченная часть перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки и не сопровождаемая изменением формы.

Рабочий прием – законченная совокупность отдельных движений в процессе выполнения технологического перехода. Обычно рабочими приемами являются вспомогательные действия вручную. Например, установка детали в приспособление и снятие; измерение детали, управление станком в процессе производства.

Наладка – подготовка технологического оборудования и оснастки к выполнению определенной технологической операции. Например, установка приспособлений, настройка режимов резания.

Подналадка станка – дополнительная регулировка технологического оборудования или оснастки в процессе работы.

Настройка станка на размер – придание лезвию инструмента требуемого расположения относительно баз заготовки.

Технологический процесс представляет собой часть производственного процесса, содержащую целенаправленные действия по изменению или определению состояния предмета труда. Различают технологические процессы изготовления заготовок, термической обработки, обработки резанием и сборки. Технологический процесс выполняется на рабочих местах – участках производственной площади, оборудованных в соответствии с выполняемой на ней работой. Технологический процесс расчленяется на операции.

Технологической операцией называется законченная часть технологического процесса, выполняемая непрерывно на одном рабочем месте и охватывающая все действия оборудования и рабочих над одним или несколькими совместно обрабатываемыми или собираемыми объектами производства. Операция является основной частью технологического процесса в организационном отношении. По операциям определяют трудоемкость процесса, количество производственных рабочих, материально-техническое обеспечение (оборудование, приспособления, инструмент).

Различают вспомогательные операции, к которым относят транспортировку, контроль, маркировку и другие работы. Технологическая операция состоит из технологических и вспомогательных переходов.

Технологический переход – законченная часть технологической операции, выполняемая одним и тем же средством технологического оснащения при постоянных технологических режимах и установке.

Вспомогательный переход – законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и оборудования, которые не сопровождаются изменением свойств предметов труда, но необходимы для выполнения технологического перехода. Примерами вспомогательных переходов являются установка заготовки, смена режущего инструмента, переустановка заготовки и т.д.

Рабочий ход – законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, шероховатости поверхности или свойств заготовки.

Вспомогательный ход – законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, необходимого для подготовки рабочего хода.

Позиция – фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной и обрабатываемой заготовкой или собираемой сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования при выполнении определенной части операции.

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

В машиностроении различают три типа производства: единичное (индивидуальное), серийное и массовое. Серийное производство в свою очередь подразделяют на мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное.

Тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операции K_{zo} , определяемым по формуле:

$$K_{zo} = P/O, \quad (1.1)$$

где O – число различных технологических операций; P – число рабочих мест, на которых выполняют различные технологические операции.

Значение коэффициента закрепления операции K_{zo} принимают для планового периода, равного одному месяцу.

Для различных типов производств коэффициент закрепления операций имеет следующие значения:

- массовое – $K_{zo} = 1$;
- крупносерийное производство – $K_{zo} \leq 10$;

- среднесерийное производство – $10 < K_{zo} < 20$;
- мелкосерийное производство – $20 < K_{zo} < 40$;
- единичное производство – $K_{zo} > 40$.

Единичное и мелкосерийное производства характеризуются выпуском изделий в малых, редко повторяющихся или вовсе не повторяющихся количествах при широкой номенклатуре выпускаемых изделий. В этих условиях применяют преимущественно универсальное оборудование, нормализованный режущий инструмент и универсальную технологическую оснастку.

Среднесерийное производство характеризуется установившейся номенклатурой выпускаемой продукции, повторяющимися сериями изготавливаемых изделий.

При серийном производстве возможна частичная специализация оборудования и применение автоматов и полуавтоматов, с учетом возможности их переналадки при переходе от изготовления одних изделий к другим.

Крупносерийное и массовое производства характеризуются выпуском в больших количествах определенных изделий ограниченной номенклатуры. Выпуск продукции происходит непрерывно. При изготовлении нескольких моделей или конструкций изделий их выпускают параллельно или одновременно.

Оборудование устанавливают в последовательности выполнения операций технологического процесса. Массовое и крупносерийное производства отличаются широким применением агрегатных станков, станков-автоматов и автоматических линий, высокой степенью автоматизации всех производственных процессов и применением специальной технологической оснастки и специального инструмента.

Квалификация рабочих низкая, но в бригады по наладке станков входят рабочие высокой квалификации.

Продукцией массового производства являются автомобили, тракторы, комбайны, сельскохозяйственные орудия (плуги, диски, культиваторы) и т.п.

На одном и том же заводе или цехе могут быть совмещены несколько типов производств, поэтому отнесение производства завода или цеха к одному из типов обычно делают по преобладающему типу производства.

Производственные процессы делят на два вида: непоточный и поточный.

При непоточном виде организации производственного процесса движение заготовок на разных стадиях изготовления прерывается их задержкой на рабочих местах или промежуточных складах. Сборку изделий начинают лишь при наличии полных комплектов деталей. В непоточном производстве отсутствует такт выпуска, а производственный процесс регулируют графиком, составленным с учетом плановых сроков и трудоемкости изготовления изделий.

Поточное производство характеризуется непрерывностью и равномерностью. В поточном производстве заготовку после завершения первой технологической операции без задержки передают на вторую операцию, затем – на третью и т.д., а изготовленную деталь сразу подают на сборку.

Ритм выпуска – число изделий определенного наименования, выпускаемых в единицу времени.

Такт выпуска является основной расчетной величиной для операций, выполняемых на поточной линии. Построение технологического процесса обуславливается тем, что штучное время каждой операции должно быть равно или кратно такту выпуска.

Станочное оборудование на потоке должно быть загружено не менее чем на 70 %. Недогрузку рабочих мест устраняют применением многостаночного обслуживания. На поточных линиях выполняют не только операции обработки резанием или сборки, но и другие: термическую обработку, лужение, окраску, мойку, упаковку.

Каждый из видов организации производственных процессов имеет свою область применения. Так, поточный вид организации производственного процесса присущ массовому производству, непоточный – единичному и мелкосерийному производствам.

Принципы поточного вида организации производственных процессов часто используют в среднесерийном и крупносерийном производствах при изготовлении деталей и машин, близких по своему служебному назначению. В этом случае изделия объединяют в группы по конструктивно-технологическим признакам и ведут их изготовление на потоке с переналадкой оборудования и технологической оснастки при переходе от изделия одного наименования к изделию другого наименования при переменном такте выпуска. Такой вид организации производства получил название группового-поточного (переменно-поточного).

С целью устранения возможных перебоев на поточной линии предусматривают межоперационные заделы с запасами, позволяющими устранять неритмичность работы поточной линии (накопители и т.п.). Важное значение для бесперебойной работы линии имеют транспортные устройства (транспортеры, рольганги и пр.).

Каждому типу производства соответствует определенная система расположения технологического оборудования.

Для единичного и мелкосерийного производств наиболее характерна организация производства с расстановкой оборудования по типам станков. В этом случае организуют участки токарных, фрезерных, шлифовальных и других станков, на которых производят выполнение соответствующих технологических операций. Заготовки в процессе обработки резанием переходят с одного участка на другой.

При серийном производстве целесообразно применять предметную форму организации производства (участки обработки корпусных деталей, валов, шестерен, втулок).

В этом случае каждый участок предназначен для изготовления нескольких однотипных деталей. Станки располагаются в последовательности выполнения технологических операций, а заготовки на станках обрабатывают партиями. После завершения обработки резанием партия заготовок поступает к следующему станку, на резервную площадку или промежуточный склад.

В условиях среднесерийного производства оборудование может быть расположено в последовательности выполнения технологического маршрута с оснащением технологического оборудования групповыми наладками оснастки с возможностью ее переналадки.

Для крупносерийного и массового производств наиболее характерна организация производства, при которой станки располагают в последовательности выполнения технологических операций. При этом станки закрепляют за определенными технологическими операциями.

Обработка организована таким образом, что заготовки со станка на станок поступают не партиями, а поштучно. Транспортирование заготовок от одного рабочего места к другому производится различными немеханизированными транспортными устройствами без создания принудительного такта (рольганги, наклонные лотки). При этой форме организации штучное время отдельных операций не согласовано с тактом поточной линии, поэтому у отдельных рабочих могут создаваться заделы заготовок.

В массовом производстве оборудование расставлено строго в последовательности выполнения всех технологических операций, включая гидравлические испытания, сварку, термообработку и т.п. В массовом производстве оборудование строго закрепляют за определенными операциями, при этом на каждом рабочем месте его оснащают операционными наладками оснастки, отличающейся быстродействием, высокой степенью механизации и автоматизации, с широким использованием многолезвийного, наборного, специального режущего инструмента и измерительных инструментов и приборов, позволяющих объективно контролировать качество обработки заготовок (деталей).

Выбор оборудования для оснащения любого производственного процесса зависит от характера выпускаемой продукции, ее количества, особенностей технологии производства и ее организационной структуры. В машиностроительном производстве для его организационно-технической оценки используют следующие термины и определения.

Объем выпуска характеризует примерное количество машин, деталей, заготовок подлежащих выпуску в течение планируемого периода времени (год, месяц, квартал).

Программа выпуска – перечень машин, деталей, заготовок с указанием объема выпуска по каждому наименованию на планируемый период времени (месяц, квартал, год).

Общее число машин, их деталей или заготовок, подлежащих изготовлению по неизменяемым чертежам, называют величиной серии. Размер серии во многом зависит от совершенства конструкции машины и степени соответствия ее запросам потребителей.

Партией принято называть определенное число заготовок или изделий одного наименования и типоразмера одновременно или непрерывно поступающих для обработки или изготовления на одно рабочее место в течение определенного времени. Понятие о партии может быть распространено и на сборку одинаковых изделий, если они в ограниченном количестве собираются на одном рабочем месте.

Различие объемов выпуска различных машин повлекло условное разделение производства на три типа: единичное, серийное и массовое.

Под единичным производством машин, их деталей или заготовок понимают их изготовление, характеризующееся малым объемом выпуска. При этом считают, что выпуск таких же машин, деталей или заготовок не повторится по неизменяемым чертежам. Продукция единичного производства – машины, не имеющие широкого применения (опытные образцы машин, тяжелые процессы, крупные гидротурбины, уникальные металло-режущие станки и т.п.).

Под серийным производством машин, их деталей или заготовок понимают их периодическое изготовление повторяющимися партиями по неизменяемым чертежам в

течение продолжительного промежутка календарного времени. Производство изделий осуществляется партиями, при этом возможна партия из одного изделия. В зависимости от объема выпуска этот тип производства делят на мелко-, средне- и крупносерийное. Примерами продукции серийного производства могут служить металлорежущие станки, компрессоры, судовые дизели и т.п., выпускаемые периодически повторяющимися партиями.

Под массовым производством машин, деталей или заготовок понимается их непрерывное изготовление в больших объемах по неизменяемым чертежам продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна и та же операция. Для массового производства характерны узкая номенклатура и большой объем выпуска изделий. Продукцией массового производства являются тракторы, автомобили, электродвигатели, холодильники, швейные машины, телевизоры и пр.

Отнесение производства к тому или иному типу определяется не только объемом выпуска, но и особенностями самих изделий. Например, изготовление опытных образцов наручных часов в количестве нескольких тысяч штук будет представлять единичное производство, а повторное изготовление тяжелых прессов при объеме выпуска менее одной штуки в год можно считать серийным производством.

Контрольные вопросы

1. Дать определение элементам технологической операции.
2. Охарактеризовать типы машиностроительного производства по технологическим, организационным и экономическим признакам.
3. Как определить тип производства по коэффициенту закрепления операций?

ЛЕКЦИЯ 2

ТОЧНОСТЬ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

- 1. Точность механической обработки. Качество поверхностей деталей машин.*
- 2. Систематические и случайные погрешности.*
- 3. Влияние различных технологических факторов на погрешность обработки резанием.*

1. Точность механической обработки. Качество поверхностей деталей машин

Под продукцией понимают материализованный результат процесса трудовой деятельности, обладающий полезными свойствами, полученный в определенном месте за определенный интервал времени и предназначенный для использования потребителем в целях удовлетворения потребностей как общественного, так и личного характера.

Изделие является частным случаем единицы промышленной продукции.

Качество продукции – совокупность свойств, обуславливающих пригодность продукции удовлетворять определенным потребностям в соответствии с ее назначением.

Различают единичный, комплексный и интегральный показатели качества продукции.

Единичный показатель качества продукции – показатель, характеризующий одно из ее свойств. Примером такого показателя двигателя может быть мощность, удельный расход топлива, показатели отработавших газов и т.п.

Комплексный показатель качества продукции – показатель, характеризующий несколько ее свойств.

Интегральный показатель качества продукции – показатель, позволяющий с экономических позиций определить совокупность свойств изделий. Он определяется отношением суммарного полезного эффекта эксплуатации, или потребления продукции, к суммарным затратам на ее создание, эксплуатацию и ремонт.

Оценка уровня качества продукции – это совокупность действий, включающих выбор номенклатуры показателей качества оцениваемой продукции, определение значений этих показателей и сопоставление их с базовыми.

Различают следующие методы оценки уровня качества продукции: дифференциальный, комплексный, смешанный.

Дифференциальный метод – это метод, при котором производится сравнение единичных показателей качества с соответствующими единичными базовыми показателями.

Комплексный метод оценки качества продукции основан на использовании комплексных (обобщенных) показателей ее качества, которые сравнивают также с соответствующим базовым показателем. Сложная продукция имеет широкую номенклатуру показателей качества, поэтому применяют смешанный подход к оценке качества продукции, который основан на одновременном использовании единичных и комплексных показателей ее качества. На основе полученной совокупности единичных комплексных показателей оценивается уровень качества продукции дифференциальным методом.

При управлении качеством продукции объектами воздействия являются процессы, от которых зависит качество на всех этапах разработки, проектирования, изготовления, эксплуатации и ремонта. При этом необходимо предусматривать совокупность взаимосвязанных организационных, технических, экономических и социальных мероприятий по реализации целей управления качеством продукции, т.е. достижения требуемого уровня качества продукции.

Анализ различных показателей качества продукции свидетельствует о том, что основные группы показателей, в том числе и экономические, во многом зависят от технологии изготовления изделия. Одним из определяющих элементов, влияющих на качество изделия, является точность его изготовления (детали, сборочной единицы и изделия в целом).

Одним из важнейших факторов в области управления качеством продукции является ее систематическая сертификация. В нашей стране действует отечественная система сертификации машиностроительной продукции, обязательная для всех предприятий.

На продукцию, успешно прошедшую сертификационные испытания, Госстандарт выдает сертификат соответствия на определенный срок, по истечении которого нужно опять представлять продукцию на повторные испытания. Продукция, не получившая сертификат соответствия, должна сниматься с производства.

Для успешного продвижения нашей машиностроительной продукции на мировой рынок необходимо ее соответствие международным стандартам, и, в первую очередь, действующей на предприятии системе качества по стандартам ISO-9001.

В этом случае оценку системы качества продукции предприятия дает независимая международная комиссия. Аудиторы досконально изучают все производственные процессы (управление, проектирование, производство, маркетинг, работу с потребителем и т.п.) на предприятии и устанавливают, насколько они выполняются на всех этапах по строго установленным нормам – международным стандартам, которые гарантированно исключают выпуск некачественных изделий и обеспечивают получение продукции, соответствующей заявленным параметрам.

Предприятие, продукция которого сертифицируется, должно обеспечивать надлежащее качество изделия, начиная от его проектирования и закупки комплектующих и материалов, и заканчивая изготовлением и отслеживанием реального ресурса и надежности изделия.

При получении международного сертификата на систему качества по стандартам ISO-9001 предприятие приобретает широкие возможности в мировой кооперации с ведущими машиностроительными фирмами.

2. Систематические и случайные погрешности

Основные показатели качества машин в значительной степени определяются точностью их изготовления. В свою очередь точность изготовления машин зависит от точности обработки их деталей и качества сборки сборочных единиц и изделий в целом.

Точностью обработки называют степень приближения действительных значений размеров и геометрических параметров обработанной поверхности требованиям чертежа и технических условий (их номинальным значениям).

Погрешностью обработки называется разность между действительным и средним значениями размера или геометрического параметра.

Классификацию погрешностей обработки резанием можно схематично представить в следующем виде (см. рис. 2.1).

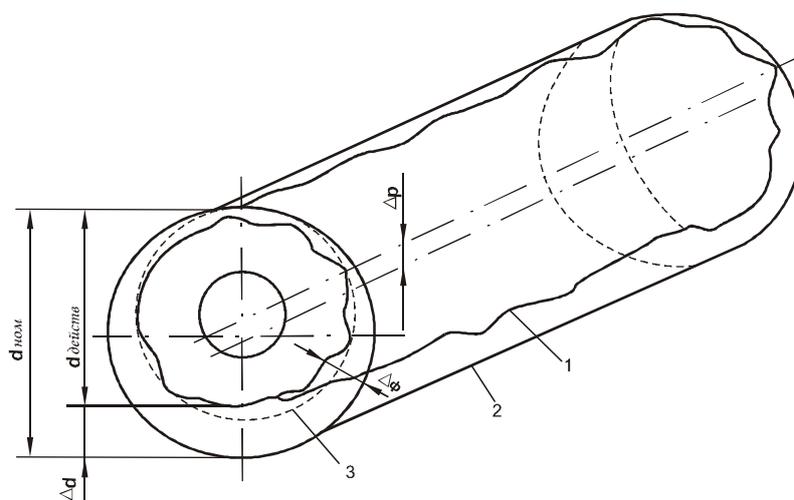


Рисунок 2.1 – Погрешности обработки резанием: 1 – действительный профиль; 2 – номинальный профиль; 3 – прилегающая окружность. Δd – погрешности размера; Δp – погрешности расположения поверхностей; $\Delta \phi$ – погрешности формы

Оптимальная точность изготовления деталей обеспечивается ограничением указанных погрешностей их предельными значениями, т.е. соответствующими допусками. Заданные чертежом допуски, ограничивающие отклонения геометрических параметров поверхностей детали, должны обеспечить служебное назначение машины. Эти допуски устанавливаются соответствующими стандартами.

Стандарты единой системы допусков и посадок (ЕСДП) распространяются на гладкие сопрягаемые и несопрягаемые элементы деталей с номинальными размерами до 10 000 мм.

Степени точности по ЕСДП называют квалитетами. Установлено 19 квалитетов: 01, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17.

Допуск квалитета условно обозначается сочетанием прописных букв и номера квалитета, например JT1, JT2, JT5, JT12 и т.д.

Термины и определения, относящиеся к основным видам отклонений допусков формы и расположения, установлены ГОСТ 24642–81. В основу нормирования и количественной оценки отклонений формы и расположения поверхностей положен принцип прилегающих поверхностей, прямых и профилей.

Под отклонением формы поверхности (профиля) понимают отклонение реальной поверхности (реального профиля). Количественно отклонение формы оценивается наибольшим расстоянием от точек реальной поверхности (реального профиля) до прилегающей поверхности (прилегающего профиля) по нормали к прилегающей поверхности (прилегающего профиля).

Отклонение расположения – отклонение реального расположения рассматриваемого элемента от его номинального расположения.

Суммарные отклонения формы и расположения – отклонения, являющиеся результатом совместного отклонения формы и расположения рассматриваемой поверхности установлены ГОСТ 24643–81, который предусматривает 16 степеней точности.

Обозначение на чертежах допусков формы и расположения поверхностей деталей производится в соответствии ГОСТ 2.308–79 двумя способами: условным обозначением или текстом в технических требованиях. Применение условных обозначений предпочтительнее.

Стандартами установлены допуски и посадки различных соединений (резьбовых, шлицевых, шпоночных, колес, зубчатых колес и передач и др.). Допустимую погрешность обработки указывают на чертеже с помощью соответствующих допусков (отклонений). Погрешности обработки резанием подразделяются на: систематические постоянные; систематические, изменяющиеся закономерно; случайные; грубые.

Систематическая погрешность – это такая погрешность, которая для всех заготовок рассматриваемой партии остается постоянной ($\Delta_{\text{сист}} = \text{const}$), или же закономерно меняется при переходе от каждой обрабатываемой заготовки к следующей.

Систематические постоянные погрешности создаются погрешностями станка (например, смещением оси шпинделя по отношению к направляющим станины), погрешностями приспособления (например, биением оправки, погрешностями расположения отверстий в кондукторе, трением упорных штифтов), погрешностями режущего и мерительного инструмента и т.д.

Систематические погрешности, изменяющиеся закономерно, вызываются непрерывным износом режущего инструмента или станка, изменением температуры и др.

Под случайными погрешностями понимают непостоянные по значению и знаку погрешности, причину возникновения которых установить заранее не представляется возможным.

Грубые погрешности (или промахи) могут возникнуть в результате неправильной установки режущего инструмента либо неправильного использования мерительного инструмента и т.д.

Для принятия мер по уменьшению погрешностей необходимо знать причины их возникновения. Это затрудняется тем, что при изготовлении деталей ошибки суммируются. При определении суммарной погрешности систематические и случайные погрешности слагают с учетом их менее выгодного сочетания, т.е. когда они имеют одинаковые знаки.

Причины возникновения систематических погрешностей могут быть выявлены и устранены. Причины возникновения случайных погрешностей неизвестны, но может быть установлен закон распределения этих погрешностей.

Случайная погрешность – это такая погрешность, которая для различных заготовок рассматриваемой партии имеет различные значения, причем ее появление не подчиняется никакой видимой зависимости.

В результате возникновения случайных погрешностей происходит рассеивание размеров заготовок, обработанных при одних и тех же условиях. Рассеивание размеров вызывается совокупностью многих причин случайного характера, не поддающихся предварительному определению и проявляющих свое действие независимо друг от друга.

В результате при обработке партии заготовок действительный размер каждой заготовки является случайной величиной и может принимать любое значение в границах определенного интервала.

Путем статистической обработки результатов измерений партии заготовок ($Ra > 25$ шт.) определяют закономерности появления деталей с различными отклонениями. Результаты измерений изображают в виде кривых распределения размеров. Кривые распределения размеров используют для определения экономической точности изготовления при различных методах обработки резанием, определения процента возможного брака.

3. Влияние различных технологических факторов на погрешность обработки резанием

Погрешность обработанной заготовки зависит от большого числа факторов, основными из которых являются следующие:

- погрешность станка, приспособления, режущего и вспомогательного инструмента;
- погрешность методов и средств измерений; жесткость системы СПИД: станок – приспособление – инструмент – деталь (заготовка);
- погрешность настройки станка; погрешность заготовок;
- погрешность установки заготовки на станке; погрешность от деформаций, вызванных перераспределением внутренних напряжений; температурные деформации инструмента, станка и заготовки.

Погрешность станка. Различают геометрическую и кинематическую точность станка. Геометрическая точность станка определяется при ненагруженном станке и медленном перемещении его частей. При проверке выявляют конусность, биение, износ и другие погрешности. Кинематическая точность станка влияет на обеспечение правильного шага резьбы, шага зубчатых колес, угла подъема винтовой линии и прочее, и определяется точностью кинематической цепи передачи.

По точности станки подразделяют на станки общего назначения и станки повышенной точности. Системой планово-предупредительного ремонта обеспечивается сохранение точности станков в процессе эксплуатации.

Погрешности станка отражаются на точности обработки заготовок (биение шпинделя обуславливает овальность заготовки, отклонение от параллельности оси шпинделя направляющим станины вызывает конусообразность и т.д.).

Радиальное биение шпинделей токарных и фрезерных станков допускается в пределах – 0,01...0,015 мм, допуск на параллельность осей шпинделя направлению движения суппорта на длине 300 мм в вертикальной плоскости до 0,02...0,03 мм, а в горизонтальной – 0,01...0,015 мм. При нагружении станка усилиями резания кинематическая точность повышается за счет одностороннего выбора зазора в соединениях.

По мере износа станка в процессе эксплуатации погрешности обработки увеличиваются.

Погрешность приспособления. Приспособления изготавливают с учетом требуемой точности заготовки. При точности обработки заготовки по 6...9-му квалитетам допуски на точ-

ные размеры деталей приспособления назначают в пределах $1/2 - 1/3$ допуска на получаемые размеры заготовки. При более грубой точности можно принимать $1/5 - 1/10$ допуска. Износ приспособлений приводит к дополнительным погрешностям обработки резанием.

Погрешность установки приспособлений на станке также является причиной появления погрешностей при обработке резанием.

Точность режущего и вспомогательного инструмента. Этот фактор сказывается как влиянием допусков на изготовление мерного инструмента (сверла, зенкеры, развертки, метчики, протяжки), так и в связи с износом его в процессе работы. Точность и жесткость вспомогательного инструмента – державок, конусных переходных втулок, обеспечивающих центрирование инструмента, – влияют и на погрешность обработки резанием.

Допуски на изготовление мерного инструмента (сверла, зенкеры, развертки, метчики) регламентируются стандартами.

Погрешность методов и средств измерения. Контроль размеров изготавливаемых деталей при крупносерийном и массовом производстве осуществляют предельными калибрами. При мелкосерийном и единичном производствах обычно используют универсальный измерительный инструмент, применение которого требует более высокой квалификации рабочего, затрат большего времени на процесс измерения и создает условия для возникновения большей погрешности, чем предельные калибры. Погрешности при измерениях возникают в связи с погрешностью самого измерительного инструмента, в связи с возможными погрешностями отсчета и в связи с влиянием колебаний температуры воздуха в цехе и температуры обрабатываемой заготовки.

Измерительные средства находятся в пределах от 20 % допуска проверяемого размера для деталей 8...14-го квалитетов и до 35 % допуска размера для деталей 5...7-го квалитетов.

Жесткость системы СПИД. Станок, приспособление, инструмент и деталь (заготовка) образуют систему, которая под воздействием сил резания упруго деформируется. Величина деформации зависит от силы резания и от жесткости системы. Неравномерное распределение припуска на поверхности заготовки, эксцентричное положение заготовки, неравномерная твердость обрабатываемого материала, большая длина заготовки и режущего инструмента способствуют увеличению деформации системы СПИД.

Часто в жесткости системы СПИД одно из звеньев играет решающую роль. Так, при обработке длинных валов жесткость токарного станка имеет второстепенное значение, решающим является прогиб заготовки. При фрезеровании цилиндрической фрезой и при обработке корпусных деталей на расточных станках жесткость деталей обычно велика, наибольший прогиб имеет оправка или борштанга. При выполнении сверлильных работ жесткость сверла намного меньше жесткости заготовки. Жесткость системы СПИД часто является фактором, ограничивающим режим обработки. С увеличением жесткости системы может быть повышена производительность и точность обработки резанием.

Погрешности, возникающие в результате упругих деформаций системы СПИД, могут достигать 20 – 80 % от суммарной погрешности обработки.

Наиболее существенное влияние на размер обрабатываемой заготовки оказывают перемещение звеньев СПИД в направлении, нормальном к обработанной поверхности,

которые в основном обусловлены действием составляющей силы резания P_y . Поэтому жесткостью системы СПИД принято называть отношение радиальной составляющей резания P_y к смещению лезвия инструмента обработанной поверхности, при действии всех составляющих силы резания.

Погрешность настройки станков. Обработка заготовок может выполняться методом пробных проходов или автоматическим получением заданного размера. В последнем случае размеры партии заготовок получают путем предварительной настройки станка.

При обработке методом пробных проходов каждую заготовку обрабатывают с установкой инструмента на заданный размер, поэтому с учетом небольшого пути резания нет необходимости учитывать размерный износ инструмента.

Погрешности заготовки вызывают увеличение рассеивания размеров заготовки в связи с колебаниями величины припуска и неравномерным распределением его на поверхности заготовки, смещениями отверстий в отливках, перекосом плоскостей и т.д. В связи с погрешностями формы и расположения поверхностей заготовки имеют место неравномерные припуски, что также приводит к упругим деформациям элементов СПИД.

Таким образом, происходит копирование исходной погрешности в определенном масштабе. Погрешность закономерно уменьшается при каждом выполняемом технологическом переходе (операции).

Контрольные вопросы

1. Определение точности механической обработки.
2. Влияние точности на качество поверхностей деталей машин.
3. Отличие между систематическими и случайными погрешностями.
4. Величина влияния различных технологических факторов на погрешность обработки резанием.

ЛЕКЦИЯ 3

ОСНОВЫ БАЗИРОВАНИЯ

1. *Основы базирования и теория размерных цепей. Выбор баз при обработке заготовок.*
2. *Погрешность установки заготовки.*
3. *Принципы постоянства базы и совмещения баз.*
4. *Основы базирования.*
5. *Базирование и базы.*
6. *Базирование призматической детали.*
7. *Базирование цилиндрической детали.*
8. *Базирование диска.*

1. Основы базирования и теория размерных цепей. Выбор баз при обработке заготовок

Перед обработкой резанием должно быть осуществлено базирование и закрепление заготовки на станке. Базированием называется придание заготовке требуемого положения относительно системы координат станка. Закреплением называется приложение сил к заготовке для обеспечения постоянства ее положения. Кроме того, в качестве баз могут служить сочетание поверхностей, а также ось и точка, принадлежащие заготовке.

По назначению базы подразделяют на: конструкторские, измерительные и технологические.

Конструкторской называется база, используемая для определения положения детали или сборочной единицы в изделии. Конструкторские базы бывают основные и вспомогательные. Первые используют для определения положения самой детали в изделии, а вторые – для определения положения присоединяемого изделия.

Измерительной базой называется совокупность поверхностей, линий и точек, от которых ведется отсчет выполняемых размеров при обработке заготовок или сборке.

Технологической называется база, используемая для определения положения заготовки в процессе ее обработки или ремонта.

По лишаемым степеням свободы технологические базы подразделяют на: установочные, направляющие и опорные.

Установочная база лишает заготовку 3-х степеней свободы – перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг двух других осей.

Направляющая база лишает заготовку 2-х степеней свободы – перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг другой оси.

Опорная база лишает заготовку одной степени свободы – перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг оси.

В зависимости от состояния поверхности заготовок технологические базы можно разделить на черновые и чистовые.

Необработанные поверхности, используемые в качестве баз при выполнении первой технологической операции, называются черновыми базами. Их используют только

один раз во избежание больших погрешностей при повторном применении. В качестве черновой базы желательно использовать поверхности, остающиеся в готовой детали необработанными, или при обработке которых снимается наименьший припуск. Этим обеспечивается более точное расположение обработанных и необработанных поверхностей.

После выполнения первой технологической операции в качестве технологических баз должны быть использованы чистовые базы – поверхности, обработанные на первой или последующих технологических операциях.

Схема расположения опорных точек на базах заготовки называется схемой базирования. Опорная точка символизирует одну из связей заготовки с выбранной системой координат.

Для ориентации заготовки на станке количество и расположение базирующих ее поверхностей должно обеспечить статически определимую установку. Для этого необходимо связать неподвижными опорами все шесть степеней свободы заготовки. Эти шесть степеней свободы сводятся к трем возможным перемещениям заготовки вдоль трех произвольно выбранных взаимно перпендикулярных осей координат и трем возможным вращениям относительно их.

Лишение каждой из степеней свободы заготовки производят путем прижатия к неподвижной одноточечной опоре приспособления. Таким образом, базирование заготовки производят в общем виде по шести опорным точкам, расположенным в трех перпендикулярных плоскостях. Все остальные неподвижные опоры – лишние. При лишнем опорах заготовка будет опираться не на все опоры или ее надо деформировать для того, чтобы прижать ко всем опорам.

На рис. 3.1 показано базирование призматической заготовки по шести опорам (правило шести точек) приспособления.

Базирование заготовки вала по цилиндрической поверхности в призмах с упором в торце и фиксированием одного поворота вокруг его оси шпонкой показано на рис. 3.2.

Призма лишает заготовку вала четырех степеней свободы (две направляющие базы). Остающиеся две степени свободы – движение вдоль оси заготовки и вращение вокруг этой же оси связывают упором в торец вала и шпонкой, которая входит в шпоночный паз заготовки.

Базирование нельзя заменить закреплением. Если из шести опорных точек отсутствует одна или несколько, то у заготовки остается соответственно одна или несколько степеней свободы.

Заменить отсутствующие опорные точки закреплением с целью базирования нельзя, но можно придать заготовке неподвижность.

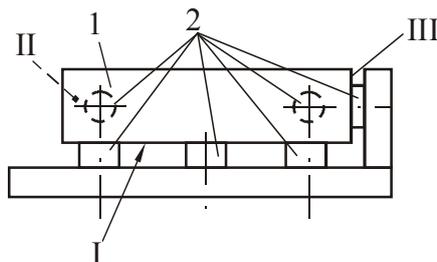


Рисунок 3.1 – Схема установки призматической заготовки в приспособлении
I – установочная база; II – направляющая база; III – опорная база; 1 – заготовка,
2 – опоры приспособления

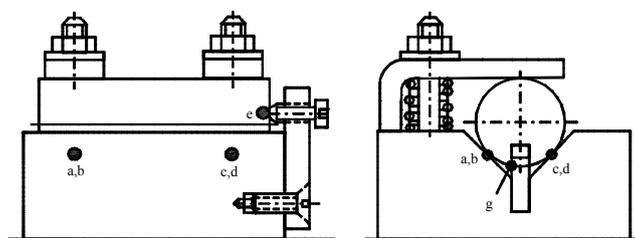


Рисунок 3.2 – Схема установки заготовки вала с использованием призмы
 а, с и b, d – соответственно две направляющие базы заготовки, лишаящие ее четырех степеней свободы; e – опорная база заготовки, g – опорная база в шпоночном пазе заготовки

При выборе технологических баз следует обеспечить устойчивость и жесткость установки заготовки, необходимую ориентацию ее в приспособлении и вполне определенное положение относительно принятой системы координат, чтобы лишить заготовку всех шести степеней свободы. Это достигается при числе установочных элементов, равном шести (правило шести точек). На рис. 3.3а показана схема установки заготовки *A* на шесть точек при фрезеровании паза. Принятая схема базирования с зажимом заготовки силой *Q* обеспечивает необходимую точность обработки паза относительно других поверхностей заготовки.

При выполнении некоторых технологических операций допускается неполная ориентация заготовки.

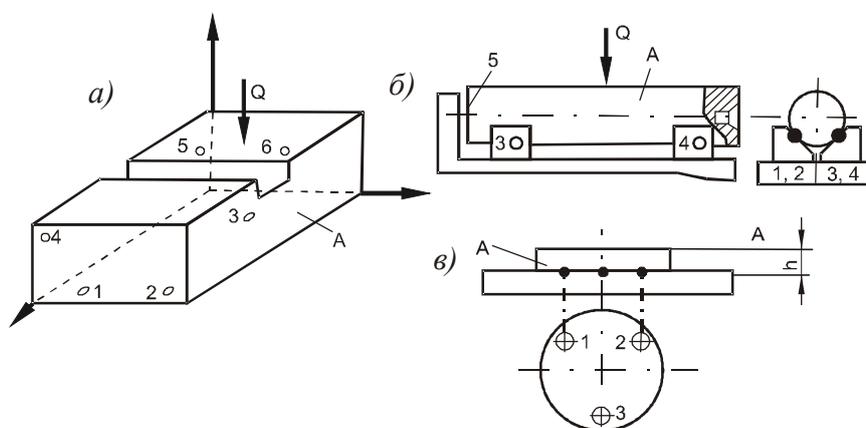


Рисунок 3.3 – Схема установки заготовок с лишением различного количества степеней свободы:
 а – шести; б – пяти; в – трех; *A* – заготовки

Например, на рис. 3.3 показана схема центрования торца с установкой заготовки *A* в призме. При данном базировании заготовка лишена пяти степеней свободы; угловое положение заготовки не фиксировано, поскольку не играет роли в выполнении данной операции. На рис. 3.3 в показана схема установки дисковой заготовки *A* на три точки на магнитном столе плоскошлифовального станка при шлифовании торцевой поверхности. В данном случае при получении размера *h* точная установка заготовки в горизонтальной плоскости и относительно вертикальной оси не требуется. Закрепление заготовки на магнитном столе не изменит неопределенности ее положения относительно нелишенных степеней свободы, но обеспечит ее неподвижность и выполнение размера *h* в процессе шлифования абразивным кругом.

Для опорной базы выбирают любой ровный участок соответствующей поверхности заготовки. Если технологические базы не обеспечивают необходимую жесткость заготовки при ее закреплении и обработке, то применяют дополнительную (регулируемую) опору.

2. Погрешность установки заготовки

Погрешностью установки называют отклонение фактически достигнутого положения заготовки или изделия при установке от требуемого.

Применительно к обработке резанием при анализе, погрешности установки следует учитывать принятый метод установки заготовок: в специальном приспособлении (без выверки их положения) или с индивидуальной выверкой их положения.

Рассмотрим сначала погрешность установки заготовок первым методом, т.е. в специальном приспособлении. При этом погрешность складывается из погрешности базирования Δ_b , погрешности, вызванной действием зажимной силы при закреплении заготовки Δ_z , и погрешности, обусловленной приспособлением $\Delta_{пр}$.

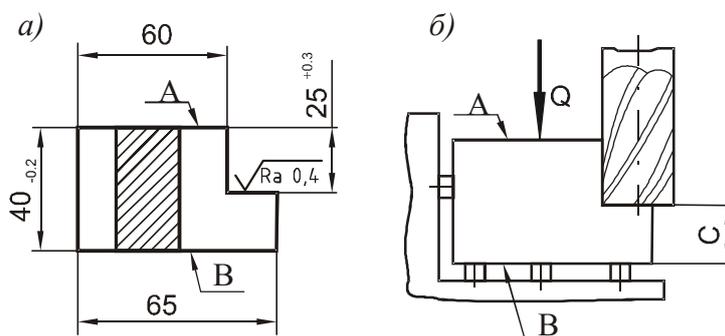


Рисунок 3.4 – Схемы фрезерования уступа при различных вариантах установки заготовки: а – операционный чертеж заготовки; б – схема установки заготовки при несовпадении измерительной А и установочной В баз; Q – зажимная сила

Отклонение фактически достигнутого положения заготовки при базировании от требуемого определяет собой погрешность базирования.

Погрешность базирования возникает в связи с несовпадением измерительной базы с установочной.

На рис. 3.4 а приведен эскиз заготовки, в которой необходимо фрезеровать уступ в размер 25 мм с допуском 0,3 мм. В рассматриваемом случае измерительной базой является поверхность А. Обработка выполняется при постоянной установке фрезы в размер С (рис. 3.4 б), причем установочной базой является поверхность В заготовки. При данной схеме базирования положение измерительной базы для отдельных заготовок будет колебаться в пределах допуска 0,2 мм на размер 40 мм. Величина 0,2 мм и будет погрешностью базирования ($\Delta_b = 0,2$ мм).

Пример базирования цилиндрической заготовки по отверстию показан на рис. 3.5. При установке заготовки на цилиндрическую (коническую) оправку с натягом погрешность базирования в радиальном направлении отсутствует. Если же заготовка установлена на цилиндрической оправке с зазором, то возникнет погрешность базирования при обработке поверхности диаметром d .

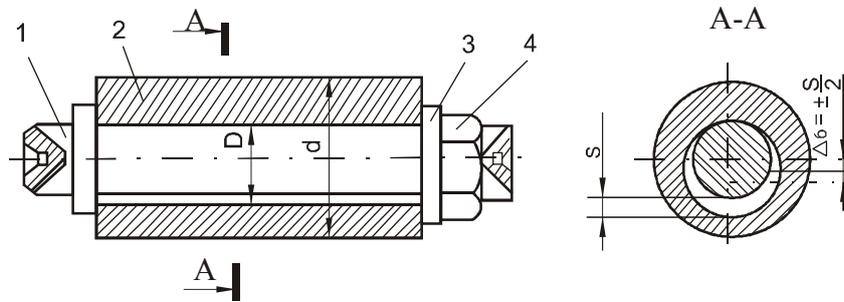


Рисунок 3.5 – Схема образования погрешности базирования при установке заготовки на цилиндрической оправке с зазором: s – зазор; Δ_b – погрешность базирования; 1 – центровая цилиндрическая оправка; 2 – заготовка (штулка); 3 – быстросменная шайба; 4 – гайка

Измерительная база заготовки (ось отверстия заготовки) в процессе базирования может смещаться относительно оправки на величину, равную величине зазора. При несовпадении измерительной и технологической баз возникнет биение наружной поверхности цилиндрической заготовки d относительно внутренней поверхности отверстия D . В результате появится погрешность базирования, равная величине максимального зазора

$$\Delta_b = \pm \frac{S}{2} = S \max, \quad (3.1)$$

Погрешность закрепления Δ_3 определяется колебаниями контактных деформаций элементов, через которые передается сила закрепления, и в первую очередь контактными деформациями в местах стыка поверхности заготовки с опорами приспособления. Снижение Δ_3 может быть достигнуто путем стабилизации зажимной силы и ее рационального направления, а также путем повышения однородности материала заготовки и ее поверхностного слоя. Третьей составляющей погрешности установки является погрешность, обусловленная приспособлением $\Delta_{пр}$. Эта погрешность определяется погрешностью изготовления приспособления, состоянием приспособления (износом) и погрешностью установки приспособления на станке.

Погрешность приспособления при его изготовлении регламентируется техническими условиями и в общем случае составляет 0,25...0,1 допуска на соответствующий обрабатываемый размер заготовки. В процессе эксплуатации приспособления наблюдается износ его установочных элементов, а также элементов, предназначенных для направления и установки режущего инструмента. В зависимости от точности обрабатываемой заготовки устанавливаются предельно допустимые износы установочных элементов. Например, при обработке заготовок средних размеров по 6...9-му квалитетам допустимый износ установочных элементов приспособления не должен превышать 0,015 мм. Погрешность установки приспособления на станке при неизменном его закреплении является постоянной величиной и при тщательной выверке приспособления может быть незначительной. В условиях серийного производства при периодической смене приспособлений погрешность установки является случайной величиной, изменяющейся в пределах 0,01...0,02 мм.

Таким образом, при расчете погрешности установки Δ_y все три слагаемые погрешности суммируются как случайные величины:

$$\Delta_y = \sqrt{\Delta_b^2 + \Delta_3^2 + \Delta_{пр}^2}, \quad (3.2)$$

где Δ_b – погрешность базирования; Δ_3 – погрешность закрепления; $\Delta_{пр}$ – погрешность, обусловленная приспособлением.

Рассмотрим погрешность установки заготовок при индивидуальной выверке, которая характерна для единичного и мелкосерийного производств. Выверку заготовок осуществляют либо непосредственно по поверхностям заготовок, либо по разметочным рискам. Погрешность установки заготовки данным методом зависит от субъективных факторов. Так, например, при установке заготовок средних габаритов с выверкой по необработанным или грубо обработанным поверхностям погрешность установки по длине и на биение составляет 0,5...1,5 мм, а при установке с помощью индикатора по поверхности, обработанной чистовым точением – 0,02...0,05 мм.

3. Принципы постоянства базы и совмещения баз

При изготовлении детали из заготовки часто выполняется большое число технологических операций обработки резанием и на каждой из них возникают погрешности. В ряде случаев эти погрешности могут достигать значительной величины, превышающей допусковые значения. Для обеспечения требуемой точности обработки резанием необходимо принять меры для возможного уменьшения возникающих погрешностей. С этой целью применяют принцип постоянства базы и принцип совмещения баз.

Принцип постоянства базы заключается в том, что при возможно большем числе операций используют одну и ту же технологическую базу. В этом случае на последующих операциях исключается влияние погрешностей расположения технологических баз на точность изготовления детали.

Принцип совмещения баз заключается в том, что в качестве технологических баз используют измерительные базы. При этом не наблюдается влияние погрешностей расположения технологических и измерительных баз на точность изготовления детали.

Применение одновременно принципа постоянства базы и принципа совмещения баз создает условия для уменьшения погрешности при обработке резанием.

Правильный выбор баз имеет важное значение как для получения деталей высокой точности, так и для обеспечения высокой производительности процесса резания.

Правильно выбранная система баз должна обеспечить требуемое положение заготовки при обработке резанием, жесткое и устойчивое закрепление заготовки с учетом воздействия на заготовку сил и моментов резания, свободный доступ режущего инструмента к обрабатываемой поверхности и возможность выполнения необходимых измерений.

Перед обработкой заготовок на станках применяют два метода базирования: с выверкой по проверочным установочным базам и без выверки по опорным установочным базам.

При базировании с выверкой используют в качестве проверочных баз обрабатываемые поверхности или разметочные риски.

В обоих случаях требуемое положение обрабатываемой заготовки обеспечивается рядом выверок: после предварительной грубой установки положение заготовки проверяют рейсмусом или индикатором, затем по результатам проверки положение обрабатываемой заготовки исправляют соответствующим смещением, подклиниванием и другими способами. Затем проверка повторяется и в случае надобности продолжается до тех пор, пока не будет достигнута необходимая точность положения.

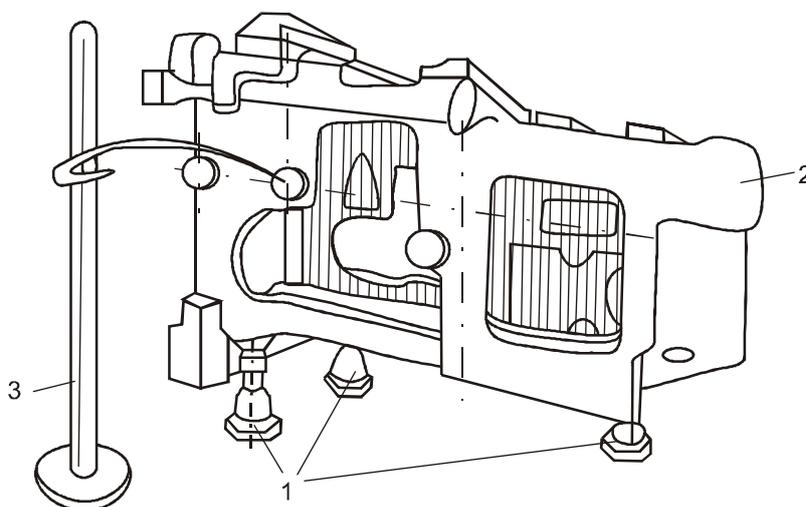


Рисунок 3.6 – Схема выверки заготовки корпусной детали по проверочной установочной базе:
1 – домкраты; 2 – заготовка; 3 – рейсмус

На рис. 3.6 показана выверка корпусной заготовки (2) по проверочной базе на домкратах (1) посредством рейсмуса (3); пунктиром показана линия разметки.

Базирование с выверкой по проверочным базам вызывает необходимость разметки заготовок, вследствие чего этот метод обычно применяют в индивидуальном и мелкосерийном производствах.

Установка обрабатываемой заготовки на станке с выверкой по проверочным базам не обеспечивает устойчивое положение заготовки, поэтому часто применяют трудоемкий способ выверки со снятием контрольных стружек и последующими контрольными промерами.

Базирование без выверки по опорным установочным базам широко применяют в серийном и массовом производствах. При этом методе базирования необходимого положения обрабатываемой заготовки достигают контактом опорных баз заготовки с соответствующими установочными элементами приспособления.

В современном производстве базирование обрабатываемой заготовки по опорным установочным базам позволяет осуществить автоматизацию обработки в пределах заданной точности, которая обеспечивается заранее установленным на требуемый размер режущим инструментом или использованием упора и копиров.

При выборе баз должны быть применены: правило шести точек, принцип постоянства базы и принцип совмещения баз.

В качестве черновых баз используют поверхности заготовки, полученные отливкой, штамповкой, ковкой или прокаткой. Чистовыми базами служат обработанные поверхности. Для обеспечения надежной установки и закрепления заготовки опорные точки должны стоять друг от друга достаточно далеко. При недостаточно жестких заготовках используют дополнительные подводимые регулируемые опоры. Наиболее точное базирование при обработке валов обеспечивают центровые гнезда на торцах вала. В качестве чистовых баз при обработке втулок, дисков, зубчатых колес, шкивов и подобных деталей используют цилиндрические поверхности основных отверстий, при этом установку и закрепление заготовки на станке производят с помощью оправки.

Базирование корпусных деталей (блок цилиндров, коробка передач, корпус заднего моста) осуществляют с использованием плоскости и двух точно обработанных технологических отверстий на ней. В качестве установочной технологической базы обычно прини-

мают плоскость наибольшей протяженности, являющуюся обычно конструкторской и измерительной базой. Линейную и угловую ориентацию заготовки на этой плоскости производят с помощью двух установочных пальцев (цилиндрического и ромбического), закрепленных на установочной плите приспособления, которые при установке на станке входят в технологические отверстия заготовки.

Выбирая схему простановки размеров, конструктор должен исходить из обеспечения высокой технологичности конструкции детали, на изготовление которой затрачивается меньше времени, требуется простое приспособление, а необходимая точность достигается надежно. Рассмотрим пример подобного решения.

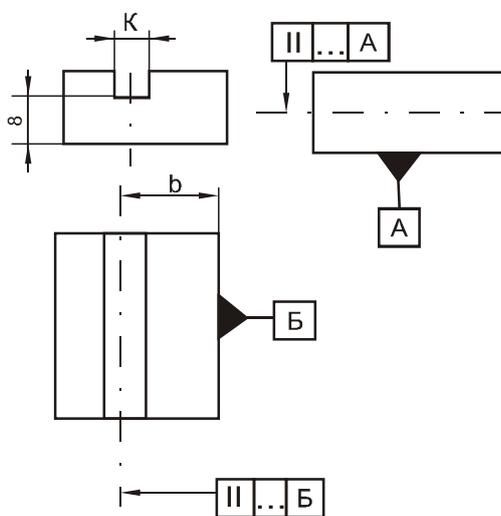


Рисунок 3.7 – Операционные требования к точности фрезерования паза в призматической заготовке

На фрезерную операцию даны следующие технические требования: при фрезеровании паза шириной K выдержать размеры a и b и обеспечить параллельность оси паза относительно поверхности B , а дно паза – относительно основания A (рис. 3.7).

Для выполнения этих требований разработана схема базирования, в которой удалось совместить измерительные базы A и B с технологическими базами (рис. 3.8 *a*) и таким образом использовать принцип совмещения баз.

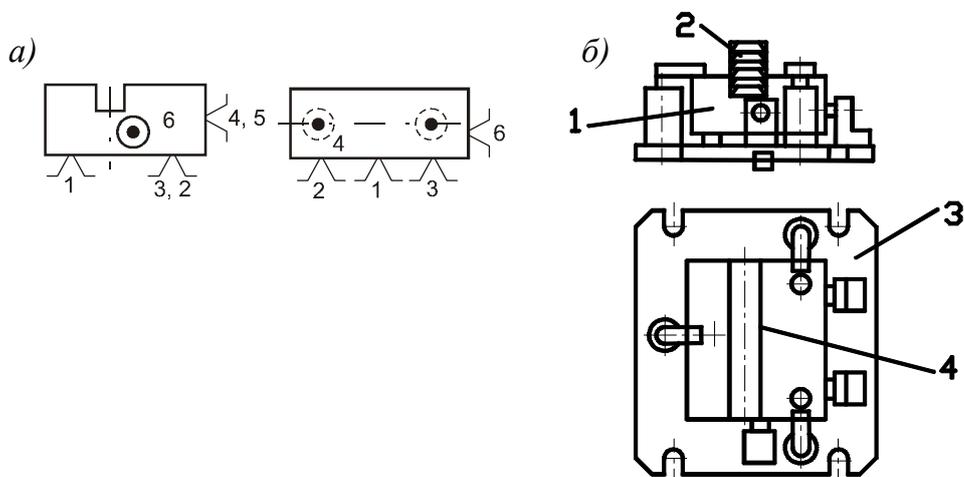


Рисунок 3.8 – Схема базирования (*a*) и схема установки призматической заготовки в приспособлении при фрезеровании шпоночного паза (*б*): 1 – призматическая заготовка; 2 – дисковая фреза; 3 – приспособление; 4 – шпоночный паз в заготовке

На основе схемы базирования было спроектировано приспособление, схема установки призматической заготовки, которая приведена на рис 3.8 б. С помощью этого приспособления на фрезерной операции при фрезеровании паза шириной K размеры a и b и параллельность оси паза относительно поверхности B , а дно паза – относительно основания A будут выдержаны технологически на всей обрабатываемой партии заготовок.

4. Основы базирования

Определение положения детали в машине и в процессе ее изготовления является важнейшей задачей, решение которой влияет на качество деталей и машины в целом. Теория базирования является одним из «китов» технологического машиностроения. Большой вклад внесли в теорию базирования: Б.С. Балакшин, А.И. Каширин, В.М. Кован, А.А. Маталин, А.П. Соколовский, В.П. Фираго, И.М. Колесов и другие. Теория базирования разрабатывалась в двух направлениях. В основе первого направления лежит обобщение опыта машиностроения, а другое, научное направление, опирается на законы теоретической механики. Второе направление (автор Б.С. Балакшин – 40-е годы XX века) принято при разработке ГОСТа 21495–76 «Базирование и базы в машиностроении».

Теоретическая механика рассматривает два состояния твердого тела «покоя» и «движения». Эти понятия относительны, необходимо поэтому указывать систему отсчета. Если положение тела относительно выбранной системы отсчета со временем не изменяется, то считается, что это тело покоится относительно данной системы отсчета. Если же тело изменяет свое положение относительно выбранной системы отсчета, значит тело находится в движении. Требуемое положение или движение тела достигается наложением геометрических или кинематических связей.

Связями в теоретической механике называют условия, которые налагают ограничения либо только на положение, либо также и на скорость точек тела. В первом случае геометрическая связь, во втором – кинематическая.

Связи обычно осуществляются в виде различных тел, стесняющих свободу движения данного тела. Независимые перемещения, которые может иметь тело, называют степенями свободы.

Абсолютно твердое тело имеет шесть степеней свободы (3 перемещения и 3 вращения). Для того чтобы придать телу необходимое положение и состояние покоя относительно выбранной системы отсчета, его надо лишить шести степеней свободы, наложив на него шесть двусторонних геометрических связей.

Аналитическое определение положения абсолютно твердого тела сводится к заданию значений шести независимых параметров, однозначно характеризующих его положение. С твердым телом связывают подвижную систему координат $O_1X_1Y_1Z_1$. Ее положение в системе координат $OXYZ$ можно характеризовать различными способами (рис. 3.9).

По первому способу (рис. 3.9 а) положение подвижной системы координат в системе $OXYZ$ характеризуют координаты x, y, z начала O_1 и три угла Эйлера: угол нутации, угол прецессии и угол собственного вращения системы $O_1X_1Y_1Z_1$.

По другому способу (рис. 3.9 б) положение подвижной системы координат в системе $OXYZ$ характеризуют шесть точек, из которых три определяют положение

плоскости $X_1O_1Y_1$, две – $X_1O_1Z_1$ и одна – $Y_1O_1Z_1$. Из восемнадцати координат, определяющих положение шести точек, шесть ($z_1, z_2, z_3, y_4, y_5, x_6$) будут независимыми.

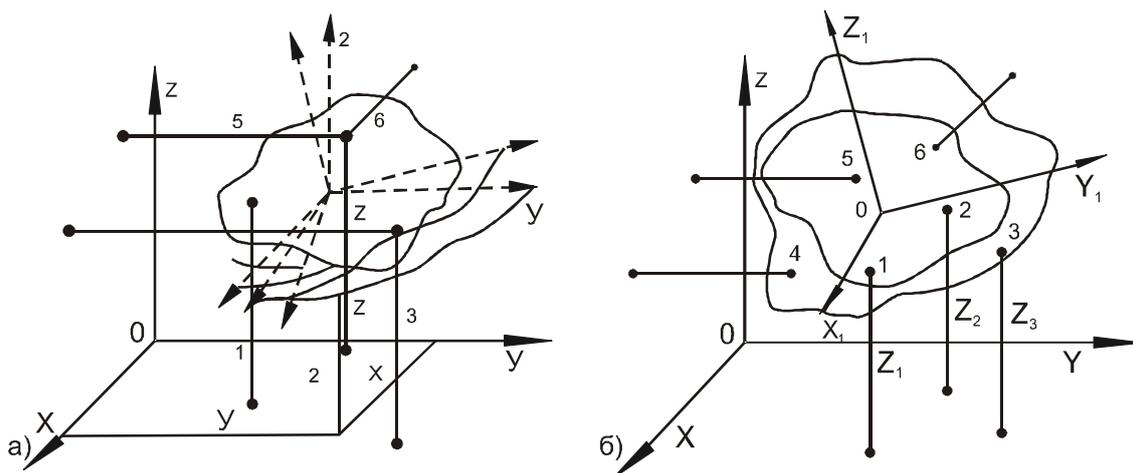


Рисунок 3.9 – Определение положения абсолютно твердого тела

Неизменность их значений есть условие действия шести геометрических связей, наложенных на тело.

Тело находится в неподвижном состоянии, если выполняются два условия:

- 1) сумма всех активных сил, действующих на тело, и реакции равна нулю;
- 2) в начальный момент скорость тела также равна нулю.

Если в избранной системе отсчета требуется создать движение тела с определенной скоростью в одном или нескольких направлениях, то соответствующее число геометрических связей должно быть заменено таким же числом кинематических связей.

5. Базирование и базы

Базирование – придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат.

Теоретически базирование детали (изделия и т.п.) связано с лишением ее шести степеней свободы.

Придание детали требуемого положения в избранной системе координат осуществляется путем соприкосновения ее поверхностей с поверхностями детали или деталей, на которые ее устанавливают или с которыми ее соединяют.

Фиксация достигнутого положения и постоянство контакта обеспечивается силами, в числе которых первым проявляется действие массы самой детали и сил трения. Реальные детали машин ограничены поверхностями, имеющими отклонения формы от своего идеального прототипа.

Поэтому базируемая деталь может контактировать с деталями, определяющими ее положение лишь на отдельных элементарных площадках, условно считаемых точками контакта (рис. 3.10).

В общем случае при сопряжении детали по трем поверхностям с деталями, базирующими ее, возникает шесть точек контакта. При этом точки контакта распределяются определенным образом.

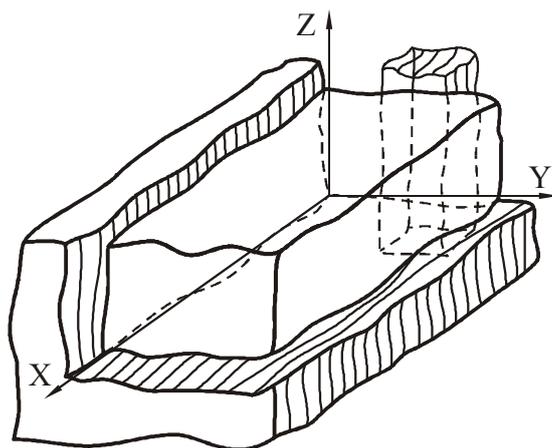


Рисунок 3.10 – Сопряжение реальных деталей

Базирование детали осуществляется с помощью нескольких ее поверхностей, которые выполняют функцию баз.

Базой называется поверхность, или заменяющее ее сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащая заготовке или изделию и используемая для базирования.

Для базирования детали обычно требуется несколько баз, образующих систему координат. Совокупность трех баз, образующих систему координат заготовки (изделия, детали) называют комплектом баз.

На схемах двусторонние связи заменяются опорными точками. Опорная точка – символ связи, который изображается в виде «галочки» или «ромбика» (рис. 3.11).

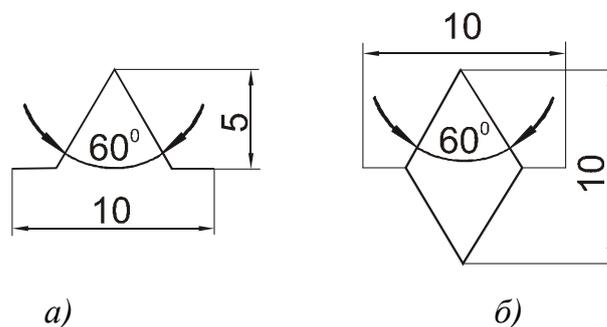


Рисунок 3.11 – Изображение опорной точки: *a* – вид сбоку; *б* – вид сверху

6. Базирование призматической детали

Базирование призматической детали схематично можно изобразить так, как показано на рис. 3.12.

Базирование призматической детали с использованием двусторонних связей представлено на рис. 3.13.

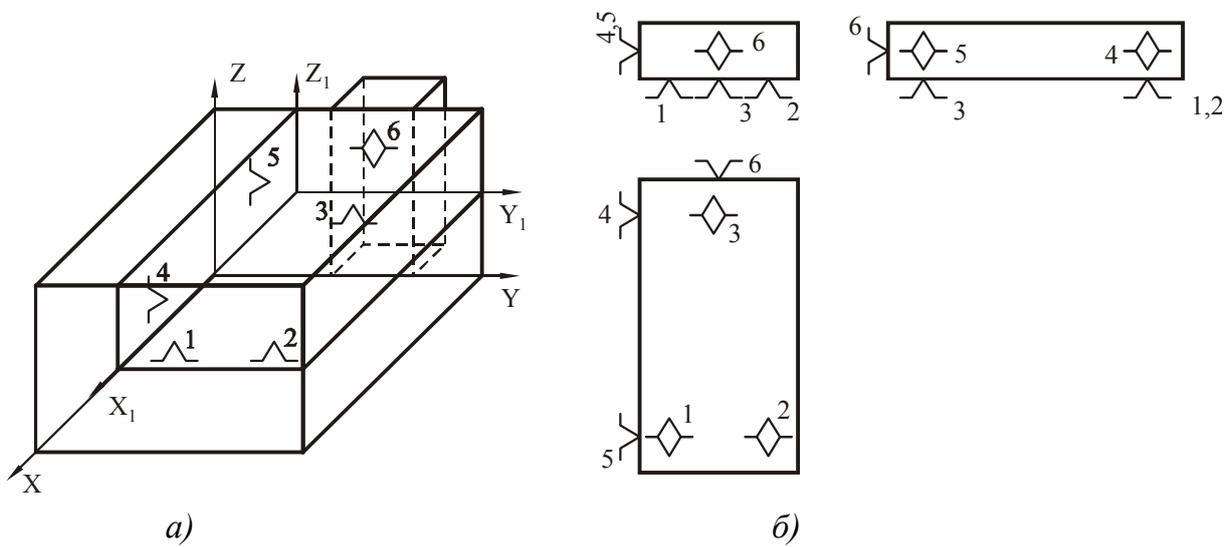


Рисунок 3.12 – Базирование призматической детали: *а* – в трехмерном изображении; *б* – в проекциях на плоскостях

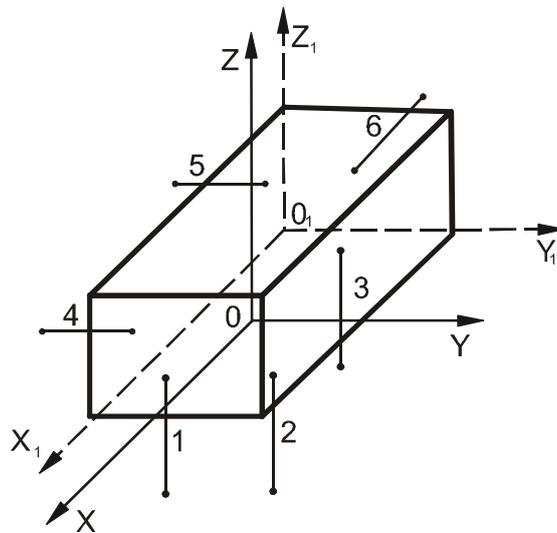


Рисунок 3.13 – Базирование деталей с помощью двусторонних связей

При базировании призматической детали, в качестве баз используются три поверхности, которые образуют комплект баз, включающий в себя установочную, направляющую и опорные базы (рис. 3.14).

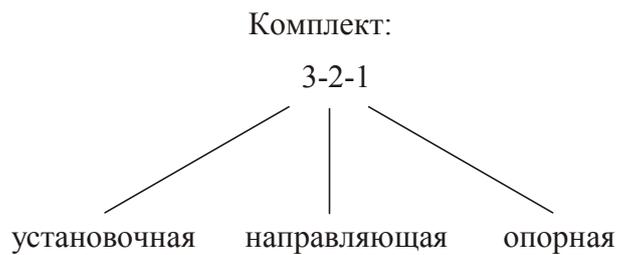


Рисунок 3.14 – Комплект баз призматической детали

Установочной базой называется база, которая накладывает на деталь три двусторонние связи и, тем самым, лишает деталь трех перемещений. На практических схемах установочная база отображается тремя опорными точками. Например, на рис. 3.13 первая двусторонняя связь (или первая опорная точка) лишает деталь перемещения вдоль оси OZ ; вторая – вращения вокруг оси параллельной OX ; третья – вращения вокруг оси параллельной OY .

Направляющей базой называется база, которая накладывает на деталь две двусторонние связи, лишает деталь двух перемещений. На практических схемах направляющая база отображается двумя опорными точками. На рис. 3.13 четвертая двусторонняя связь (или четвертая опорная точка) лишает деталь перемещения вдоль оси OY ; пятая – вращения вокруг оси параллельной OZ .

Опорной базой называется база, которая накладывает одну двустороннюю связь и лишает деталь одного перемещения. На практических схемах опорная база отображается одной опорной точкой. На рис. 3.13 шестая двусторонняя связь (или шестая опорная точка) лишает деталь перемещения вдоль оси OX .

7. Базирование цилиндрической детали

Любая цилиндрическая деталь имеет две плоскости симметрии, которые, пересекаясь, образуют ось.

Эта особенность и позволяет использовать при базировании цилиндрической детали в качестве базы ось. Базирование цилиндрической детали с использованием двусторонних связей представлено на рис. 3.15.

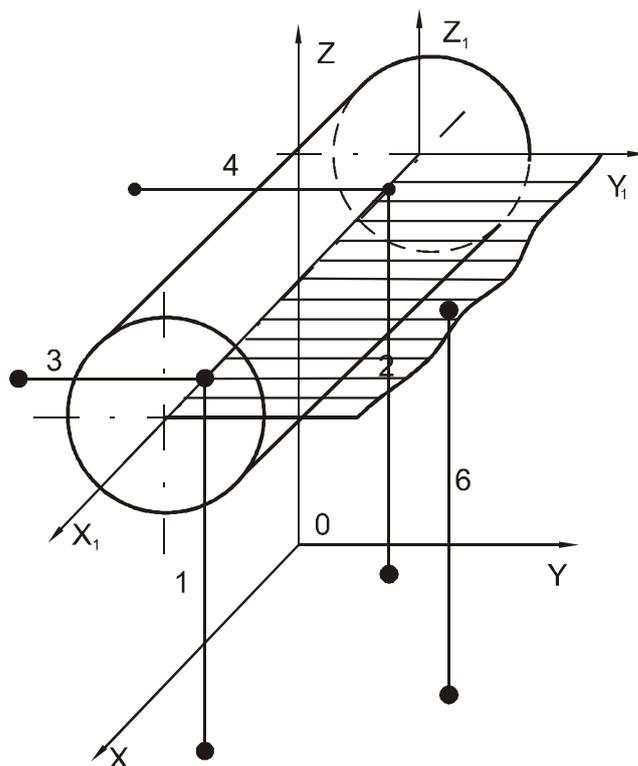


Рисунок 3.15 – Базирование цилиндрической детали

При базировании цилиндрической детали в качестве баз используются ось и две плоские поверхности, которые образуют комплект баз, включающий в себя двойную направляющую и две опорные базы (рис. 3.16).



Рисунок 3.16 – Комплект баз цилиндрической детали

Двойной направляющей базой называется база, которая накладывает 4 двусторонние связи и лишает, тем самым, деталь 4-х перемещений. На практических схемах двойная направляющая база отображается 4 опорными точками. Например, на рис. 3.15 первая двусторонняя связь лишает деталь перемещения вдоль оси OZ ; вторая – вращения вокруг оси OY ; третья – перемещения вдоль оси OY ; четвертая – вращения вокруг оси OZ .

Из двух опорных баз у цилиндрической детали одна лишает деталь перемещения, а другая вращения. На рис. 3.15 пятая опорная точка лишает деталь перемещения вдоль оси OX , а шестая – вращения вокруг оси OX .

8. Базирование диска

Деталь типа «диск», как правило, имеет две плоскости симметрии, которые, пересекаясь, образуют ось, и хорошо развитые торцовые поверхности. Базирование детали типа «диск» с использованием двусторонних связей приведено на рис. 3.17.

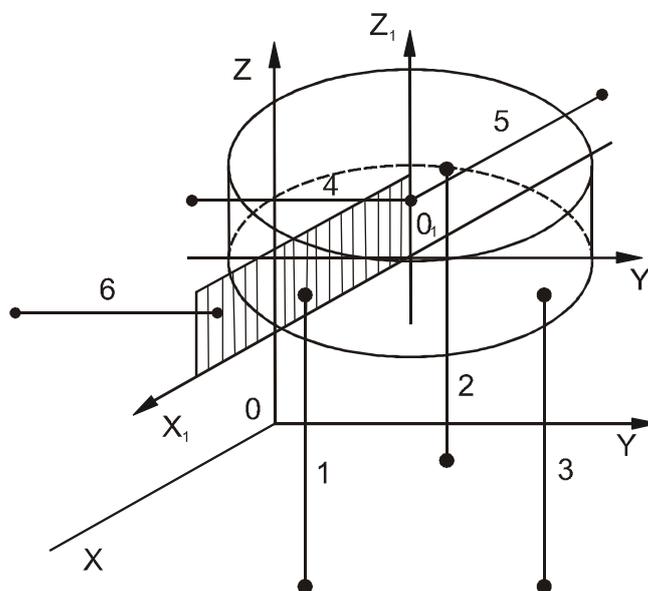


Рисунок 3.17 – Базирование детали типа «диск»

При базировании детали типа «диск» в качестве баз используются ось и две плоскости, которые образуют комплект, включающий в себя установочную, двойную опорную и опорную базы (рис. 3.18).

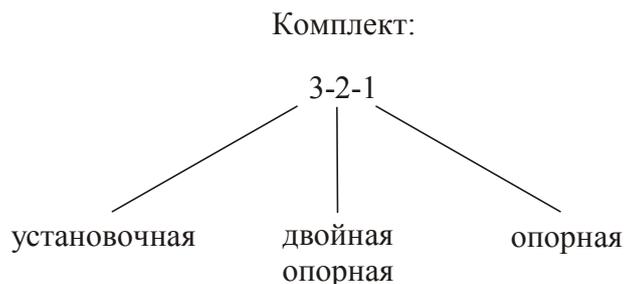


Рисунок 3.18 – Комплект баз деталей типа «диск»

Установочная база – лишает деталь трех степеней свободы. Эта база была рассмотрена при базировании призматической детали. У диска эта база выполняет ту же функцию – она лишает деталь одного перемещения и двух вращений.

Первая двусторонняя связь (первая опорная точка) лишает деталь перемещения вдоль оси OY (рис. 3.17); вторая – вращения вокруг оси параллельной OZ ; третья – вращения вокруг оси параллельной OX .

Двойной опорной базой называется база, которая накладывает 2 двусторонние связи и лишает деталь 2 перемещений во взаимно перпендикулярных направлениях. Обе двусторонние связи накладываются на оси, но одна в горизонтальной, а другая в вертикальной плоскости симметрии.

Опорная база накладывает одну двустороннюю связь и лишает деталь типа «диск» вращения вокруг своей оси. Располагается такая база как можно дальше от оси в горизонтальной или вертикальной плоскости симметрии. Реализуется в виде паза или лыски на цилиндрической поверхности детали.

Итак, при базировании любой детали действует правило «шести точек». Сущность его такова: для определения положения детали необходимо и достаточно лишить ее шести степеней свободы, то есть задать координаты шести точек. При нарушении правила шести точек появляется неопределенность базирования.

Базирование необходимо на всех стадиях создания изделия. Несмотря на разнообразие задач, возникающих при этом, ГОСТом 21495–76 предусмотрена классификация баз по трем признакам: по решаемым задачам, по числу лишаемых степеней свободы и по конструктивному оформлению. Схематично классификация баз представлена на рис. 3.19.

Конструкторской базой называется база, которая определяет положение детали или сборочной единицы (СЕ). Различают конструкторские базы основные и вспомогательные.

Основная база – база, принадлежащая детали и используемая для определения ее положения в изделии.

Вспомогательная база – база, принадлежащая детали, используемая для определения положения присоединяемой к ней детали.

Технологическая база – база, которая определяет положение заготовки или изделия в процессе изготовления и ремонта.

Измерительной базой называется база, которая определяет положение заготовки или изделия и средств измерения.

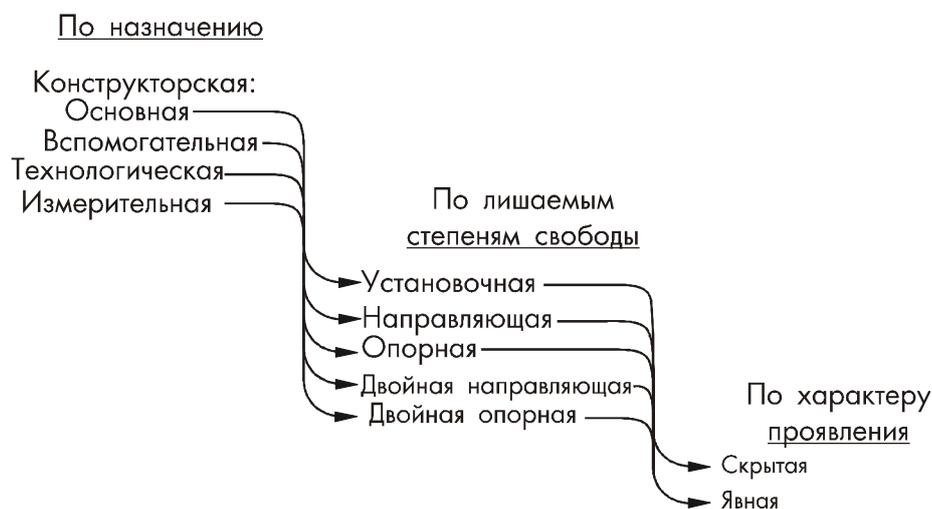


Рисунок 3.19 – Классификация баз

По числу лишаемых степеней свободы базы различают: установочную, направляющую, опорную, двойную направляющую, двойную опорную. Характеристики этих баз были рассмотрены выше при изучении базирования различных деталей.

По конструкторскому оформлению различают базы явные и скрытые.

Явной базой называется реальная поверхность, разметочная риска или точка пересечения рисок. Скрытой базой называется ось, воображаемая поверхность или точка. Схемы базирования при использовании скрытых баз приведены на рис. 3.20.

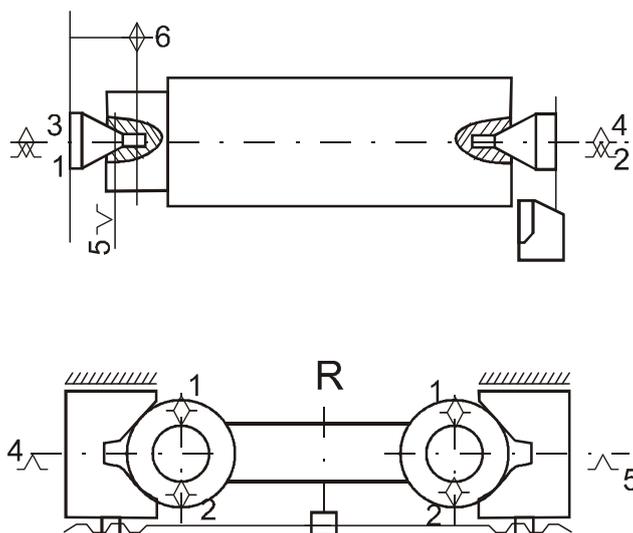


Рисунок 3.20 – Базирование деталей с использованием явных и скрытых баз

Контрольные вопросы

1. Основные принципы выбора баз при обработке заготовок.
2. Составляющие погрешности установки заготовки.
3. Принципы постоянства базы и совмещения баз.
4. Дать определение базированию.
5. Классификация баз.

ЛЕКЦИЯ 4

СИСТЕМЫ РАЗМЕРНЫХ СВЯЗЕЙ

1. Системы размерных связей.
2. Определение понятия «связь».
3. Аналитическое выражение связей. Прямая и обратная задача.
4. Ограничение отклонений показателей связи допусками.
5. Свойства связей.

1. Системы размерных связей

Машина представляет собой не механическое соединение разнообразных деталей и совокупность разрозненных, независимых друг от друга явлений, происходящих в ней, а нечто единое целое, все составляющее которого (материалы, приданные им формы, размеры) органически связаны между собой.

Работа машины обеспечивается действием многочисленных связей между явлениями различного физического содержания.

Производственный процесс реализует требуемые связи в изготавливаемой машине (изделии) с помощью своих связей между объектами и явлениями различного физического содержания.

Производственный процесс реализует требуемые связи в изготавливаемой машине (изделии) с помощью своих связей между объектами и явлениями, сопровождающими его. Строение связей в производственном процессе предопределяется связями в конструкции изготавливаемой машины и экономическими соображениями. Поэтому связи производственных процессов имеют строгую направленность и целеустремленность.

2. Определение понятия «связь»

В каждой отрасли науки понятие «связь» определяется применительно к рассматриваемым задачам и явлениям.

Связь – взаимообусловленность существования явлений, разделенных в пространстве и (или) во времени. Связь между какими-то объектами понимают как отношение между ними, при котором наличие (отсутствие) или изменение других объектов.

Какое-либо общее свойство или признак, делающие возможной связь называется основанием связи.

В машине существуют размерные, кинематические и динамические связи, с помощью которых она выполняет свое служебное назначение. Например, токарный станок.

Размерные связи – используются при придании нужного относительного положения заготовке и инструменту в рабочем пространстве станка.

Кинематические связи – используются для создания требуемого относительного движения.

Динамические связи – обеспечивают процесс резания.

Между операциями процесса и на каждой операции также действуют связи, обеспечивающие нужные размеры и их точность. Обработка заготовки сопровождается действием временных связей, образуемых затратами времени на выполнение операции.

Проектирование машины, технического процесса, производственного процесса – выбор и целенаправленное построение строго определенных систем связей, действие которых и обеспечивает получение качественной продукции.

3. Аналитическое выражение связей. Прямая и обратная задача

Математическое соотношение, отражающее качественную сторону связи явлений или объектов, называют уравнением связи. В общем виде оно может быть записано так:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (4.1)$$

В различных задачах y и x_i уравнения связи могут иметь разный смысл (табл. 4.1).

Таблица 4.1 – Смысл функции и аргументов в различных задачах

| Задача | y | x_1, x_2, \dots, x_n |
|--|--|---|
| Переход от служебного назначения машины к связям | Показатель служебного назначения машины | Показатели какого-то вида связей, обеспечивающие выполнение служебного назначения по показателю y |
| Преобразование связей в машине или производственные процессы | Показатель данного вида связи | Показатели другого вида связей, к которому осуществляется переход |
| Обеспечение действия связей одного вида | Показатель данного вида в машине или производственные процессы | Показатели того же вида, обеспечивающие значение y |

При создании машины встречаются два типа задач: прямая и обратная.

В прямой задаче (рис. 4.1 а) значение функции в уравнении связей известно (задано условием задачи). Решение задачи сводится к установлению значений аргументов, удовлетворяющих значению функции. Прямую задачу называют проектной. При наличии единственного уравнения связи и известном значении функции возможно бесчисленное сочетание значений аргументов.

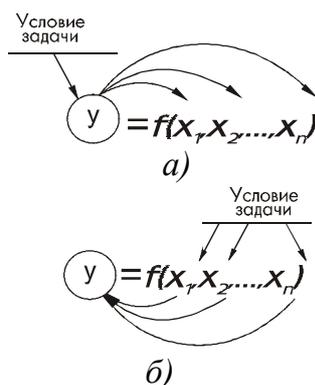


Рисунок 4.1 – Схемы решения прямой (а) и обратной (б) задач

Поэтому единственный путь решения такой задачи – подбор аргументов, исходя из значения функции. Опыт решения подобных задач позволяет сократить число решений.

Обратная задача имеет противоположное направление решения (рис. 4.1 б). Решение обратной задачи сводится к определению значения функции по известным из условия задачи значениям аргументов. Такую задачу называют проверочной.

Различие в направленности решения прямой и обратной задач имеет принципиальное значение, так как за этим стоит направленность действий в проектировании машины, технологического процесса. Все проектные работы ведутся от конечного результата. Процесс изготовления машины идет в противоположном направлении.

4. Ограничение отклонений показателей связи допусками

Все связи в производственных процессах и в машине носят вероятностный характер. Поэтому величины x_1, x_2, \dots, x_n имеют отклонения, носящие случайный характер, а их функция «у» представляет собой функцию случайных аргументов, которую необходимо ограничивать допусками. Согласно теории вероятности среднее значение «у» будет функцией средних значений аргументов:

$$\bar{y} = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n) \quad (4.2)$$

Для ограничения рассеяния случайных отклонений функций и аргументов полями допусков можно воспользоваться формулой:

$$\sigma_y^2 = \sum_{i=1}^n \left[\frac{dy}{dx_i} \right] \cdot \sigma_{x_i}^2 + 2 \sum_{i=1}^n \left[\frac{dy}{dx_j} \right]_{x_0} \left[\frac{dy}{dx_i} \right]_{x_0} \sigma_{x_i} \sigma_{x_j} k_{x_i} k_{x_j}$$

Так как в корреляционной связи между допусками нет, то для перехода к ним достаточно зависимость:

$$\sigma_y^2 = \sum_{i=1}^n \left[\frac{dy}{dx_i} \right]^2 \sigma_{x_i}^2 \quad (4.3)$$

Для теоретических расчетов поле допуска T , ограничивающее рассеяние случайных отклонений определяется:

$$T_y = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left[\frac{dy}{dx_i} \right]^2 T_{x_i}^2 k_{x_i}^2}, \quad \text{бс} \quad (4.4)$$

или

$$T = t \sqrt{\sum_{i=1}^n \left[\frac{dy}{dx_i} \right]^2 T_i^2 \lambda_i^2}, \quad (4.5)$$

где $k_{x_i} = \lambda_{x_i} \cdot t$;

t – коэффициент риска (при риске 0,27 % $t = 3$); для закона Гаусса $\lambda_{x_i} = 1/3$ и тогда:

$$k_{x_i} = \frac{1}{3} \cdot 3 = 1.$$

Формулы, связывающие как средние значения, так и поля допусков функции и аргументов, являются универсальными и могут быть применены для расчета допусков в связях различных физических величин при решении прямых и обратных задач.

5. Свойства связей

Связь в машине или в производственном процессе можно рассматривать как замкнутый контур, который состоит из:

- результата решения данной задачи;
- аргументов (не менее двух), обеспечивающих решение задачи.

Контур связи могут сопрягаться друг с другом, имея общие звенья. При этом могут встречаться три случая (рис. 4.2).

1. Связи могут иметь общие аргументы

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n); W = \varphi(V_1, V_2, \dots, V_d) \quad (4.6)$$

2. Один из аргументов одной связи является функцией другой связи. В свою очередь аргумент другой связи может быть функцией третьей связи и т.д.

3. Каждый из аргументов данной связи является функцией какой-то связи.

В третьем случае раскрывается содержание не отдельного аргумента, а детализируется вся функция в целом.

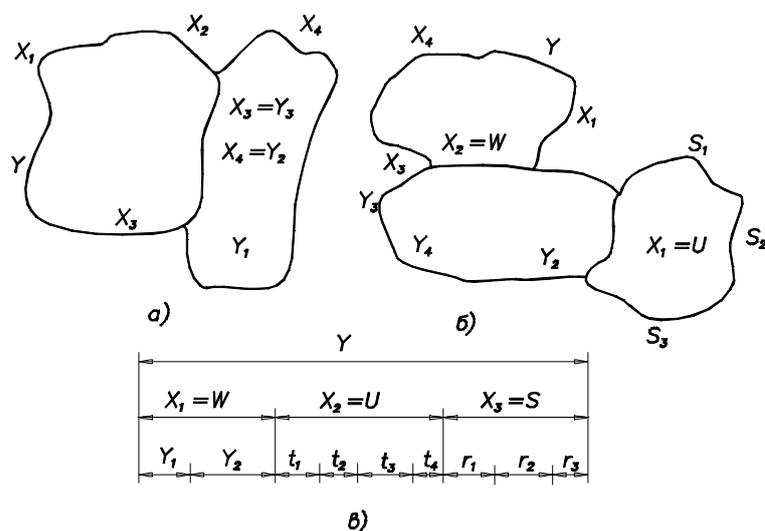


Рисунок 4.2 – Три случая сопряжения контуров связей

Проектирование машин – это последовательный переход от связей, с помощью которых машина выполняет свое служебное назначение, к связям материалов и размерным связям, составляющим ее конструкцию. Переход сопровождается многократным преобразованием связей.

Производственный процесс изготовления машины представляет собой проявление различного вида связей. Связи производственного процесса можно разделить на уровни:

1) высший – к нему относятся связи свойств: материальные, размерные, информационные, временные, экономические, то есть те связи, за счет непосредственного действия которых создаются детали машин, осуществляется сборка и определяется ее качество и себестоимость;

2) более низкий уровень – обеспечивает связи более высокого уровня. Например, размерные связи в технологическом процессе изготовления обеспечиваются действием либо механических, либо гидравлических, либо других, создающих необходимые относительные движения инструмента и заготовки.

В производственном процессе происходит преобразование связей, за счет которых технологический процесс и функционирует. Связи в машине и производственный процесс ее изготовления многообразны и неразрозненны.

Контрольные вопросы

1. Дать определение понятию «связь».
2. Пояснить сущность прямой и обратной задач при аналитическом выражении связей.
3. На какие уровни можно разделить связи производственного процесса?
4. Какими свойствами обладают связи?

ЛЕКЦИЯ 5

ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

- 1. Заготовки деталей машин.*
- 2. Исходные данные для выбора заготовки.*
- 3. Припуски на обработку резанием.*

1. Заготовки деталей машин

Заготовка – предмет производства, из которого изменением формы, размеров, шероховатости поверхности и свойств материала изготавливают деталь или неразъемную сборочную единицу.

Заготовка перед первой технологической операцией называется исходной заготовкой.

Выбор заготовки заключается в установлении метода ее изготовления, расчете или выборе припусков на обработку резанием и определении размеров исходной заготовки.

Метод изготовления заготовки определяется формой и размерами детали, технологическими свойствами материала, его температурой плавления, структурной характеристикой (направление волокон и размеры зерна). При выборе заготовки учитываются сортament материала (прокат), имеющееся оборудование, производственная программа, тип производства, степень его механизации и автоматизации. Оптимальный вариант изготовления заготовки устанавливается на основании технико-экономических расчетов. Повышение точности заготовок (уменьшение припусков) позволяет экономить металл, снижать стоимость и трудоемкость обработки резанием, но при этом может возрасти стоимость изготовления исходных заготовок. При малой производственной программе применение некоторых технологических процессов изготовления заготовки (горячая штамповка и др.) может оказаться экономически нецелесообразным в связи с высокой стоимостью технологического оборудования и оснастки.

Заготовки из серого или ковкого чугуна изготавливают в виде отливок.

Стальные заготовки изготавливают из горячекатаного проката различных размеров и профиля либо из холоднокатаной стали. Для получения заготовок используются такжековка, штамповка или литье.

Заготовки из цветных металлов и сплавов изготавливают из проката, отливают илиштампуют.

Заготовки в виде отливок применяют для деталей сложной формы. Сварные заготовки используют при невозможности или экономической нецелесообразности изготовления цельных. Детали кабин тракторов и автомобилей, кожуха и т.п. изготавливают из листового материала холодной штамповкой с последующей сваркой.

Разрезку проката на заготовки производят газопламенными резаками, на ленточных или дисковых пилах, приводных ножовках и пресс-ножницах, на токарных, револьверных и фрезерных станках. На фрикционных (беззубых) пилах разрезают профильный

прокат, не имеющий большой сплошной площади сечения (уголки, двутавры, швеллеры). На круглых заготовках большого диаметра фрикционная пила обычно заклинивается. Применяют также отрезные станки с тонкими отрезными шлифовальными кругами. Профильный прокат – уголки, швеллеры и т.п. – может быть разрезан на пресс-ножницах методом рубки.

Перед поступлением на обработку резанием исходные заготовки подвергают очистке, правке и термической обработке в зависимости от методов их изготовления и предъявляемых требований. Отливки очищают от формовочной земли и стержней, затем удаляют литники, выпоры, отрезают прибыли, зачищаются заусенцы и случайные приливы. Очистку производят на стационарных и переносных шлифовально-обдирочных станках, зубилами, стальными щетками. Для механизации процесса очистки применяют дробеструйные установки, вращающиеся (галтовочные) барабаны. Заготовка, полученная горячей штамповкой, в месте разъема штампа обычно имеет облой, который обрезают или вырубают в штампах на обрезных кривошипных прессах. После обрезки производят термическую обработку и правку в горячем или холодном состоянии. Термическая обработка с целью получения заданных микроструктуры и механических свойств включает нормализацию, улучшение и другие процессы.

Штамповки очищают от окалины и заусенцев дробеструйной обработкой, травлением, галтовкой во вращающихся барабанах. Для получения точных размеров некоторые штампованные заготовки проходят калибровку и чеканку в холодном или горячем состоянии. Перед этой операцией производят отжиг или нормализацию и очистку от окалины. На чеканку дается припуск от 0,2 до 0,8 мм на сторону в зависимости от площади чеканки. Длинные заготовки из проката правят вручную, на прессах или на специальных многороликовых правильно-калибровочных станках за 1–2 хода.

2. Исходные данные для выбора заготовки

При выборе вида и метода изготовления заготовки учитывают конструкцию и материал детали, ее форму и размеры, тип производства и имеющееся оборудование.

Наиболее целесообразна исходная заготовка, требующая наименьших затрат при изготовлении детали с учетом всех технологических операций обработки и необходимого качества детали. Форма и размеры заготовки должны быть максимально близкими к форме и размерам готовой детали с тем, чтобы свести к минимуму обработку резанием. Отливки применяют при изготовлении фасонных деталей сложной формы из серого и ковкого чугуна, литой стали, бронзы, алюминиевых сплавов. Литьем получают заготовки блоков цилиндров, головок цилиндров, гильз, поршней, деталей карбюраторов, поршневых колец, корпусов коробок передач, картеров и т.п.

Отливки изготавливают в песчаных, земляных и оболочковых формах, в металлических формах, литьем по выплавляемым моделям, центробежным способом и под давлением. При отливке автотракторных деталей обычно применяют машинную формовку по металлическим моделям или используют оболочковые формы.

Прокат (в основном круглого сечения) служит для изготовления осей, валов, крепежных и других деталей.

Прокат является также исходным материалом для поковок и штамповок. При достаточно большой программе могут быть использованы такие сложные виды проката, как периодический и поперечно-винтовой.

Круглая горячекатаная сталь бывает обычной и повышенной точности.

Круглый прокат обычной точности выпускается диаметром от 5 до 250 мм, круглая сталь повышенной точности диаметром от 5 до 150 мм имеет допуски на 10...30 % меньше.

Круглая калиброванная сталь выпускается диаметром от 3 до 100 мм. Производится также круглая сталь повышенной точности с улучшенной отделкой поверхности (серебрянка) диаметром от 0,2 до 30 мм. Так, серебрянку диаметром от 1 до 2,15 мм изготавливают с допуском 0,01...0,06 мм и шероховатостью поверхности в пределах $Ra = 2,5 - 0,32$ мкм в зависимости от группы отделки.

Свободную ковку производят на кузнечных молотах и гидравлических прессах. Свободной ковкой изготавливают заготовки для выполнения различных единичных заказов.

В серийном и массовом производствах применение свободнойковки неэкономично, так как производительность этого способа невелика, а припуски на обработку максимальные.

Ковку в закрытых штампах (горячую штамповку) широко применяют в автотракторостроении для изготовления ответственных стальных деталей: шатунов, шестерен, коленчатых и распределительных валов, клапанов и т.п. С помощью горячей штамповки можно получить заготовки с высокими механическими свойствами и с минимальными припусками на обработку резанием.

На горизонтально-ковочных машинах применяют штампы с разъемными матрицами, в которых поковки получают путем высадки из прутка. Так изготавливают детали с головками, утолщениями, кольца и т.д.

Ротационная ковка используется для получения поковок вытяжкой (редуцированием) в холодном или горячем состоянии. Холодной штамповкой или высадкой изготавливают крепежные и другие небольшие детали: толкатели, шарики и пр.

Листовая холодная штамповка применяется для изготовления деталей кабин тракторов и автомобилей, баков. Из листа вырубают заготовки сегментов и вкладышей ножей сенокосилок и жаток зерноуборочных машин, звенья втулочно-роликовых цепей и т.п.

3. Припуски на обработку резанием

Чтобы обеспечить возможность обработки поверхности заготовки снятием стружки, при назначении размеров заготовки учитывают припуски на обработку резанием. Припуском называется слой металла, предусмотренный на заготовке и подлежащий удалению при обработке резанием для получения готовой детали. Металл, оставленный в выемках, пазах и отверстиях отливок и поковок, образует напуск, также удаляемый при обработке.

Величина припуска зависит от размеров детали, вида заготовки, материала и требуемой точности изготовления детали. Припуск должен быть минимальным, но достаточным для получения детали заданных размеров качества.

Различают общий и операционные припуски на обработку. Общим припуском называется слой металла, необходимый для выполнения всех технологических операций по обработке рассматриваемой поверхности. Он представляет собой сумму операционных припусков и равен разности размеров исходной заготовки и готовой детали. Операционным припуском называется слой металла, предназначенный для снятия при выполнении одной технологической операции.

Припуски могут быть симметричные и асимметричные. Симметричные назначают для обработки наружных и внутренних поверхностей тел вращения, асимметричные – для обработки поверхностей призматических деталей.

Различают также номинальный, минимальный и максимальный припуски. Минимальный припуск определяет минимально необходимую толщину слоя металла для выполнения данной операции и является исходной величиной при расчете припусков.

Контрольные вопросы

1. На основании чего устанавливается оптимальный вариант изготовления заготовки?
2. Что называется припуском?
3. Какие различают припуски?

ЛЕКЦИЯ 6

ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ МАШИН

- 1. Технологичность конструкции машин.*
- 2. Показатели оценки технологичности конструкции.*
- 3. Методы достижения технологичности конструкции.*

1. Технологичность конструкции машин

Технологичность конструкции изделия – совокупность свойств конструкции изделия, определяющие ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ.

Технологичность конструкции – параметр, оценивающий машину (деталь) в отношении возможности оптимального использования материалов, средств и времени при ее изготовлении и ремонте.

При оценке технологичности решают следующие задачи: снижение массы и стоимости применяемых материалов, снижение трудоемкости обработки деталей и сборки машин, использование стандартных и унифицированных деталей и элементов конструкций (резьб, шлицев, шпонок и т.д.), уменьшение номенклатуры деталей, повышение ремонтпригодности, обеспечение доступности узлов, агрегатов, машин для регулирования и их замены. Технологичность конструкции обеспечивают применением индивидуальных решений в каждом отдельном случае.

По области проявления различают следующие виды технологичности:

- производственную;
- эксплуатационную;
- ремонтную.

Производственная технологичность конструкции изделия проявляется в сокращении затрат средств и времени на:

- конструкторскую подготовку производства;
- технологическую подготовку производства;
- процессы изготовления, в том числе контроля и испытаний.

Эксплуатационная технологичность конструкции изделия проявляется в сокращении затрат времени и средств на техническое обслуживание и текущий ремонт изделия.

Ремонтная технологичность конструкции изделия проявляется в сокращении затрат времени и средств на все виды ремонта изделия и восстановления изношенных деталей.

Обеспечение технологичности конструкции изделия является функцией подготовки производства, предусматривающей взаимосвязанное решение конструкторских и технологических задач, направленных на повышение производительности труда, достижение оптимальных трудовых и материальных затрат и сокращение времени на производство, техническое обслуживание и ремонт изделия.

2. Показатели оценки технологичности конструкции

Технологичность конструкции может оцениваться с помощью основных и дополнительных показателей. К основным показателям относятся технологическая себестоимость и трудоемкость изготовления деталей и сборки машины. Технологическая себестоимость C_m определяется по формуле:

$$C_m = C_{м} + C_{з} + C_{цр}, \quad (6.1)$$

где $C_{м}$ – стоимость материала; $C_{з}$ – заработная плата производственных рабочих с начислениями; $C_{цр}$ – цеховые расходы на электроэнергию, амортизацию оборудования, инструмента, приспособлений, на смазочные, охлаждающие и другие материалы, обслуживание и ремонт.

Трудоемкость изготовления изделия определяется суммой трудоемкостей составляющих деталей изделия и выражается в нормо-часах:

$$T_u = \sum T_i, \quad (6.2)$$

где T_i – трудоемкость изготовления i -й детали, час.

Для оценки технологичности однотипных конструкций при наличии базовой модели можно использовать нижеприведенные относительные показатели технологичности.

Уровень технологичности по технологической себестоимости.

Оценка технологичности конструкции зависит и от степени соответствия конструкции технологическим возможностям производства, степени использования стандартных, нормализованных и унифицированных деталей и сборочных единиц.

Под стандартизацией понимают обобщение конструкторских решений, зафиксированных в государственных стандартах.

Нормализация представляет собой обобщение конструкторских решений в виде внутривозвратских и ведомственных нормалей.

Под унификацией понимают обобщение конструкторских решений без оформления специальной документации.

Использование стандартных и нормализованных деталей позволяет сократить объем проектирования, трудоемкость и себестоимость изделия.

Для оценки технологичности конструкции могут быть использованы и такие вспомогательные показатели: коэффициенты точности, шероховатости, применение типовых технологических процессов.

Оценку технологичности конструкции изделия можно производить и по качественным показателям.

Качественная оценка технологичности конструкции изделия указывается словами «хорошо-плохо», «допустимо-недопустимо», «высокая-низкая» и др.

3. Методы достижения технологичности конструкции

Технологичность конструкций обеспечивают рациональными решениями на всех этапах ее разработки. Себестоимость снижают путем применения дешевых исходных материалов, минимальной стоимостью получения заготовок и их обработки, путем использования заготовок минимально необходимых размеров с минимальными припусками на обработку резанием.

Для получения минимальной массы в ряде случаев используют сварную или штампованную конструкцию, отливки по выплавляемым моделям и др. Число сварных элементов и длина сварных швов должны быть минимальными.

Снижение трудоемкости и себестоимости обработки резанием достигается применением деталей простых форм участками, легко доступными для обработки резанием. При конструировании деталей желательно свести к минимуму необходимую площадь обрабатываемой поверхности, предусмотреть возможность обработки на проход, четко разграничить обрабатываемые и необрабатываемые поверхности и т.д.

Везде, где это необходимо, должны быть предусмотрены проточки для выхода шлифовального круга, канавки сбег резьбы для резьбонарезного инструмента, радиусы закруглений (галтели), фаски и т.д. Во многих случаях правильные конструктивные решения позволяют упростить обработку отдельных элементов деталей или использовать более простую заготовку.

Так, наличие буртов на валах вызывает увеличение диаметра заготовки, в то время как гладкие валы могут изготавливаться из калиброванного материала. Наличие в деталях глухих отверстий большого диаметра и длины затрудняет изготовление заготовок и их обработку. Применение в этом случае съемных заглушек или крышек позволяет в качестве заготовок использовать трубы. Обработку площадок и бобышек разной высоты выполнить сложнее, чем расположенных на одном уровне, поэтому последнее предпочтительнее. В литых отверстиях длину обработанной поверхности можно сократить применением литых карманов. Вместо цековки гнезд под гайки и головки болтов на фланцах целесообразно применять проточку.

Применение унифицированных деталей и их элементов позволяет удешевить обработку путем применения типовых технологических процессов и укрупнения партий обрабатываемых деталей.

Себестоимость сборки и разборки целиком определяется конструкцией машины и ее сборочных единиц.

Конструкцию машины или детали принято называть технологичной, если она позволяет в полной мере использовать для изготовления наиболее экономичный технологический процесс, обеспечивающий ее качество при надлежащем количественном выпуске.

Являясь одним из свойств конструкции, технологичность дает возможность снизить трудоемкость изготовления изделия и его себестоимость. Опыт машиностроения показывает, что путем повышения технологичности конструкции машины можно получить дополнительно сокращение трудоемкости ее изготовления на 15 – 25 % и снижение себестоимости на 5 – 6 %. Например, стоимость обработки отверстия диаметром 8 мм на глубину свыше 90 его диаметров в несколько раз превысила бы стоимость всех остальных операций по изготовлению корпуса цилиндра приведенного на рис. 6.1.

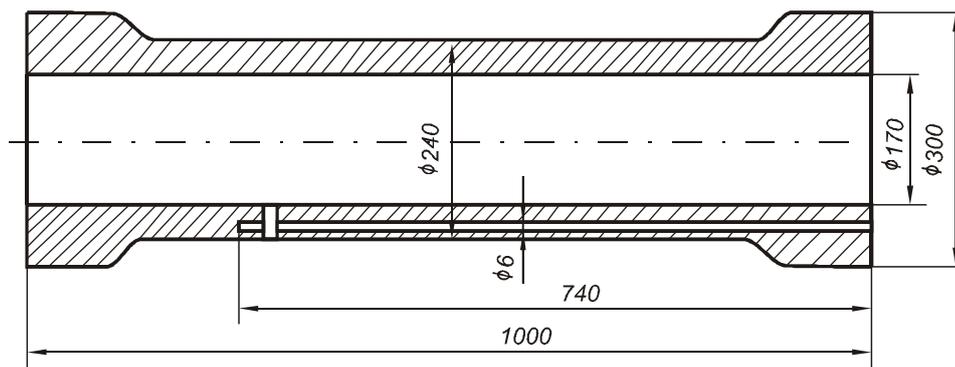


Рисунок 6.1 – Пример нетехнологичной конструкции корпуса гидравлического цилиндра

Из-за специфики конструкций и условий производства невозможно дать всеобъемлющие рекомендации по поводу того, какую конструкцию изделия считать технологичной или нетехнологичной, поэтому ограничимся несколькими примерами, поясняющими лишь смысл этих представлений.

На рис. 6.2 с левой стороны расположены примеры нетехнологического оформления конструкций деталей и их элементов, с правой стороны те же конструкции, но более технологичные.

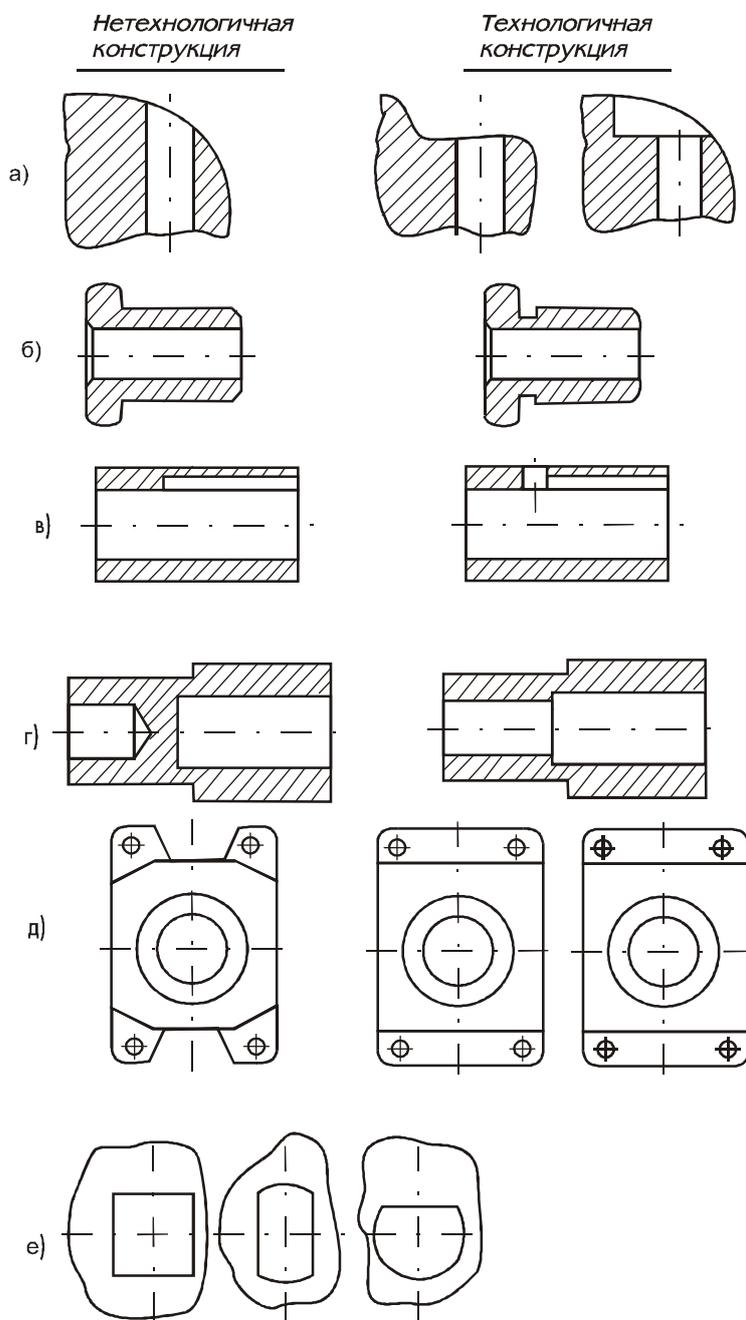


Рисунок 6.2 – Примеры нетехнологичных и технологичных конструкций деталей

Обработка отверстия со стороны наклонной и криволинейной поверхности (рис. 6.2 а) затруднена тем, что при врезании сверло будет скользить и может сломаться. Без канавки для выхода шлифовального круга (рис. 6.2 б) переход от цилиндрической к плоской

поверхности получится с закруглением. Долбить шпоночный паз во втулке до упора (рис. 6.2 в) невозможно; необходимо отверстие (кольцевая выточка) для выхода резца. Обработка сквозного ступенчатого отверстия проще, чем обработка двух отверстий с противоположных сторон втулки (рис. 6.2 з).

Размещение крепежных отверстий в корпусе на сплошной полке (рис. 6.2 д), а не на лапках позволяет обрабатывать поверхность полки на проход и воспользоваться преимуществами многоместной обработки. Если отверстия дополнить цековками, то необходимость в обработке полки отпадает. Фасонные отверстия (рис. 6.2 е) могут быть обработаны только протяжкой и вырубкой в листовом материале, что экономично лишь при большом объеме выпуска изделий.

Вопрос создания технологичных конструкций машин и их деталей необходимо рассматривать комплексно. Например, для валов наиболее технологичной является бесступенчатая цилиндрическая поверхность. Однако такая конструкция вала усложнила бы конструкцию сборочной единицы из-за усложнения конструкции сопрягаемых с валом деталей и введения дополнительных деталей.

Технологичность конструкции машины или детали тесно связана с их количественным выпуском. Объясняется это тем, что при различных объемах выпуска изделий в единицу времени и по неизменным чертежам используют оборудование и технологическую оснастку различной производительности и с разными первоначальными затратами. Например, конструкция оси (рис. 6.3) технологичная при ее изготовлении в многоместном приспособлении на горизонтально-фрезерном станке (рис. 6.3 а) при увеличении объема выпуска становится нетехнологичной. Возросший объем выпуска привел к использованию карусельного типа оборудования, что потребовало изменения одного из конструктивных элементов оси (рис. 6.3 б) – введения криволинейной поверхности определенного радиуса.

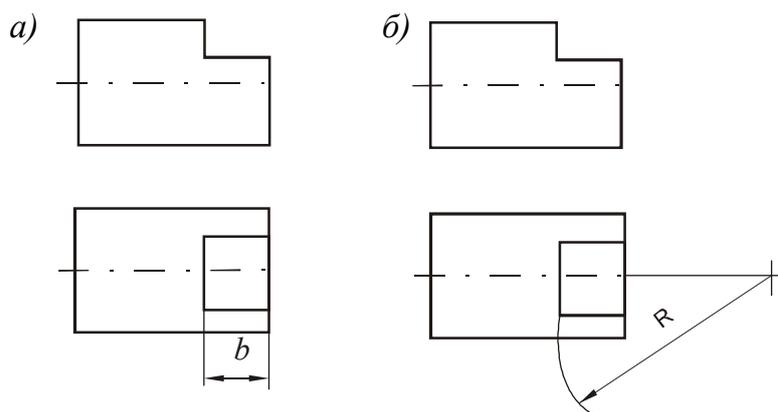


Рисунок 6.3 – Технологичные конструкции оси

Нередки случаи, когда с понятием о технологичности отождествляется понятие об экономичности конструкции. Так как источники экономии затрат различны, то смешивать эти понятия недопустимо. Более технологичная конструкция может оказаться неэкономичной. Так, на рис. 6.4 представлены две конструкции подшипника скольжения.

Первая из них будет более технологичной из-за простоты конструкции, а следовательно, и более экономичного технологического процесса изготовления. Технологический процесс изготовления второй втулки более сложен и дорог. Однако то, что втулка

первой конструкции целиком изготавливается из дорогостоящей бронзы, а вторая имеет лишь бронзовый вкладыш в стальном корпусе, делает конструкцию последней более экономичной.

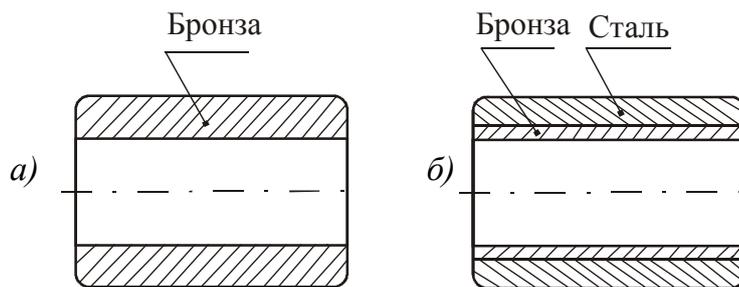


Рисунок 6.4 – Технологичная (а) и экономичная (б), но менее технологичная конструкция подшипника скольжения

Понятие о технологичности конструкции распространяется не только на технологические процессы изготовления, но и на процессы технического обслуживания и ремонта машины.

Контрольные вопросы

1. Дать определение технологичности конструкции машин.
2. Какие задачи решаются при оценке технологичности конструкции?
3. На основании каких методов обеспечивается оценка технологичности конструкции машин?

ЛЕКЦИЯ 7

ПРИПУСКИ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ

1. Припуски на механическую обработку.
2. Классификация припусков.

1. Припуски на механическую обработку

Общепринято припуском считать слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности.

Однако современный взгляд на припуск предполагает припуском считать слой материала, подлежащий удалению с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности. Такое понятие припуска в большей мере соответствует его назначению. Различие заключается в разном понимании максимального припуска Z_{max} (рис. 7.1).

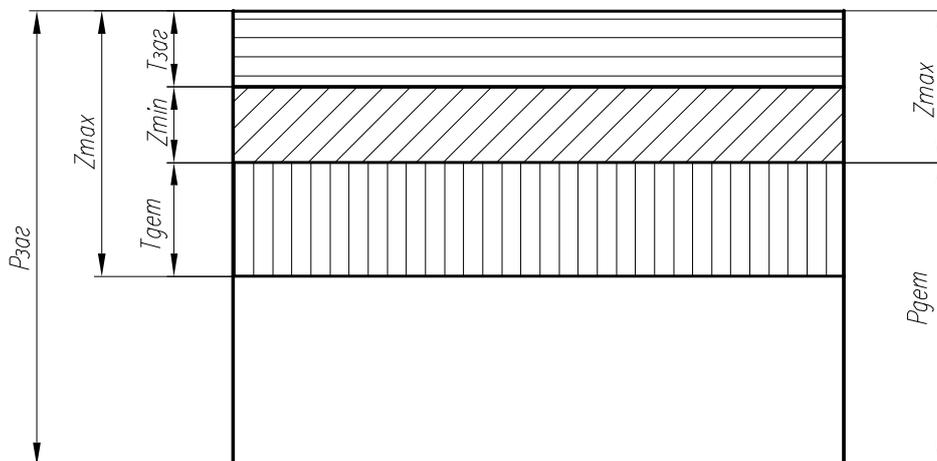


Рисунок 7.1 – Схематичное отображение различия в толковании понятия «припуск»

Таким образом, прежнее понимание – $Z_{max} = Z_{min} + T_{zag} + T_{det}$; новое понимание –

$$Z_{max} = Z_{min} + T_{zag} \quad (7.1)$$

где Z_{max} – максимальный припуск;

Z_{min} – минимальный припуск;

T_{det} – поле допуска на выдерживаемый размер детали P_{det} ;

T_{zag} – поле допуска, ограничивающее отклонение размера заготовки P_{zag} .

2. Классификация припусков

Припуски различают по ряду признаков, которые приведены на схеме (рис. 7.2). Определение припуска является важной технико-экономической задачей.

Таблицы и ГОСТы позволяют определять припуски независимо от технологического процесса обработки заготовки и условий его осуществления. Величина припуска, как правило, в этом случае является завышенной.

Колебание размера обрабатываемой поверхности заготовки в пределах допуска на ее изготовление вызывает колебание величины припуска. Поэтому и различают припуск минимальный (Z_{min}), номинальный ($Z_{ном}$), максимальный (Z_{max}).

$$Z_{ном i} = Z_{min i} + T_{i-1}; Z_{max i} = Z_{ном i} \quad (7.2)$$

На рисунке 7.2 индекс Z относится к заготовке;

$$Z_{ном i-2} = Z_{min i-2} + |el_{заг}|; Z_{max i-2} = Z_{min i-2} \quad (7.3)$$

d – к детали.

Из схемы (рис.7.3) видно, следующее:

$Z_{ном}$ – разность номинальных размеров заготовки до и после обработки;

Z_{max} – максимальный слой материала, подлежащий удалению. В ряде случаев на некоторых переходах Z_{max} и Z_{min} могут совпадать;

Z_{min} – минимальный слой материала, необходимый для устранения дефектов заготовки и обеспечения возможности перехода от заготовки к детали при наличии погрешности установки заготовки и того распределения припусков на поверхностях, подлежащих обработке, которое произошло в результате выбора технологических баз для первой операции.

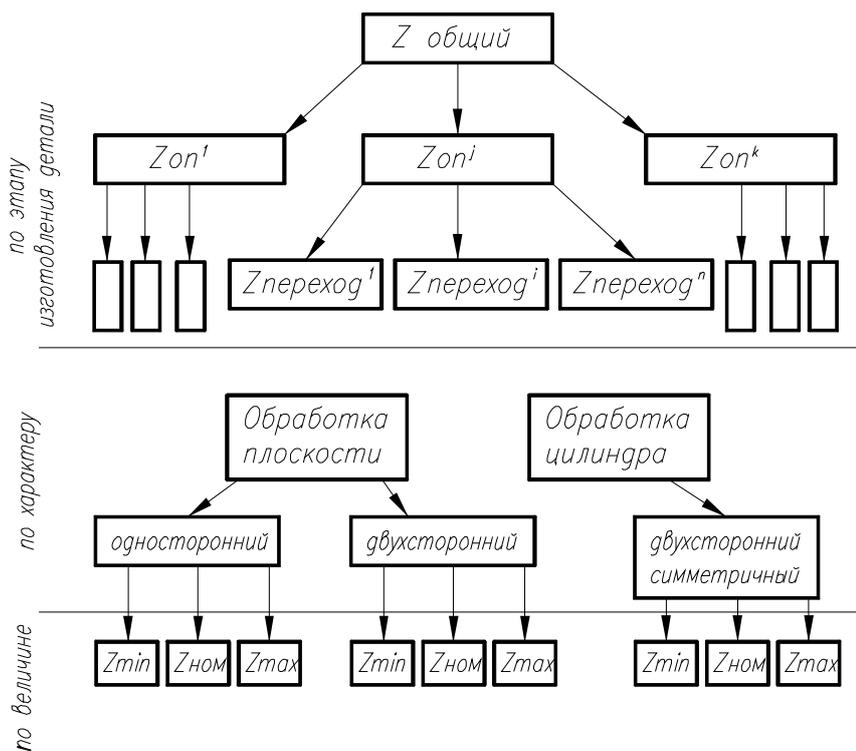


Рисунок 7.2 – Классификация припусков

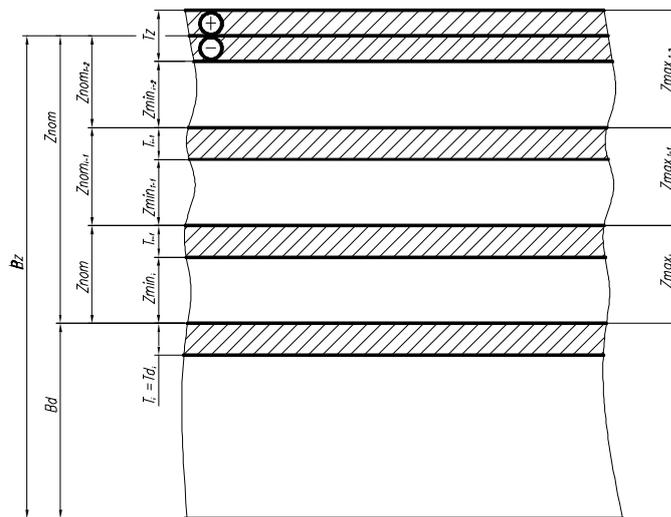


Рисунок 7.3 – Схема припусков и допусков размеров

В зависимости от того, какая поверхность обрабатывается а) наружная (рис. 7.4); б) внутренняя (рис. 7.5); как располагается поле допуска на выдерживаемый размер а) «в тело» (рис. 7.4 а), (рис. 7.5 а); б) симметрично (рис. 7.4 б), (рис. 7.5 б); – номинальный и максимальный припуски определяются по-разному.

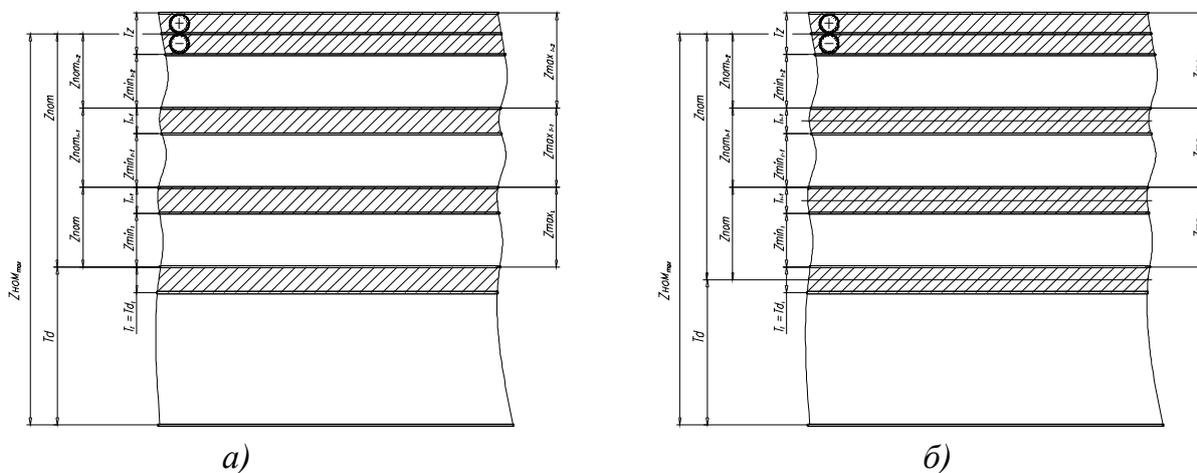


Рисунок 7.4 – Схема определения припусков при обработке наружной поверхности

$$\text{а) } Z_{ном i} = Z_{мин i} + T_i;$$

$$Z_{ном i-1} = Z_{мин i-1} + T_{i-1};$$

$$Z_{ном i-2} = Z_{мин i-2} + |ei_{заг}|;$$

$$Z_{max i} = Z_{ном i};$$

$$Z_{max i-1} = Z_{ном i-1};$$

$$Z_{max i-2} = Z_{мин i-2} + T_{заг};$$

б)

$$Z_{ном i} = Z_{мин i} + es_{дет} + |ei_i|;$$

$$Z_{ном i-1} = Z_{мин i-1} + es_i + |ei_{i-1}|;$$

$$Z_{ном i-2} = Z_{мин i-2} + es_{i-1} + |ei_{заг}|;$$

$$Z_{max i} = Z_{мин i} + T_i;$$

$$Z_{max i-1} = Z_{мин i-1} + T_{i-1};$$

$$Z_{max i-2} = Z_{мин i-2} + T_{заг};$$

Следует отметить, что основу и $Z_{ном}$, и Z_{max} составляет $Z_{мин}$. Поэтому расчетной величиной является минимальный припуск.

В настоящее время считается, что для определения минимального припуска необходимо пользоваться формулой, более полно учитывающей факторы, действующие при обработке поверхности детали:

$$Z_{min} = R_z + T + \Pi + \Phi + Y + P, \quad (7.4)$$

где R_z – высота микронеровностей поверхности заготовки после ее обработки на предшествующем переходе;

T – глубина дефектного поверхностного слоя, полученная на предшествующем переходе;

Π – погрешность смещения и поворота поверхности заготовки относительно ее технологических баз;

Φ – погрешность формы поверхности заготовки, допущенная при ее обработке на предшествующем переходе;

Y – погрешность установки заготовки на данном переходе;

P – отклонение положения поверхности заготовки, подлежащей обработке, относительно ее технологических баз, возникшее в результате распределения припусков при подготовке технологических баз на первых операциях.

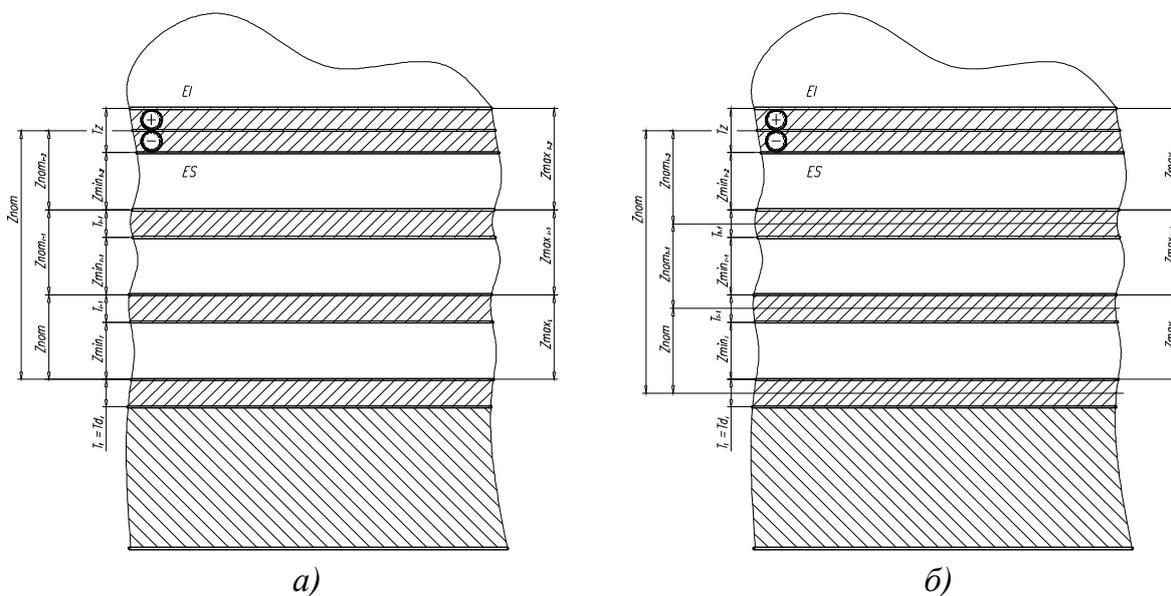


Рисунок 7.5 – Схема определения припусков при обработке внутренней поверхности

а)

$$Z_{ном\ i} = Z_{мин\ i} + T_i;$$

$$Z_{маx\ i} = Z_{ном\ i};$$

$$Z_{ном\ i-1} = Z_{мин\ i-1} + T_{i-1};$$

$$Z_{маx\ i-1} = Z_{ном\ i-1};$$

$$Z_{ном\ i-2} = Z_{мин\ i-2} + |ES_{заг}|;$$

$$Z_{маx\ i-2} = Z_{мин\ i-2} + T_{заг}; \quad (7.5)$$

б)

$$Z_{ном\ i} = Z_{мин\ i} + ES_i + |EI_{дем}|;$$

$$Z_{маx\ i} = Z_{мин\ i} + T_i;$$

$$Z_{ном\ i-1} = Z_{мин\ i-1} + ES_{i-1} + |EI_i|;$$

$$Z_{маx\ i-1} = Z_{мин\ i-1} + T_{i-1};$$

$$Z_{ном\ i-2} = Z_{мин\ i-2} + ES_{заг} + |EI_{i-1}|;$$

$$Z_{маx\ i-2} = Z_{мин\ i-2} + T_{заг}; \quad (7.6)$$

Метод и необходимые данные для расчета Z_{min} достаточно подробно представлены в справочной литературе, при этом введены следующие обозначения:

$$T = h_{i-1}; \quad \Pi + \Phi = \Delta_{\Sigma i} = l; \quad Y = \varepsilon_i; \quad (7.7)$$

Формулы, рекомендуемые для расчета Z_{min} , имеют следующий вид:

– при обработке отдельной поверхности (односторонний припуск) на i -м переходе:

$$Z_{mini} = (R_z + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i; \quad (7.8)$$

– при параллельной обработке противоположных поверхностей (двусторонний припуск):

$$2Z_{mini} = 2((R_z + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i); \quad (7.9)$$

– при обработке наружных и внутренних поверхностей вращения:

$$2Z_{mini} = 2\left((R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}\right). \quad (7.10)$$

Знание величины Z_{max} необходимо при определении режимов резания, так как именно этот припуск принимают в качестве глубины резания.

В том случае, когда поверхность обрабатывается (в соответствии с планом обработки) за несколько переходов, припуски определяются в направлении от детали к заготовке. В первую очередь определяют припуск на отделочный переход, затем чистовой и, наконец, черновой.

Зная количество переходов и припуски, необходимые для выполнения каждого перехода по обработке поверхности заготовки, можно определить межпереходные размеры, размер исходной заготовки и значение общего припуска на обработку. Выполнить это проще с помощью схем (рис. 7.6, 7.7).

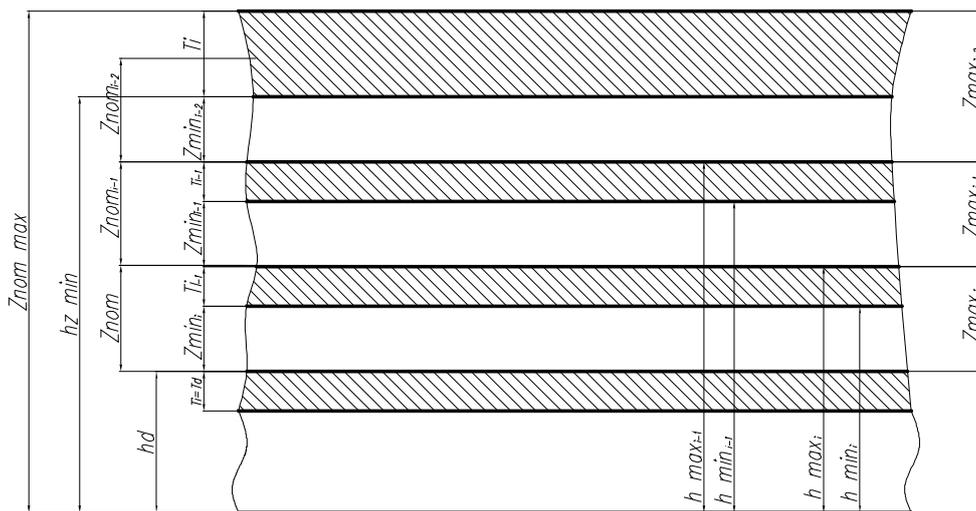


Рисунок 7.6 – Схема связей между межпереходными размерами, припусками и допусками для охватываемых поверхностей

В соответствии со схемой (рис. 7.6) предельные значения межпереходных размеров равны:

$$\begin{aligned} h_{min i} &= h_0 + Z_{min i}; & h_{max i} &= h_0 + Z_{max i}; \\ h_{min i-1} &= h_{max i} + Z_{min i-1}; & h_{max i-1} &= h_{max i} + Z_{max i-1}; \\ h_{min i заг} &= h_{max i-1} + Z_{min i-2}; & Z_{max заг} &= h_{max i-1} + Z_{max i-2}; \end{aligned} \quad (7.11)$$

Предельные размеры заготовки можно представить в общем виде:

$$h_{\min \text{ заг}} = h_{\text{д}} + Z_{\max}^{\text{общ}} - T_{\text{заг}}; \quad (7.12)$$

$$h_{\max \text{ заг}} = h_{\text{д}} + Z_{\max}^{\text{общ}}. \quad (7.13)$$

Предельные значения припуска исходной заготовки:

$$Z_{\min}^{\text{общ}} = \sum_{i=1}^n Z_{\max i} - T_{\text{заг}};$$

$$Z_{\min}^{\text{общ}} = \sum_{i=1}^n Z_{\max i}^i, \quad (7.14)$$

где n – количество переходов по обработке поверхности заготовки;

$T_{\text{заг}}$ – допуск, ограничивающий отклонение размера исходной заготовки.

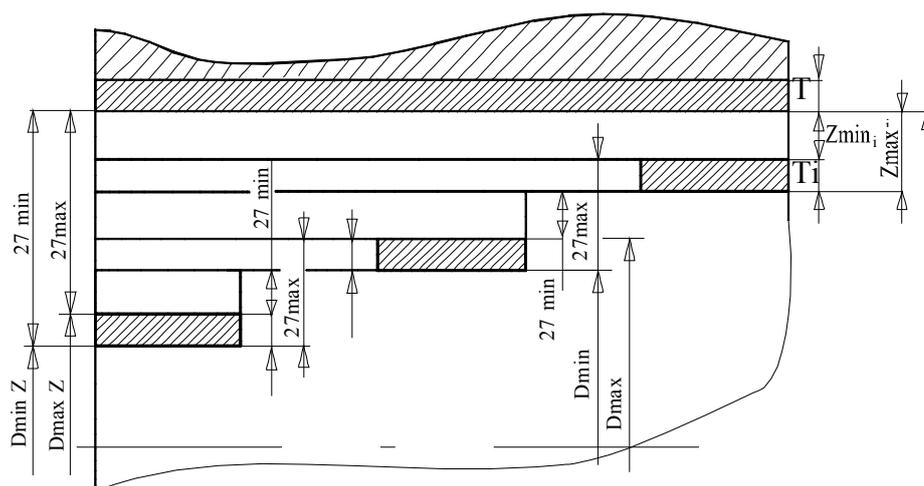


Рисунок 7.7 – Схема связей между межпереходными размерами, припусками и допусками для охватывающих поверхностей

Например, предельные значения диаметра отверстия исходной заготовки равны:

$$D_{\min \text{ заг}} = D_{\text{д}} - 2Z_{\max}^{\text{общ}} \quad (7.15)$$

$$D_{\max \text{ заг}} = D_{\text{д}} - 2Z_{\max}^{\text{общ}} + T_{\text{заг}} \quad (7.16)$$

Наряду с рассмотренным расчетно-аналитическим методом определения припусков существует так называемый «табличный» метод. В этом случае расчеты ведутся с использованием табличных значений общего припуска и припусков на отдельные виды обработки поверхности, приводимых в соответствующих ГОСТах и справочной литературе.

Контрольные вопросы

1. Дать определения понятию «припуск».
2. Какие методы определения припусков на механическую обработку существуют?
3. Определить факторы, влияющие на величину припуска.
4. Классификация припусков.

ЛЕКЦИЯ 8

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

1. Основные принципы, методика проектирования технологических процессов и технические расчеты.

1.1. Разработка технологических процессов изготовления деталей.

1.2. Изучение служебного назначения детали. Анализ технических требований и норм точности.

1.3. Выбор вида и формы организации производственного процесса изготовления детали.

1.4. Выбор исходной заготовки и метода ее получения.

1.5. Выбор технологических баз и определение последовательности обработки заготовки.

1.6. Выбор способов обработки и определение количества необходимых переходов.

1. Основные принципы, методика проектирования технологических процессов и технические расчеты

1.1. Разработка технологических процессов изготовления деталей

Задача разработки технологического процесса изготовления детали заключается в нахождении для данных производственных условий оптимального варианта перехода от полуфабриката, поставляемого на машиностроительный завод, к готовой детали. Выбранный вариант должен обеспечивать требуемое качество детали при наименьшей ее себестоимости. Технологический процесс изготовления детали рекомендуется разрабатывать в следующей последовательности:

1) изучить по чертежам служебное назначение детали и проанализировать соответствие ему технических требований и норм точности;

2) выявить число деталей, подлежащих изготовлению в единицу времени и по неизменяемому чертежу, наметить вид и форму организации производственного процесса;

3) выбрать полуфабрикат, из которого должна быть изготовлена деталь;

4) выбрать технологический процесс получения заготовки, если неэкономично или физически невозможно изготавливать деталь непосредственно из полуфабриката;

5) обосновать выбор технологических баз и установить последовательность обработки поверхностей заготовки;

6) выбрать способы обработки поверхностей заготовки и установить число переходов по обработке каждой поверхности, исходя из требований к качеству детали;

7) рассчитать припуски и установить межпереходные размеры и допуски на отклонения всех показателей точности детали;

8) оформить чертеж заготовки;

- 9) выбрать режимы обработки, обеспечивающие требуемое качество детали и производительность;
- 10) пронормировать технологический процесс изготовления детали;
- 11) сформировать операции из переходов и выбрать оборудование для их осуществления;
- 12) выполнить размерный анализ технологического процесса;
- 13) выявить необходимую технологическую оснастку для выполнения каждой операции и разработать требования, которым должен отвечать каждый вид оснастки;
- 14) разработать другие варианты технологического процесса изготовления детали, рассчитать их себестоимость и выбрать наиболее экономичный вариант;
- 15) оформить технологическую документацию;
- 16) разработать технические задания на конструирование нестандартного оборудования, приспособлений, режущего и измерительного инструмента.

При разработке технологического процесса изготовления детали используют чертежи сборочной единицы, в состав которой входит деталь, чертежи самой детали, сведения о количественном выпуске деталей, стандарты на полуфабрикаты и заготовки, типовые и групповые технологические процессы, технологические характеристики оборудования и инструментов, различного рода справочную литературу. Руководящие материалы, инструкции, нормативы.

Технологический процесс разрабатывают либо с привязкой к действующему, либо для создаваемого производства. В последнем случае технолог обладает большей свободой в принятии решений по построению технологического процесса и выбору средств для его осуществления.

1.2. Изучение служебного назначения детали. Анализ технических требований и норм точности

Разработка технологического процесса изготовления любой детали должна начинаться с глубокого изучения ее служебного назначения (СН) и критического анализа технических требований и норм точности, заданных чертежом.

Деталь является элементарной частью сборочной единицы (СЕ). Поэтому, приступая к формулировке ее СН, необходимо изучить чертеж и СН сборочной единицы, в которую входит данная деталь.

Формулируя СН детали, необходимо не только четко сформулировать задачи, для решения которых предназначена деталь, но и описать условия, в которых деталь должна выполнять свое СН в течение всего срока службы.

Выясняя служебное назначение детали и ее роль в работе СЕ, необходимо разобраться в функциях, выполняемых ее поверхностями, которые могут быть: исполнительными, основными, вспомогательными или свободными. Предположим, деталь – зубчатое колесо (рис. 8.1).

В первую очередь необходимо «отыскать» исполнительные поверхности детали. Это те поверхности, которыми деталь выполняет свое СН и, ради которых она создается. У зубчатого колеса это боковые поверхности зубчатого венца (поверхность 7 рис. 8.1).

Затем выявляются основные поверхности, определяющие положение детали в СЕ, ее базы. Таких поверхностей несколько, и они должны создавать координатный угол своим расположением (поверхности 1, 15, 13 на рис. 8.1).

Вспомогательные поверхности определяют положение других деталей, присоединяемых к данной. Они служат базами присоединяемых деталей, так же, как и основные, часто объединяются в комплект баз. Комплектов вспомогательных баз бывает столько, сколько деталей присоединяется к данной. Деталь может иметь и лишь одну вспомогательную поверхность (рис. 8.1, поверхность 14).

Назначение свободных поверхностей – завершить конструктивное оформление детали.

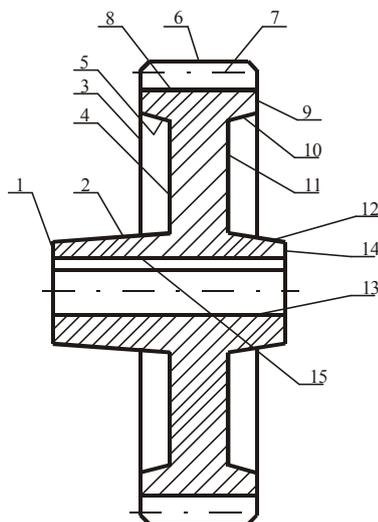


Рисунок 8.1 – Функциональное назначение поверхностей детали: 1, 5, 13 – основные поверхности; 7 – исполнительные поверхности; 14 – вспомогательные поверхности; 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 15 – свободные поверхности

Для того чтобы деталь могла экономично выполнять свое СН, она должна обладать необходимым качеством. Важнейшим и самым трудоемким при достижении показателем качества детали, как и СЕ, является ее точность. Характеризуется она рядом технических требований (ТТ).

Учитывая значимость ТТ, служащих основанием для принятия важнейших решений при проектировании технологического процесса (ТП) изготовления детали, необходимо каждое ТТ проанализировать с учетом решений, принятых при разработке технологического процесса сборки СЕ, в которую входит данная деталь. Таким образом, при анализе ТТ на деталь необходимо учитывать: СН сборочной единицы, ТТ на СЕ, методы достижения требуемой точности по каждому ТТ на СЕ, ТП сборки СЕ.

Анализ и корректировку ТТ на деталь удобно выполнять в несколько этапов. На первом этапе анализируется и корректируется номенклатура ТТ, которая условно состоит из 2 групп. К одной группе относятся показатели, характеризующие точность каждой поверхности детали: точность размеров (длина, Ø, высота и т.п.); точность формы (макроотклонения, волнистость, микроотклонения); твердость, покрытие и т.п.

Ко второй группе относятся показатели, характеризующие относительное расположение всех поверхностей детали (параллельность, симметричность, соосность и т.п.).

Выявленные неточные или неправильные формулировки ТТ корректируются, а недостающие ТТ формулируются заново.

На втором этапе анализируются и корректируются, в случае необходимости, численные значения всех ТТ.

Для сокращения затрат времени можно использовать вычислительную технику.

1.3. Выбор вида и формы организации производственного процесса изготовления детали

Вид и форма организации производственного процесса изготовления детали зависят от программы ее выпуска в год и по неизменным чертежам.

Непрерывно-поточное производство целесообразно организовывать тогда, когда технологическое оборудование можно полностью загрузить изготовлением детали одного наименования, т.е. при массовом типе производства.

При изготовлении малотрудоемких деталей в относительно небольших количествах (крупносерийное, серийное производство) целесообразно организовывать переменнопоточное производство. При этом детали объединяют в группы по признакам близости СН, конструктивных форм, размеров, ТТ, материалов и разрабатывается групповая технология.

Изготовление незначительного числа одноименных деталей целесообразно организовывать на технологически замкнутых участках с использованием высокопроизводительного оборудования и технологической оснастки, например, участок валов, зубчатых колес и т.п.

В мелкосерийном и единичном производстве организуются участки, объединяющие оборудование со сходным СН, например, участок токарных станков, фрезерных и т.п.

1.4. Выбор исходной заготовки и метода ее получения

Основными факторами, влияющими на решения, принимаемые на данном этапе разработки технологического процесса изготовления детали, являются: конструкция детали, материал, служебное назначение, технические требования, программы выпуска в год (N_r) и по неизменным чертежам ($N_{н.ч.}$); тип производства, вид и форма организации производства, стоимость материала (полуфабриката), себестоимость исходной заготовки, получаемой тем или иным методом; расход материала, себестоимость изготовления детали из исходной заготовки.

Выбор исходной заготовки и метода ее получения должен обеспечивать минимальную себестоимость детали. Исходная заготовка – заготовка перед первой технологической операцией механической обработки (ГОСТ 3.1109–82).

Для того чтобы проще представить последовательность выбора исходной заготовки, на рис. 8.2 приведена схема.

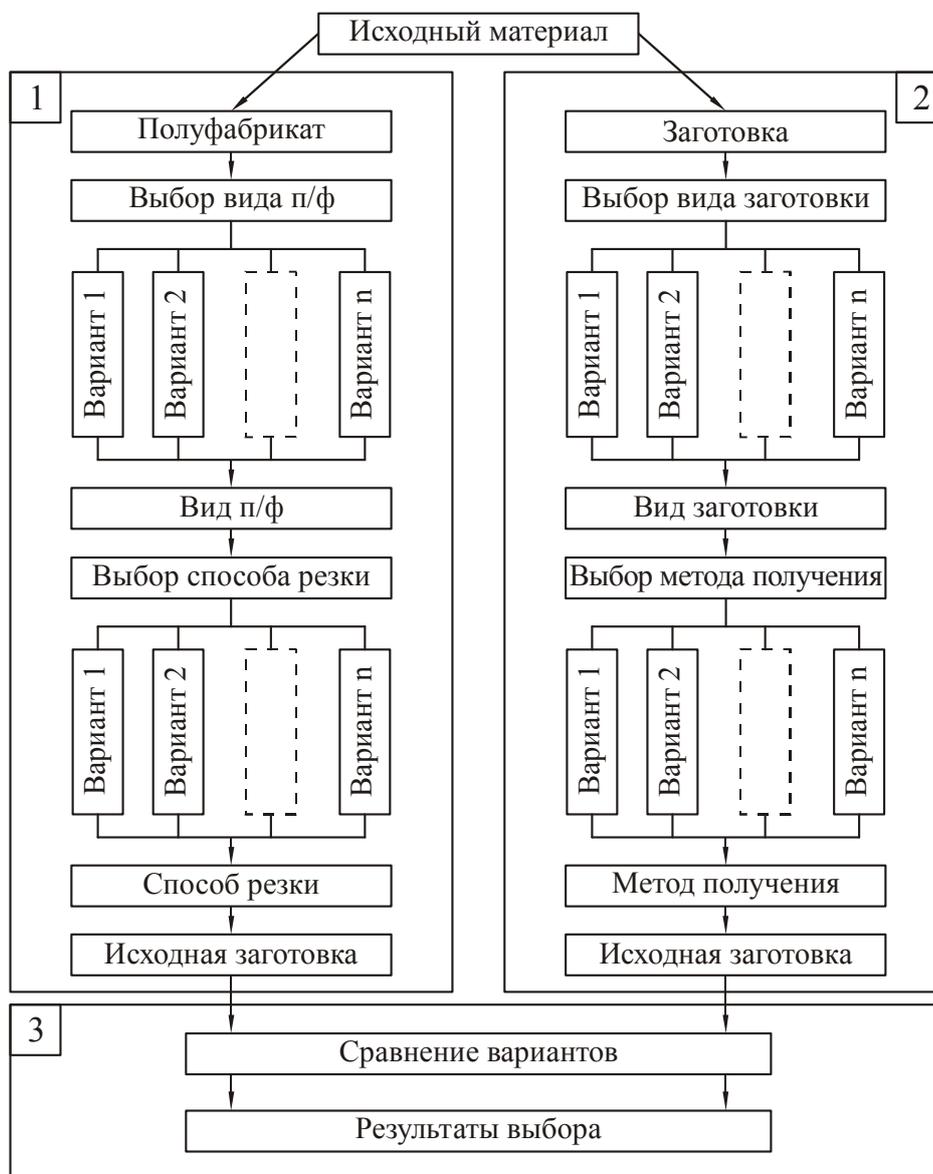


Рисунок 8.2 – Схема выбора исходной заготовки

Себестоимость самих исходных заготовок, полученных разными методами, колеблется в широких пределах. Для получения заготовок используют разнообразные технологические процессы и их сочетания: различные способы литья, пластического деформирования металлов, резка, сварка, комбинированные способы: штамповки – сварки, литья – сварки; порошковой металлургии.

1.5. Выбор технологических баз и определение последовательности обработки заготовки

Основанием для выбора технологических баз является служебное назначение поверхностей детали и установленные между ними размерные связи.

Выбор технологических баз зависит: от ТТ, характеризующих точность размеров, расположения и макрогеометрию поверхностей детали (за исключением случаев их обра-

ботки мерным инструментом); от возможностей существующего парка оборудования и технологической оснастки.

Выбор технологических баз выполняют в два этапа:

– выбирают технологические базы, необходимые для получения наиболее ответственных показателей точности детали и используемые при обработке большинства поверхностей заготовки;

– выбирают технологические базы на первой (первых) операции технологического процесса.

Выбор технологических баз для обработки большинства поверхностей заготовки определяет те поверхности, с которых необходимо начинать ее обработку. Выбор технологических баз на первой (первых) операции связан с решением двух групп задач:

1) установлением связей между обрабатываемыми и остающимися необработанными поверхностями;

2) распределением припусков между обрабатываемыми поверхностями.

Обычно возможны несколько вариантов. Каждый вариант базирования обеспечивает прямое (кратчайшее), т.е. наилучшее решение лишь одной задачи из всей совокупности. Поэтому нужно выбрать тот вариант, который обеспечивает все ТТ в пределах допускаемых отклонений и менее сложен в реализации схем базирования.

Определение последовательности обработки поверхностей заготовки. Выбранный вариант базирования служит основой при определении последовательности обработки поверхностей заготовки. Вместе с тем, определяя последовательность обработки, учитывают: конструктивные особенности детали; требования к ее качеству; методы получения размеров, свойства заготовки (материал, масса, размеры, припуски на обработку); возможности оборудования, необходимость в термической обработке; организацию производственного процесса и др.

Обработку заготовки начинают обычно с подготовки технологических баз. В комплекте баз в первую очередь обрабатывают поверхность (или сочетание поверхностей), лишаящую заготовку большего числа степеней свободы (установочная или двойная направляющая база). Базирование заготовки по необработанным поверхностям в направлении выдерживаемых размеров допустимо лишь один раз.

В начале технологического процесса обычно стремятся снять с заготовки наибольшие припуски с тем, чтобы создать лучшие условия для перераспределения остаточных напряжений в заготовке и вскрыть возможные дефекты на ранней стадии обработки.

Высокие требования к точности формы, размеров и относительного положения поверхностей детали заставляют вести обработку заготовки в несколько переходов. В отдельных случаях предварительную и окончательную обработку поверхности выполняют последовательно при одной установке заготовки. Чаще эти этапы разделяют, относя окончательную обработку поверхностей на конец технологического процесса.

В конце технологического процесса выносят обработку легкоповреждаемых поверхностей (например, наружных резьб).

На последовательность обработки поверхностей заготовки влияют термическая (ТО) и химико-термическая обработка (ХТО). Неизбежное деформирование заготовки в результате такой обработки вынуждает предусматривать в технологическом процессе предварительную и окончательную обработку и начинать последнюю с «правки» технологических баз. Поверхности, исправление которых после ТО затруднительно (например, крепежные отверстия в корпусных деталях), обрабатывают после ее выполнения. Некоторые виды ХТО усложняют процесс механической обработки. Так, при цементации, если требуется наугле-

родить только отдельные поверхности заготовки, остальные защищают либо омеднением, либо дополнительным припуском, удаляемым после цементации, но до закалки.

Влияет на последовательность обработки поверхностей и необходимость соблюдения очередности в образовании различных конструктивных элементов детали. Например, крепежные резьбовые отверстия нужно обрабатывать после того, как будет окончательно обработана поверхность заготовки, с которой они сопряжены. В противном случае резьбы в отверстиях будут испорчены.

Все перечисленное служит основой для разработки технологического процесса механической обработки заготовки.

1.6. Выбор способов обработки и определение количества необходимых переходов

В этом разделе после того, как установлена последовательность обработки всех поверхностей заготовки, выбираются способы и средства обработки каждой из них.

Разработка технологического процесса как таковая состоит из комплекса взаимосвязанных работ, предусмотренных Единой системой технологической подготовки производства (ЕСТПП), и должна выполняться в полном соответствии с требованиями ГОСТ 14.301–83.

В зависимости от годового объема выпуска изделий и принятого типа производства решение технологических задач осуществляется по-разному. Для мелкосерийного производства разрабатывается единичный технологический процесс, дающий возможность сокращать время на подготовку производства, эффективно применять универсальное оборудование и универсально-наладочные приспособления.

Для серийного производства следует стремиться строить технологический процесс, ориентируясь на использование переменного-поточных линий, когда последовательно изготавливаются партии деталей одних наименований или размеров, или групповых поточных линий, когда параллельно изготавливаются партии деталей различных наименований. Для массового производства необходимо предусматривать возможность организации непрерывной поточной линии с использованием специальных и агрегатных станков, специальной переналаживаемой технологической оснастки и максимальной механизации и автоматизации производственных процессов.

При разработке технологического процесса руководствуются следующими принципами:

- в первую очередь обрабатывают те поверхности, которые являются базовыми при дальнейшей обработке;
- после этого обрабатывают поверхности с наибольшим припуском;
- далее выполняют обработку поверхностей, снятие металла с которых в наименьшей степени влияет на жесткость заготовки;
- в начало технологического процесса следует относить те операции, на которых можно ожидать появление брака из-за скрытых дефектов металла (трещин, раковин, волосовин и т.п.);
- поверхности, обработка которых связана с точностью и допусками относительно расположения поверхностей (соосности, перпендикулярности, параллельности и т.п.), изготавливают при одной установке;
- совмещение черновой (предварительной) и чистовой (окончательной) обработок в одной операции и на одном и том же оборудовании нежелательно – такое совмещение допускается при обработке жестких заготовок с небольшими припусками;

– при выборе установочных (технологических) баз следует стремиться к соблюдению двух основных условий: совмещению технологических баз с конструкторскими (например, отверстие в корпусе насадной цилиндрической фрезы одновременно служит посадочным местом для оправки в процессе эксплуатации и базой для большинства операций); постоянству баз, т.е. выбору такой базы, ориентируясь на которую можно провести всю или почти всю обработку (например, центровые отверстия вала, оси или хвостовики режущего инструмента). Принцип базирования заготовок должен строго соответствовать ГОСТ 3.1107–81.

Предварительная разработка технологического процесса обработки заданной детали заканчивается составлением и оформлением комплекта документов технологического процесса по ГОСТ 3.1404–86.

Состав и формы карт, входящих в комплект документов, зависят от вида технологического процесса (единичный, типовой или групповой), типа производства и степени использования разработчиком (предприятием, учебным заведением) средств вычислительной техники и автоматизированной системы управления производством (АСУП).

По степени детализации описания полноты информации. Каждый из указанных видов технологических процессов предусматривает различное изложение содержания операции и комплектность документации.

В маршрутном технологическом процессе содержание операций излагается только в маршрутной карте без указания переходов (допускается включать режимы обработки, т.е. строку со служебным символом – Р). Применяется в единичном и мелкосерийном типах производства.

В операционном технологическом процессе маршрутная карта содержит только наименование всех операций в технологической последовательности, включая контроль и перемещение, перечень документов, применяемых при выполнении операции, технологическое оборудование и трудозатраты. Сами операции разрабатываются на операционных картах. Применяется в крупносерийном и массовом типах производств.

В маршрутно-операционном технологическом процессе предусматривается краткое описание содержания отдельных операций в маршрутной карте, а остальные операции оформляются на операционных картах. Для дипломного проектирования рекомендуется операционная или маршрутно-операционная степень детализации описания технологического процесса.

Все виды технологических документов содержат единую форму основной надписи, содержание и правила заполнения которой регламентируются ГОСТ 3.1103–82.

Учитывая, что маршрутная карта является основным и обязательным документом любого технологического процесса, далее подробно рассматривается пример заполнения маршрутной карты по ГОСТ 3.1118–82, форма 1.

Контрольные вопросы

1. Какова последовательность разработки технологического процесса изготовления детали?
2. Какие этапы выполняются при анализе и корректировке технических требований (ТТ) на деталь?
3. От чего зависит выбор вида и формы организации производственного процесса?
4. Какова последовательность выбора исходной заготовки?
5. Этапы выбора технологических баз.
6. Какими принципами руководствуются при разработке технологического процесса?

ЛЕКЦИЯ 9

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

1. Технологическая документация.

1.1. Оформление маршрутно-операционной карты.

1.2. Запись содержания технологических операций и переходов.

1. Технологическая документация

Разработанный технологический процесс оформляют документально в соответствии с требованиями ЕСТД. В зависимости от объема выпуска изделия документация имеет различные формы. Это могут быть маршрутная и операционная карты, карты эскизов и др.

Назначение технологической документации заключается в том, чтобы дать исчерпывающую информацию исполнителям о структуре технологического процесса, оборудовании, инструментах, режимах обработки, трудоемкости операций, разрядах работ и их расценках. Технологические карты, ведомости оснастки, комплектовочные карты и пр. являются оперативными документами в планировании и управлении производством. Одновременно с разработкой технологического процесса разрабатывают технические задания на проектирование специального оборудования, приспособлений, режущего и измерительного инструмента, штампов.

Техническое задание должно содержать подробное описание служебного назначения объекта проектирования.

1.1. Оформление маршрутно-операционной карты

В условиях современного производства структура, объем и содержание технологической документации зависят в первую очередь от типа производства. Так, для единичного производства разрабатывается только маршрутная технология, в то время как в условиях массового производства необходима детальная проработка и оформление как маршрутной, так и операционной технологии.

Для оформления результатов разработанного технологического процесса изготовления детали оформляется форма маршрутно-операционной карты, позволяющая наглядно отразить всю основную информацию, связанную с проектированием ТП конкретного изделия.

В графе «Технологический эскиз» выполняются: рабочий чертеж детали с необходимыми сечениями, видами; технические условия на изготовление. При изображении детали, а также впоследствии при выполнении операционных эскизов, масштаб можно не соблюдать, а лишь выдерживать примерное соотношение размеров. В отдельных случаях (сложная деталь) по согласованию с руководителем проекта эскиз не выполняется.

Графа 1 «Номер операции». Нумерацию операций производят в виде трехразрядного числа через 5 единиц: 005, 010, 015 и т.д.

Графа 2 «Номер установов». Установы обозначаются прописными буквами русского алфавита А, Б, В и т.д., причем каждая новая операция начинается с установов «А».

Графа 3 «Номер перехода». Нумерация переходов внутри каждой операции производится натуральным рядом арабских цифр: 1, 2, 3 и т.д. При смене установов порядок нумерации переходов не меняется.

Графа 4 «Наименование операции и содержание переходов». Согласно ГОСТ 3.1702–79 и 3.1703–79 название операции формулируется в соответствии с используемым для ее выполнения оборудованием.

Допускается применение как конкретного наименования: «Токарно-винторезная», «Зубофрезерная», «Плоскошлифовальная», «Разметочная», «Правильная», «Разрезка», «Контрольная», так и обобщенного – «Слесарная» (включающая – «Разметка», «Керновка», «Опиловка» и т.д.), «Заготовительная» (включающая – «Очистка», «Правка», «Разметка» и т.д.).

Основные операции, к которым относят те, в процессе которых меняются размеры, форма и состояние обрабатываемых поверхностей, требуют указания всех установов и технологических переходов.

Содержание вспомогательных переходов в карте не указывается за исключением переходов, связанных с переустановкой заготовки: «Заготовку переустановить, выверить, закрепить».

Контрольные операции в карте отражаются однократно после завершения обработки в виде записи:

«Контролировать размеры и качество поверхности согласно чертежу».

1.2. Запись содержания технологических операций и переходов

В целях упрощения записи содержания операций и переходов следует применять цифровые обозначения поверхностей согласно чертежу детали.

Запись содержания технологических операций и переходов необходимо производить в повелительном наклонении. В случае повторения ранее проводимого технологического перехода на другой поверхности при полном сохранении режимов резания производится следующая запись: «Повторить переход 1 на поверхности 2».

Любой технологический процесс отображается в карте, начиная с заготовительной операции, и иллюстрируется эскизом готовой заготовки с нанесением ее размеров.

Графа 5 «Технологический эскиз» включает 5 – 7 операционных эскизов, отражающих основные стадии обработки детали, и выполненных в соответствии с порядком их проведения.

Каждая операция может иллюстрироваться как одним, так и несколькими эскизами, число которых должно быть не меньше числа установов.

На операционном эскизе изображают изделие в соответствии с теми размерами и формой, которые оно приобретает после завершения технологических переходов, иллюстрируемых данным эскизом. Масштаб произвольный. Кроме этого, необходимо:

а) показать на эскизе промежуточные размеры с допусками (только численные значения) и шероховатость только на поверхности, обрабатываемой на данном установе;

б) обрабатываемые поверхности пронумеровать в соответствии с данными чертежа;
в) указать на эскизе (условно) элементы закрепления заготовки (патроны, центры, опоры, зажимы и т.д.). Оригинальные элементы приспособлений можно указать контурами (при изготовлении деталей аппаратов);

г) обрабатываемые поверхности отметить утолщенными линиями или линиями другого цвета;

д) изобразить режущий инструмент в конце рабочего хода с указанием направления подачи. Если последовательно применяют несколько различных инструментов, например, сверло, зенкер, развертку, то один из них показывают в конечном положении, а остальные вычерчивают рядом в порядке выполнения переходов.

Инструмент сложной формы и профиля не следует вычерчивать полностью, достаточно, например, показать габариты и форму фрезы, винтовые канавки у сверла показать наклонными линиями и т.д.;

е) показать направление движения заготовки при обработке прямолинейной или дугообразной стрелкой.

Графа 6 «Номер обрабатываемой поверхности». Номера обрабатываемых поверхностей проставляются для каждого эскиза.

Графа 7 «Оборудование, наименование». Записывается тип и модель станка, пресса, вальцев и т.д. для каждой операции.

Графа 8 «Оборудование, характеристика». В данной графе необходимо дать основные данные об используемом оборудовании: мощность привода, диапазоны чисел оборотов и подач, габаритные характеристики обрабатываемых деталей, максимальное усилие пресса и т.д.

Графа 9 «Приспособление». Необходимо указать тип, ГОСТ, основные технические характеристики универсальных приспособлений (патроны, тиски, люнеты, центры, штампы, зажимы и т.п.).

Графы 10, 11 «Инструменты, режущий, измерительный». В данных графах указываются тип, ГОСТ, материал режущей части, габариты, пределы измерения применяемого инструмента.

При заполнении маршрутно-операционной карты следует также:

а) размещать технологический эскиз напротив иллюстрируемых переходов;

б) при изображении на эскизах инструментов стремиться к соответствию их реальным размерам и форме;

в) при использовании в качестве установочных элементов, приспособлений и оборудования оригинальных конструкций, не имеющих аналога в ГОСТах условных обозначений, необходимо изобразить реальные контуры используемого оборудования (матрица и пуансон пресса, расположение валков листогибочной машины и т.д.).

Содержание записки завершается списком используемой литературы, оформленным в соответствии с установленными требованиями.

Примеры записи перехода и сопутствующие операционные эскизы представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Примеры записей переходов и эскизов

| Полная запись перехода | Эскиз | Сокращенная запись перехода | Эскиз |
|---|-------|---|-------|
| Точить (шлифовать, довести, полировать и т.п.) канавку выдерживая размеры 1-3 | | Точить (шлифовать, довести, полировать и т.п.) канавку 1 | |
| Точить (шлифовать, довести, полировать и т.п.) выточку выдерживая размеры 1-3 | | Точить (шлифовать, довести, полировать и т.п.) выточку 1 | |
| Точить (шлифовать, притереть и т.п.) конус выдерживая размеры 1-2 | | Точить (шлифовать, притереть и т.п.) конус 1 | |
| Нарезать (фрезеровать, накатать шлифовать и т.п.) резьбу, выдерживая размеры 1-2 | | Нарезать (фрезеровать, накатать, шлифовать и т.п.) резьбу 1 | |
| Центровать торец, выдерживая размеры 1-4 | | Центровать торец 1 | |
| Расточить (зенкеровать, шлифовать и т.п.) отверстие, выдерживая размеры 1 и 2 | | Расточить (зенкеровать, шлифовать и т.п.) отверстие 1 | |
| Развернуть (расточить, зенкеровать и т.п.) коническое отверстие, выдерживая размеры 1-3 | | Развернуть (расточить, зенкеровать и т.п.) отверстие 1 | |

| Полная запись перехода | Эскиз | Сокращенная запись перехода | Эскиз |
|---|-------|---|-------|
| Расточить канавку, выдерживая размеры 1-3 | | Расточить канавку 1 | |
| Нарезать (шлифовать и т.п.) резьбу, выдерживая размер 1 | | Нарезать (шлифовать и т.п.) резьбу 1 | |
| Подрезать (шлифовать, полировать и т.п.) торец буртика, выдерживая размер 1 | | Подрезать (шлифовать, полировать и т.п.) торец буртика 1 | |
| Строгать (фрезеровать, шлифовать и т.п.) поверхность, выдерживая размер 1 | | Строгать (фрезеровать, шлифовать и т.п.) поверхность 1 | |
| Шлифовать (фрезеровать, строгать и т.п.) уступ, выдерживая размеры 1-2 | | Шлифовать (фрезеровать, строгать и т.п.) уступ 1 | |
| Протянуть (строгать, фрезеровать, шлифовать и т.п.) паз, выдерживая размеры 1-3 | | Протянуть (строгать, фрезеровать, шлифовать и т.п.) паз 1 | |
| Фрезеровать шпоночный паз, выдерживая размеры 1-4 | | Фрезеровать шпоночный паз 1 | |

| Полная запись перехода | Эскиз | Сокращенная запись перехода | Эскиз |
|--|-------|---|-------|
| Протянуть (фрезеровать) паз, выдерживая размеры 1-4 | | Протянуть (фрезеровать) паз | |
| Фрезеровать (шлифовать, полировать и т.п.) поверхности, выдерживая размеры 1-3 | | Фрезеровать (шлифовать, полировать и т.п.) поверхности 1 и 2 | |
| Фрезеровать (шлифовать, полировать и т.п.) боковые поверхности шлицев, выдерживая размер 1 | | Фрезеровать (шлифовать, полировать и т.п.) боковые поверхности шлицев 1 | |
| Нарезать (фрезеровать, шлифовать и т.п.) червяк, выдерживая размеры 1-4 | | Нарезать (фрезеровать, шлифовать и т.п.) червяк 1 | |
| Протянуть (долбить) шлицы, выдерживая размеры 1-3 | | Протянуть (долбить) шлицы | |

| Полная запись перехода | Эскиз | Сокращенная запись перехода | Эскиз |
|---|-------|---|-------|
| <p>Фрезеровать (долбить, строгать, протянуть, закруглить, шевенговать и т.п.) зубья, выдерживая размеры 1-4</p> | | <p>Фрезеровать (долбить, строгать, протянуть, закруглить, шевенговать и т.п.) зубья</p> | |

Контрольные вопросы

1. В соответствии с какими требованиями оформляют разработанный технологический процесс?
2. Какое назначение технологической документации?
3. Как зависит структура технологической документации от типа производства?

ЛЕКЦИЯ 10

ОБРАБОТКА ОСНОВНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

1. Методы обработки основных поверхностей типовых деталей машин. Обработка заготовок на металлорежущих станках.

1.1. Обработка наружных поверхностей тел вращения.

1.2. Методы обработки наружных цилиндрических поверхностей.

1.3. Обработка внутренних поверхностей тел вращения.

1.4. Обработка резьбовых поверхностей детали.

1. Методы обработки основных поверхностей типовых деталей машин. Обработка заготовок на металлорежущих станках

1.1. Обработка наружных поверхностей тел вращения

Технологические задачи формулируются в соответствии с рекомендациями и охватывают требования к точности детали по всем их параметрам (рис. 10.1).

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

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

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

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

Так, например, для вала, представленного на рис. 10.1 технологические задачи формулируются следующим образом:

- точность размеров основных поверхностей находится в пределах 6 – 8 квалитетов, а размеры с неуказанными отклонениями выполняются по 14-му квалитету;
- точность формы регламентируется для опорных шеек допусками круглости и профиля в продольном сечении – 0,006 мм, а у остальных поверхностей погрешности формы не должны превышать определенной части поля допуска на соответствующий размер (например, для нормальной геометрической точности 60 % от поля допуска);
- точность взаимного расположения задается допусками радиального и торцового биений (соответственно 0,02 и 0,016 мм) относительно базы;
- шероховатость сопрягаемых цилиндрических поверхностей ограничивается значениями $Ra = 0,8$ мкм, а торцовых – $Ra = 1,6$ мкм; шероховатость несопрягаемых поверхностей – $Ra = 6,3$ мкм; шлицевый участок подвергается термообработке ТВЧ HRC 50...55.

1.2. Методы обработки наружных цилиндрических поверхностей

Наружные и внутренние цилиндрические поверхности и прилегающие к ним торцы образуют детали типа тел вращения. Детали – тела вращения делят на три типа в зависимости от соотношения длины детали L к наибольшему наружному диаметру D . При $L/D > 1$ это валы, оси, шпиндели, штоки, шестерни, гильзы, стержни и т.п.; при $2 > L/D > 0,5$ включительно – втулки, стаканы, пальцы, барабаны и др.; при $L/D < 0,5$ включительно – диски, кольца, фланцы, шкивы и т.п.

Детали, имеющие поверхности вращения (цилиндрические, наружные, фасонные, цилиндрические внутренние и др.) обрабатывают на различных станках: токарной группы (токарно-винторезные, токарно-карусельные, токарно-револьверные, одношпиндельные и многошпиндельные полуавтоматы и автоматы, станки для тонкого точения и др.); шлифовальной группы (круглошлифовальные, бесцентровошлифовальные, притирочные, полировальные и т.п.). Станки этих групп применяют как обычные, так и с числовым программным управлением (ЧПУ).

Наиболее распространенным методом обработки цилиндрических наружных поверхностей является точение резцом (резцами).

При установке и обработке длинных заготовок валов, осей, стержней и тому подобных в качестве дополнительной опоры, повышающей жесткость технологической системы, применяют люнеты (подвижные и неподвижные).

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

При токарной обработке различают точение:

- а) черновое (или обдирочное) – с точностью обработки IT13...IT12 с шероховатостью поверхности до $Ra = 6,3$ мкм;
- б) получистовое – IT12...IT11 и шероховатостью до $Ra = 1,6$ мкм;
- в) чистовое – IT10...IT8 и шероховатостью до $Ra = 0,4$ мкм.

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

На черновых операциях повышения производительности обработки добиваются увеличением глубины резания (уменьшением числа рабочих ходов), а также подачи.

На чистовых операциях подача ограничивается заданной шероховатостью поверхности, поэтому сокращение основного времени возможно за счет увеличения скорости резания. На универсальных токарно-карусельных станках обрабатывают заготовки деталей типа тел вращения разнообразной формы диаметром до 10 000 мм.

1.3. Обработка внутренних поверхностей тел вращения

Отверстия в деталях в заготовительных цехах получают достаточно просто, начиная с диаметра 25...40 мм. Обработка отверстий в деталях различных типов производится путем сверления, зенкерования, фрезерования на станках с ЧПУ, растачивания резцами, развертывания, шлифования (внутреннего), протягивания, хонингования, раскатывания шариками и роликами, продавливания, притирки, полирования, суперфиниширования.

Обработка отверстий со снятием стружки производится лезвийным и абразивным инструментом. К лезвийным инструментам относятся: сверла, зенкеры, развертки, расточные резцы и протяжки.

Разновидности и характеристики этих инструментов приведены в справочниках [1, 2].

Обработку отверстий лезвийным инструментом производят на станках следующих групп: сверлильной (вертикально-сверлильные, радиально-сверлильные); расточной (горизонтально-расточные, горизонтальные и вертикальные отделочно-расточные, координатно-расточные); протяжной группы (горизонтальные и вертикальные полуавтоматы) как обычного исполнения, так и с ЧПУ.

Кроме того, отверстия обрабатываются практически на всех станках, полуавтоматах и автоматах токарной группы.

Сверлением получают отверстия в сплошном материале (рис. 10.1). Для неглубоких отверстий используются стандартные сверла диаметром 0,30...80 мм.

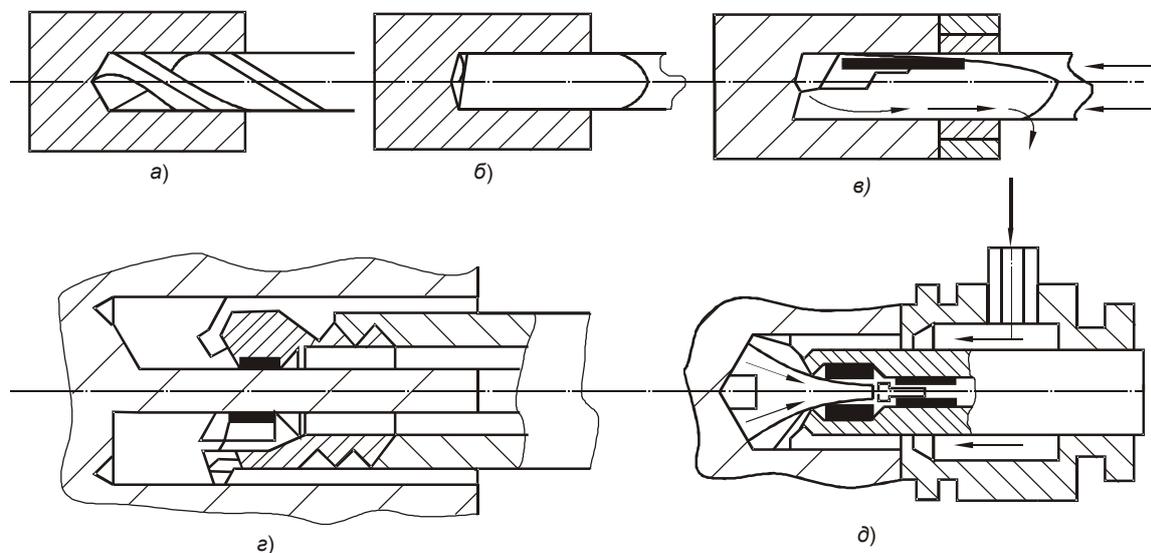


Рисунок 10.1 – Схемы обработки отверстий сверлами: а – спиральным; б – полукруглым; в – ружейным одностороннего резания с внешним отводом СОЖ; г – трепанирующим (кольцевым); д – ружейным с внутренним отводом СОЖ

Существуют два метода сверления:

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

Обработку отверстий диаметром до 25...40 мм осуществляют спиральными сверлами за один переход (рис. 10.1 *a*), при обработке отверстий больших диаметров (до 80 мм) – за два и более перехода сверлением и рассверливанием или другими методами. Для сверления отверстий диаметром свыше 80 мм применяют сверла или сверлильные головки специальных конструкций.

На многих корпусных деталях, фланцах, крышках и т.п. имеются небольшие отверстия (для крепежных болтов, шпилек и т.п.), точность и шероховатость которых определяется точностью, достигаемой сверлением. Такие отверстия обрабатывают на станках с применением кондукторов. При этом достигаемая точность диаметральных размеров – IT11...IT10.

При обработке глубоких отверстий ($L/D > 10$) трудно обеспечить направленность оси отверстия относительно ее внутренней цилиндрической поверхности. Чем больше длина отверстия, тем больше увод инструмента. Для борьбы с уводом сверла или искривлением оси отверстия применяются следующие способы:

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

К специальным сверлам относятся:

- полукруглые (рис. 10.1 *б*) – разновидность ружейных сверл одностороннего резания, которые применяются для обработки заготовок из материалов, дающих хрупкую стружку (латунь, бронза, чугун);
- ружейные – одностороннего резания с внешним отводом СОЖ (рис. 10.1 *в*) и внутренним отводом (эжекторные) (рис. 10.1 *д*) с пластинами из твердого сплава (припаянными или неперетачиваемыми с механическим креплением), предназначенные для высокопроизводительного сверления;
- трепанирующие (кольцевые) сверла (рис. 10.1 *з*) для сверления отверстий диаметром 80 мм и более, длиной до 50 мм.

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

Зенкерование отверстий – предварительная обработка литых, штампованных или просверленных отверстий под последующее развертывание, растачивание или протягивание. При обработке отверстий по 13...11-му качеству зенкерование может быть окончательной операцией. Зенкерованием обрабатывают цилиндрические углубления (под головки винтов, гнезд под клапаны и др.), торцовые и другие поверхности.

Режущим инструментом при зенкеровании является зенкер. Зенкеры изготавливают цельными с числом зубьев 3...8 и более, диаметром 3...40 мм; насадными диаметром 32...100 мм и сборными регулируемым диаметром 40...120 мм.

Зенкерование является производительным методом: повышает точность предварительно обработанных отверстий, частично исправляет искривление оси после сверления. Для повышения точности обработки используют приспособления с кондукторными втулками. Зенкерованием обрабатывают сквозные и глухие отверстия.

Зенкеры исправляют, но не устраняют полностью погрешности оси отверстия, достигаемая шероховатость $Ra = 12,5 \dots 6,3$ мкм.

Развертывание отверстий – чистовая обработка отверстий с точностью до 7-го качества. Развертыванием обрабатывают отверстия тех же диаметров, что и при зенкеровании. Развертки рассчитаны на снятие малого припуска. Они отличаются от зенкеров большим числом (6...14) зубьев. Развертыванием достигается высокая точность диаметральных размеров и формы, а также малая шероховатость поверхности. Следует отметить, что обработанное отверстие получается несколько большего диаметра, чем диаметр самой развертки. Такая разбивка может составлять 0,005...0,08 мм.

Для получения отверстий 7 качества применяют двукратное развертывание; IT6 – трехкратное, под окончательное развертывание припуск оставляют 0,05 мм и менее.

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

Существуют два основных способа растачивания: растачивание, при котором вращается заготовка (на станках токарной группы), и растачивание, при котором вращается инструмент (на станках расточной группы).

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

Типичными для расточных станков операциями являются: растачивание одиночного отверстия, соосных отверстий и растачивание отверстий с параллельными осями.

Существуют три основных способа растачивания отверстий на горизонтально-расточных станках:

- 1) растачивание консольными оправками (рис. 10.2 а);
- 2) растачивание борштангами-скалками с использованием опоры задней стойки (рис. 10.2 б);
- 3) растачивание в кондукторах при шарнирном соединении расточных оправок со шпинделем станка (рис. 10.2 в).

Растачивание борштангами с использованием задней опоры, стойки (вариант 2) применяется при изготовлении крупных тяжелых деталей, имеющих отверстия в противоположных стенках или при обработке отверстий, имеющих длину, значительно превышающую их диаметры. В этом случае опора задней стойки и шпиндель должны быть соосны. Выверка производится в вертикальной и горизонтальной плоскостях, при этом значительно возрастает вспомогательное время.

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

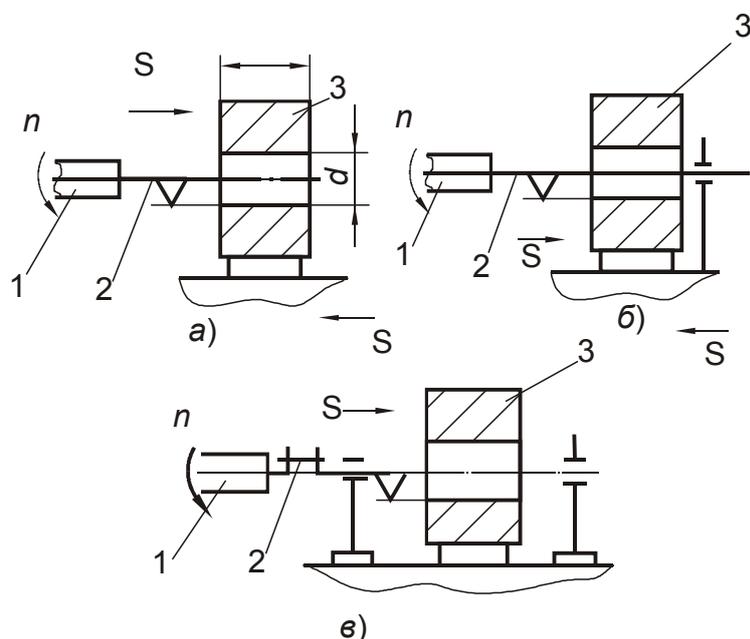


Рисунок 10.2 – Схемы растачивания отверстий на горизонтально-расточных станках:
а – консольными оправками; *б* – борштангами с опорой на заднюю стойку;
в – борштангами, установленными в кондукторе

Протягивание отверстий применяют в массовом, крупносерийном и серийном производствах. Протягивание является одним из прогрессивных способов обработки металлов резанием как в отношении производительности, так и достигаемых точности и шероховатости. По сравнению с развертыванием, например, протягивание производительнее в 8 – 9 раз и выше. Протягивание осуществляется многолезвийным инструментом протяжкой, которая протягивается через обрабатываемое отверстие (рис. 10.3). Внутренним протягиванием обрабатывают различные отверстия: круглые (цилиндрические), шлицевые, многогранные и др.

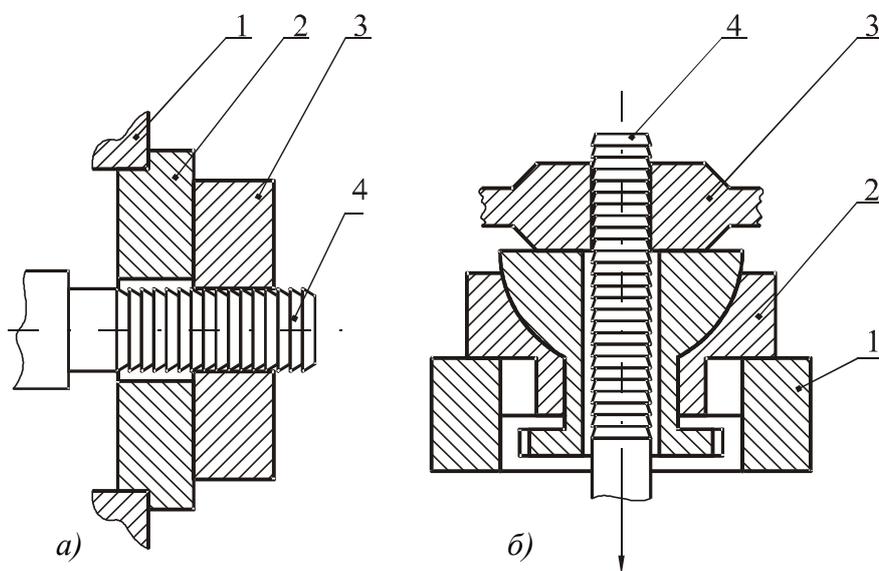


Рисунок 10.3 – Схемы протягивания отверстий: *а* – горизонтальная; *б* – вертикальная;
 1 – жесткая опора; 2 – шаровая опора; 3 – обрабатываемая заготовка; 4 – протяжка

При протягивании на протяжных станках заготовку устанавливают на жесткой (рис. 10.3 а) или шаровой опоре (рис. 10.3 б), если торец детали не перпендикулярен оси отверстия.

Для протягивания применяют горизонтальные и вертикальные протяжные станки-полуавтоматы.

Горизонтальные протяжные полуавтоматы применяются для внутреннего протягивания. Вертикальные полуавтоматы используют как для внутреннего, так и наружного протягивания; они занимают в 2 – 3 раза меньше площади, чем горизонтальные.

Припуск под протягивание при обработке цилиндрических отверстий составляет 0,5...1,5 мм на диаметр отверстия. Прошиванием называют аналогичную протягиванию обработку более коротким инструментом – прошивкой. При прошивании инструмент испытывает напряжения сжатия, а при протягивании – растяжения, поэтому прошивку выполняют относительно небольшой длины (250...400 мм).

Для обработки отверстий применяют внутреннее шлифование, хонингование, притирку.

Внутреннее шлифование применяют для окончательной обработки отверстий скаленных деталей или в тех случаях, когда невозможно применить другие, более производительные методы обработки. Оно осуществляется на внутришлифовальных станках и бесцентрово-внутришлифовальных автоматах.

Отверстия обрабатывают на проход и методом врезания (короткие отверстия).

Внутреннее шлифование имеет свои технологические особенности. Диаметр абразивного круга выбирают наибольший, допустимый диаметром обрабатываемого отверстия $d_{кр} = (0,8...0,9) d_{отв}$. Высоту (ширину) круга принимают в зависимости от длины обрабатываемого отверстия $l_{кр} = 0,8 l_{дет}$.

Чистовым шлифованием обеспечивается точность размеров отверстий IT6...IT7; шероховатость поверхности $Ra = 0,8...3,2$ мкм. При длительном выхаживании достигается $Ra = 0,4$ мкм.

Для внутреннего шлифования рекомендуются следующие режимы:

- для чугуна – $V_{кр} = 20...30$ м/сек;
- для стали – $V_{кр} = 30...45$ м/сек;
- $V_{заг} = (0,015...0,03) V_{кр}$;
- $S_{пр} = (0,2...0,3) b$ – чистовое шлифование;
- $S_{пр} = (0,6...0,8) b$ – черновое шлифование.

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

Различают три основных вида внутреннего шлифования (рис. 10.4): во вращающейся заготовке; в неподвижной заготовке (планетарное); бесцентровое.

Шлифование отверстия во вращающейся заготовке (рис. 10.4 а) осуществляется так же, как шлифование наружных поверхностей тел вращения. Наиболее распространенные схемы шлифования отверстий во вращающейся заготовке приведены на рис. 10.4.

Для шлифования торца детали после шлифования отверстия в ней целесообразно пользоваться станками, имеющими помимо круга для шлифования отверстия круг для шлифования торца.

Это обеспечивает соблюдение строгой перпендикулярности торцевой поверхности и оси отверстия за счет обработки за один установ.

Шлифование отверстия в неподвижной заготовке применяют при обработке отверстий в крупных заготовках, которые трудно вращать (рис. 10.5 б).

При этом методе заготовка устанавливается на стол станка и остается неподвижной во время обработки. Шпиндель и шлифовальный круг имеют четыре движения: 1 – вращение вокруг своей оси; 2 – планетарное движение по окружности внутренней поверхности заготовки;

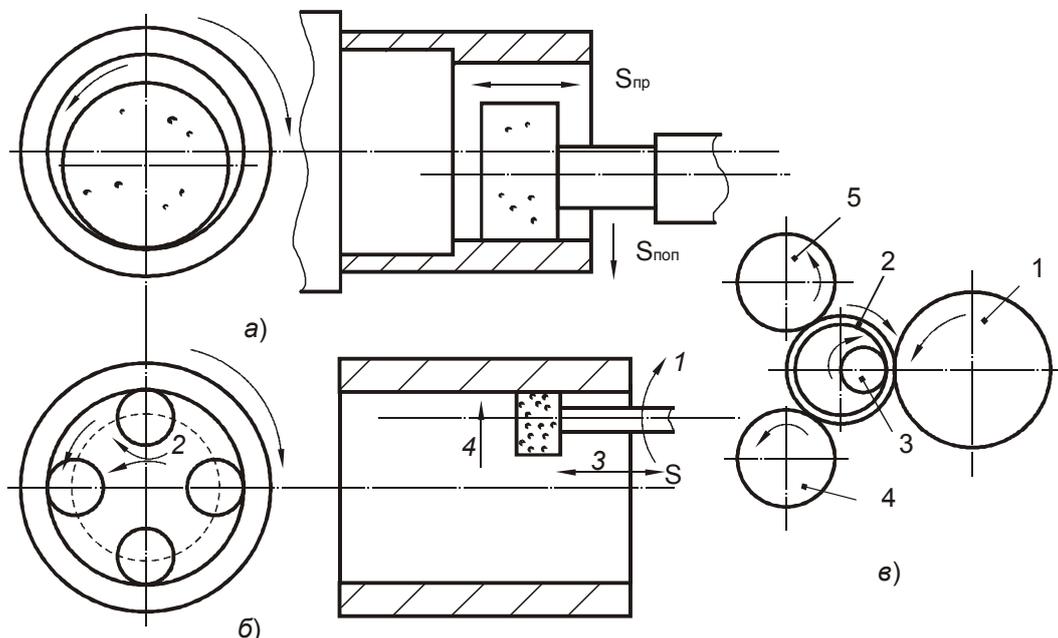


Рисунок 10.4 – Виды внутреннего шлифования: а – во вращающейся заготовке; б – планетарное; в – бесцентровое

При внутреннем бесцентровом шлифовании (рис. 10.4 в) базой для установки заготовки служит наружная, предварительно обработанная поверхность. Обработка происходит следующим образом. Заготовка (2) направляется и поддерживается тремя роликами. Ролик (1) (большого диаметра) является ведущим; он вращает заготовку и в то же время удерживает ее от возможного вращения с большой скоростью под действием шлифовального круга (3). Верхний нажимной ролик (5) прижимает заготовку к ведущему ролику (1) и нижнему поддерживающему ролику (4). Заготовка, зажата между тремя роликами, вращается с той же скоростью, что и ведущий ролик (1). При смене заготовки ролик (5) отходит, освобождая заготовку и позволяя вставить, вручную или автоматически, новую заготовку.

Хонингование является одним из методов отделочной обработки отверстий. Процесс осуществляется с помощью хонинговальных головок (хонов) со вставными абразивными брусками. Хонингование выполняется на специальных станках, которые подразделяют на две группы: вертикально-хонинговальные и горизонтально-хонинговальные.

Хонинговальная головка совершает совмещенное движение: вращательное и возвратно-поступательное при постоянном давлении абразивных брусков на обрабатываемую поверхность в среде смазочно-охлаждающей жидкости (рис. 10.5).

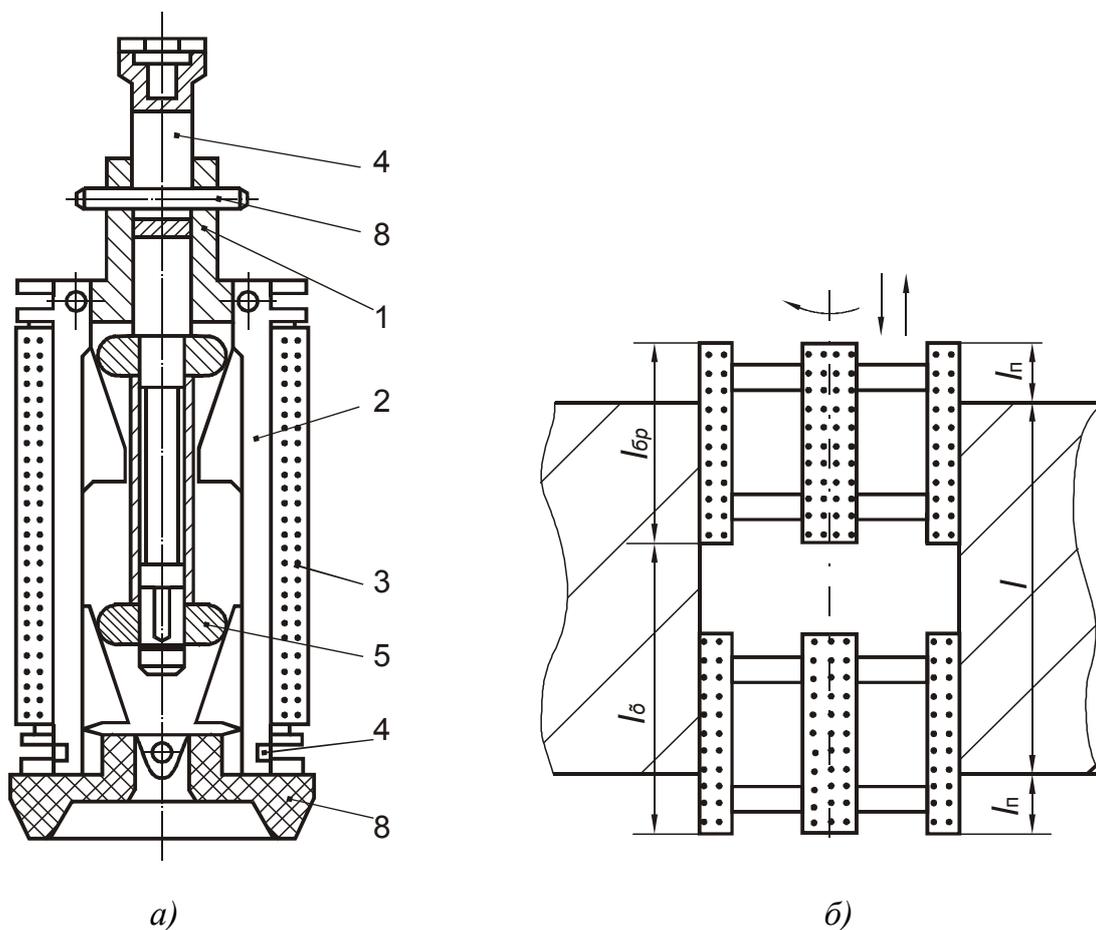


Рисунок 10.5 – Хонингование: *a* – схема хонинговальной головки: 1 – корпус; 2 – колодки; 3 – абразивные круги; 4 – стержень; 5 – нажимная шайба; 6 – конус; 7 – круговые пружины; 8 – палец; *б* – схема вертикального перемещения брусков хонинговальной головки: $l_{бр}$ – длина бруска; l – длина отверстия заготовки; l_n – перебеги брусков; l_x – длина рабочего хода брусков

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

Предварительная обработка отверстий под хонингование может быть выполнена растачиванием, зенкерованием, развертыванием или шлифованием и должна обеспечивать точность обработки не ниже, чем по 7...8-му качеству и $Ra = 6,3...3,2$ мкм.

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

1.4. Обработка резьбовых поверхностей детали

В машиностроительном производстве применяют цилиндрические резьбы – крепежные и ходовые, а также конические резьбы.

Основной крепежной резьбой является метрическая резьба треугольного профиля с углом профиля 60° .

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

Резьба может быть наружная (на наружной поверхности детали) и внутренняя (на внутренней поверхности детали).

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

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

Тот или иной метод нарезания резьбы применяется в зависимости от профиля резьбы, характера и типа материала изделия, объема производственной программы и требуемой точности.

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

Нарезание резьбы резцами и резьбовыми гребенками. Наружную и внутреннюю резьбы можно обработать на токарных станках. Это малопроизводительный процесс, так как обработка осуществляется за несколько рабочих ходов и требует высокой квалификации рабочего. Достоинством метода является универсальность оборудования, инструмента и возможность получить резьбу высокой точности.

На токарных станках нарезают точные резьбы на ответственных деталях, а также нестандартные резьбы и резьбы большого диаметра. Для повышения точности резьбы осуществляют как черновые, так и чистовые рабочие ходы разными резцами. Различают два способа нарезания треугольной резьбы: 1) радиальное движение подачи; 2) движение подачи вдоль одной из сторон профиля.

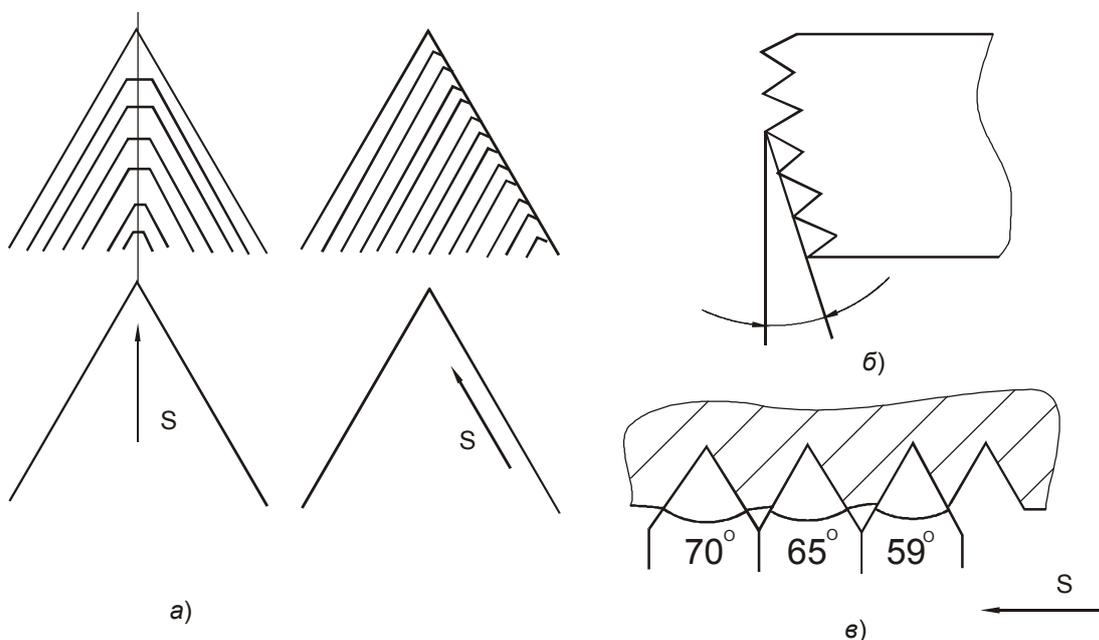


Рисунок 10.6 – Схемы нарезания резьбы: а – с радиальной подачей и с подачей вдоль одной из сторон; б – расположение зубьев резьбовой гребенки; в – набором резцов

Первый способ более точный, но менее производительный, поэтому рекомендуется черновые рабочие ходы делать вторым способом, а чистовые – первым (рис. 10.6 *a*).

Для повышения производительности обработки резьбы применяют резьбовые гребенки – круглые и призматические. Обычно ширину гребенки принимают равной не менее чем шести шагам. При использовании гребенок снятие стружки выполняют несколько зубьев (рис. 10.6 *б*) и число рабочих ходов может быть уменьшено до одного.

Для скоростного нарезания резьбы применяют резцы, оснащенные твердым сплавом, а также наборы резцов (рис. 10.7). Конструкции некоторых типов резцов приведены на рис. 10.7.

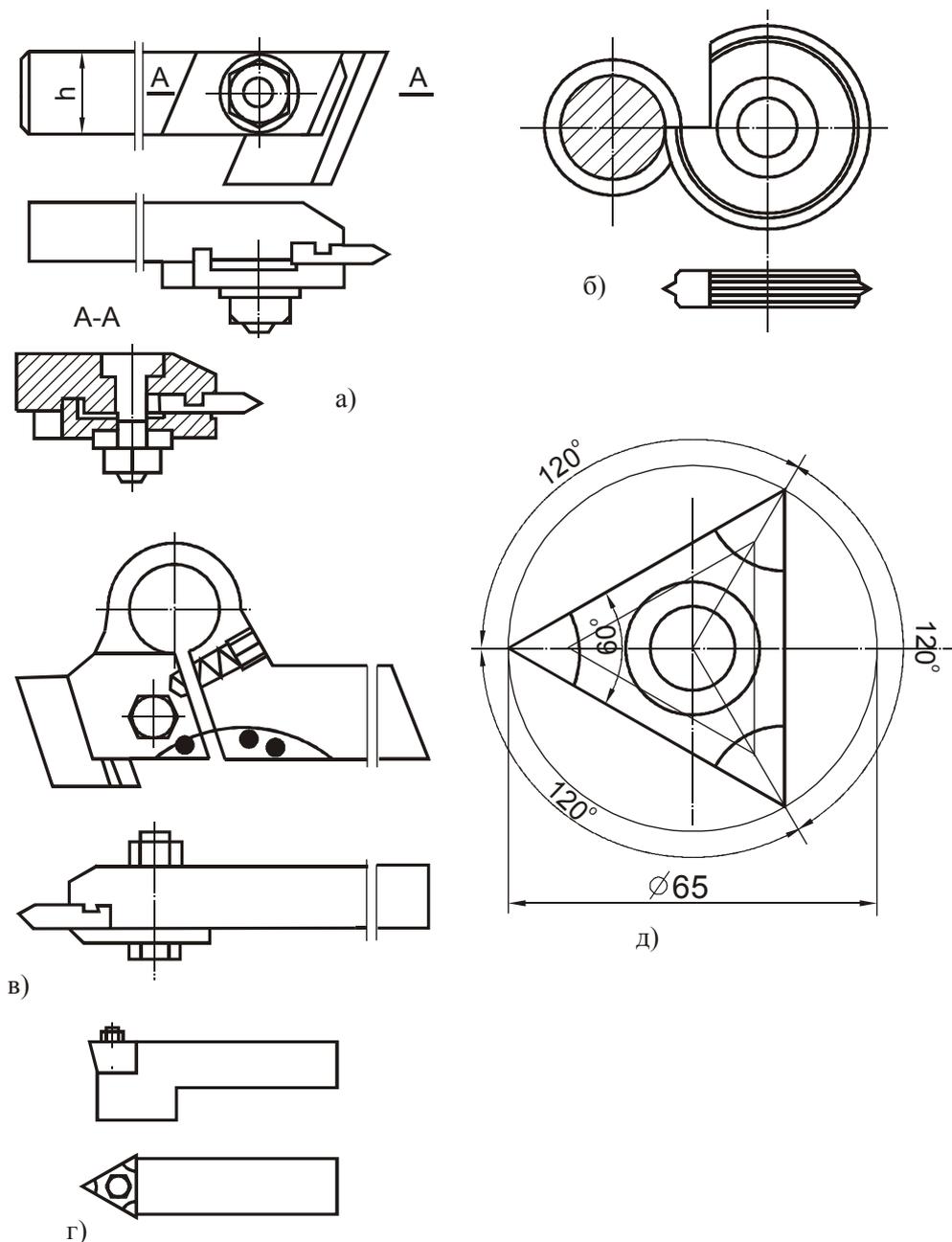


Рисунок 10.7 – Резцы для нарезания резьбы: *a* – призматические; *б* – круглые; *в* – с пружинной державкой; *г* – с трехрезцовой головкой; *д* – трехрезцовая пластина

Гребенки, подобно резцам, бывают плоские, призматические и круглые и отличаются от резцов тем, что режут одновременно несколькими режущими кромками. Для раз-

деления работы резания концы зубьев гребенки стачиваются от одного края гребенки к другому, так что глубина резания постепенно увеличивается.

Токарные станки применяются для нарезания резьбы преимущественно для:

- нарезания резьбы на поверхностях, предварительно обработанных на токарном станке, благодаря чему обеспечивается правильное положение резьб относительно других поверхностей;

- нарезания очень точных длинных винтов (в этом случае токарный станок, работающий одним резцом, имеет преимущество перед всеми другими методами, в том числе и перед фрезерованием);

- при выполнении работ, подходящих для резьбофрезерного станка, когда его нет или объем партии мал;

- нарезания резьб большого диаметра, нестандартного профиля или шага, а также вообще во всех случаях, когда приобретение подходящих плашек и метчиков не оправдывается объемом производства;

- нарезания прямоугольных резьб, чистовое фрезерование которых невозможно, а применение плашек и метчиков хотя и возможно, но затруднительно, особенно при обработке крупных заготовок.

Резьбу после нарезания резцом иногда калибруют точными плашками (часто вручную).

Таким образом, нарезание резьбы на токарном станке применяется преимущественно в единичном и мелкосерийном производствах, а в крупносерийном и массовом производствах – главным образом, для нарезания длинных или точных резьб.

В крупносерийном и массовом производствах используется нарезание резьбы вращающимися резцами так называемым вихревым методом. При этом заготовка закрепляется в центрах токарно-винторезного станка или в патроне. В процессе работы она медленно вращается. В специальной головке, установленной на суппорте станка, закрепляется резец. Головка, вращающаяся с большой скоростью от специального привода, расположена эксцентрично относительно оси нарезаемой резьбы. Таким образом, при вращении головки, резец, закрепленный в ней, описывает окружность, диаметр которой больше наружного диаметра резьбы (рис. 10.8).

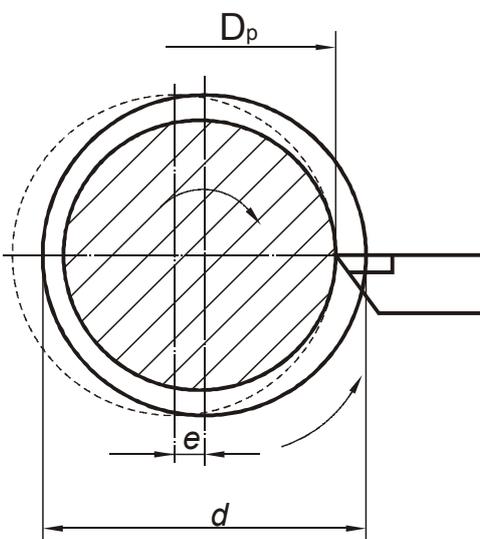


Рисунок 10.8 – Схема вихревого нарезания

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

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

Нарезание резьбы метчиками, плашками и самораскрывающимися резьбонарезными головками производится на различных станках.

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

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

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

Плашками нарезают резьбу как вручную, так и на различных станках токарной, сверлильной, резьбонарезной групп. Круглые плашки (рис. 10.9 а) устанавливают на станках в специальных патронах и закрепляют тремя-четырьмя винтами. Нарезание плашками – малопродуктивный процесс.

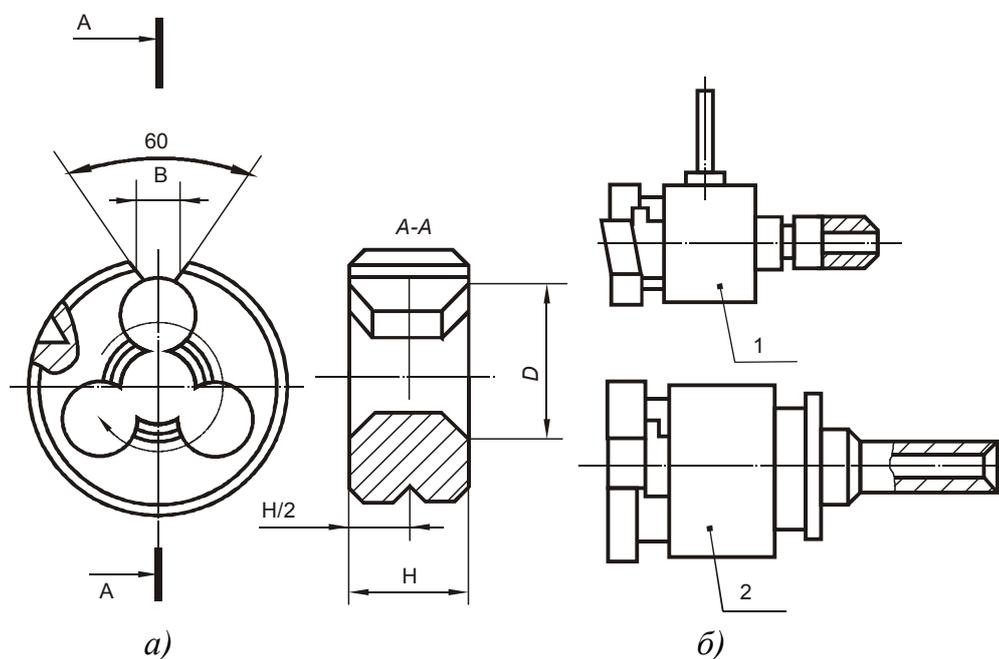


Рисунок 10.9 – Инструменты для нарезания резьбы:
а – плашка; б – самораскрывающаяся резьбовая головка

Нарезание наружной резьбы резьбонарезными самооткрывающимися головками значительно точнее, производительнее и отличается большей точностью, чем ранее рассмотренные методы; оно находит широкое применение в серийном и массовом производстве (рис. 10.9 б).

Вращающиеся головки используют на токарных автоматах и полуавтоматах.

Фрезерование резьбы широко распространено в серийном и массовом производствах и применяется для нарезания наружных и внутренних резьб на резьбофрезерных станках (рис. 10.10). Оно осуществляется двумя основными способами: дисковой фрезой (рис. 10.10 а) и групповой (гребенчатой) фрезой (рис. 10.10 б).

Нарезание дисковой фрезой применяют при нарезании резьб с большим шагом (P) и круглым профилем и главным образом для предварительного нарезания трапецеидальных резьб за один, два или три рабочих хода. При нарезании фреза вращается и совершает поступательное движение вдоль оси заготовки, причем перемещение за один оборот заготовки должно точно соответствовать шагу резьбы.

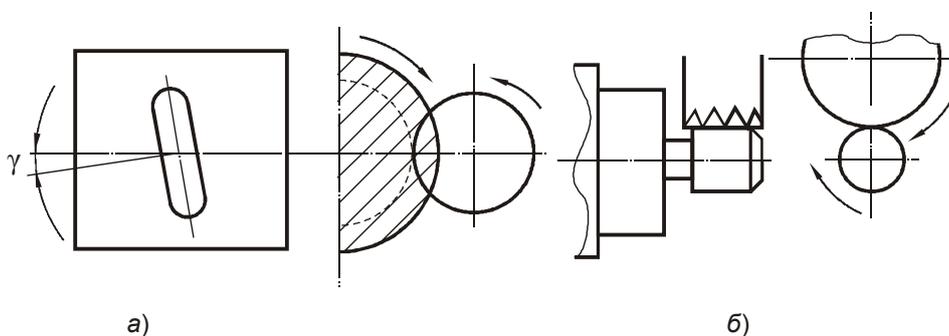


Рисунок 10.10 – Схемы фрезерования резьбы: а – дисковой фрезой; б – групповой (гребенчатой) фрезой

Гребенчатая резьбовая фреза представляет собой набор нескольких дисковых резьбовых фрез. Полное нарезание происходит за 1,2 оборота заготовки (0,2 оборота необходимы для полного врезания и перекрытия места врезания).

Фрезерование дисковой фрезой часто применяют как черновую обработку перед нарезанием резьбы резцом.

Фрезерование гребенчатой фрезой применяется для получения коротких резьб с мелким шагом.

Длина фрезы обычно принимается на 2...5 мм больше длины фрезеруемой детали. Групповая фреза устанавливается параллельно оси детали, а не под углом, как дисковая фреза. Нарезание резьбы с большим углом подъема гребенчатой фрезой затруднительно.

Фрезерование резьбы является одним из наиболее производительных методов обработки резьбы.

Шлифование резьб выполняют чаще всего после термической обработки заготовок. Резьбошлифование может быть наружным и внутренним, осуществляется на различных резьбошлифовальных станках. Существуют следующие способы шлифования резьбы: однопрофильным кругом; многопрофильным кругом с продольным движением подачи; врезное; широким многопрофильным кругом.

Контрольные вопросы

1. Какие технологические задачи решаются при обработке наружных поверхностей тел вращения?
2. Назвать группы станков, которые используются для обработки тел вращения.
3. Особенности обработки глубоких отверстий.
4. Выбор способа нарезания резьбы в зависимости от типа производства.

ЛЕКЦИЯ 11

ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК НА СТАНКАХ ТОКАРНОЙ ГРУППЫ

1. *Обработка заготовок на станках токарной группы.*

1.1. *Схемы точения заготовок на станках токарной группы.*

1. Обработка заготовок на станках токарной группы

1.1. Схемы точения заготовок на станках токарной группы

Различают несколько схем точения заготовок на станках токарной группы.

Первая – одноместная последовательная и параллельная обработка (рис. 11.1, 11.2).

Вторая – параллельно-последовательные схемы имеют место при одновременной обработке нескольких поверхностей заготовки и в нескольких позициях последовательно (рис. 11.3); при этом заготовка или инструменты меняют позиции путем поворота инструментального блока.

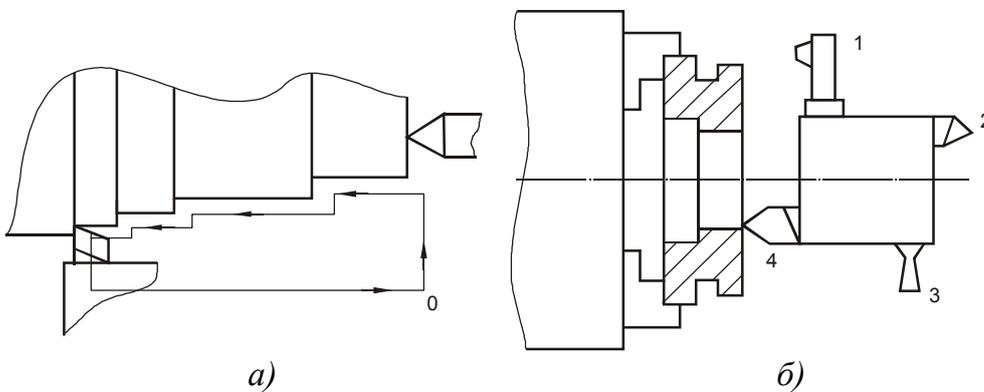


Рисунок 11.1 – Одноместная последовательная обработка: а – одним; б – несколькими инструментами

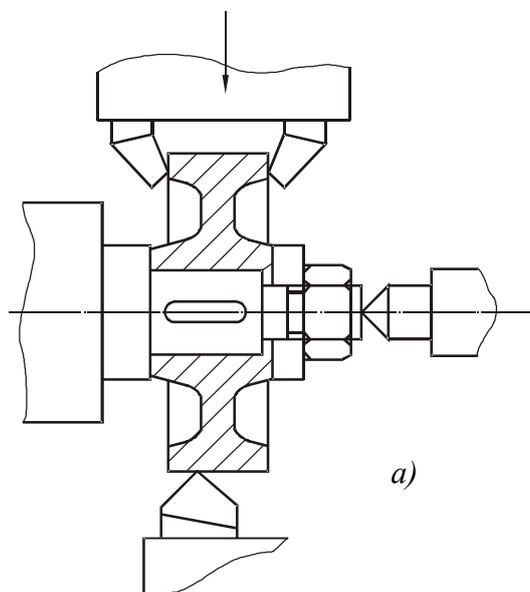


Рисунок 11.2 – Одноместная параллельная обработка

Третья – многоместные схемы могут осуществляться в двух вариантах: параллельном (рис. 11.3) и последовательном (рис. 11.4).

В многоместных схемах с одновременной установкой операционной партии время обработки заготовки определяется путем деления общих затрат времени на число заготовок в операционной партии.

На обработку одной заготовки в этом случае приходится меньше времени, чем в случае одноместных схем. В многоместных схемах время часто существенно сокращается за счет времени врезания и сбегания инструмента. Время при установке операционной партии несколько возрастет, но на одну заготовку оно значительно меньше, чем в одноместных схемах.

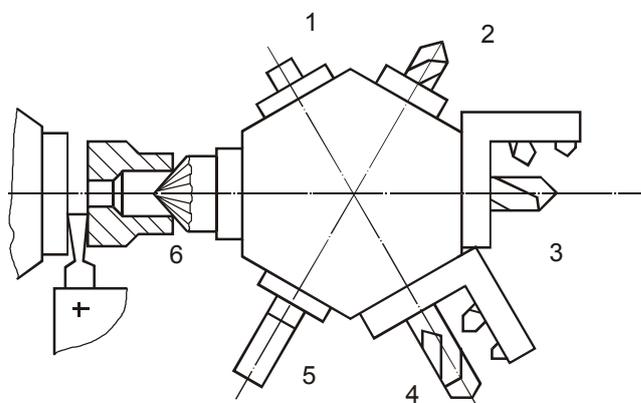


Рисунок 11.3 – Параллельно-последовательные схемы обработки одним инструментом

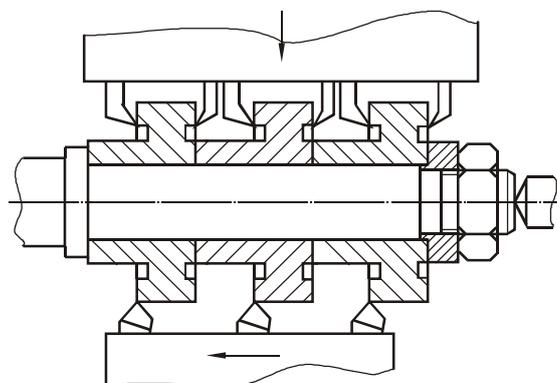


Рисунок 11.4 – Многоинструментальная параллельная обработка

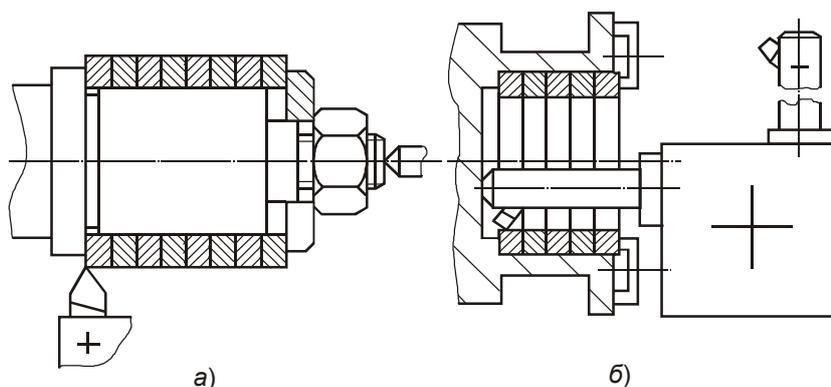


Рисунок 11.5 – Многоместная последовательная обработка: *а* – одним; *б* – несколькими инструментами

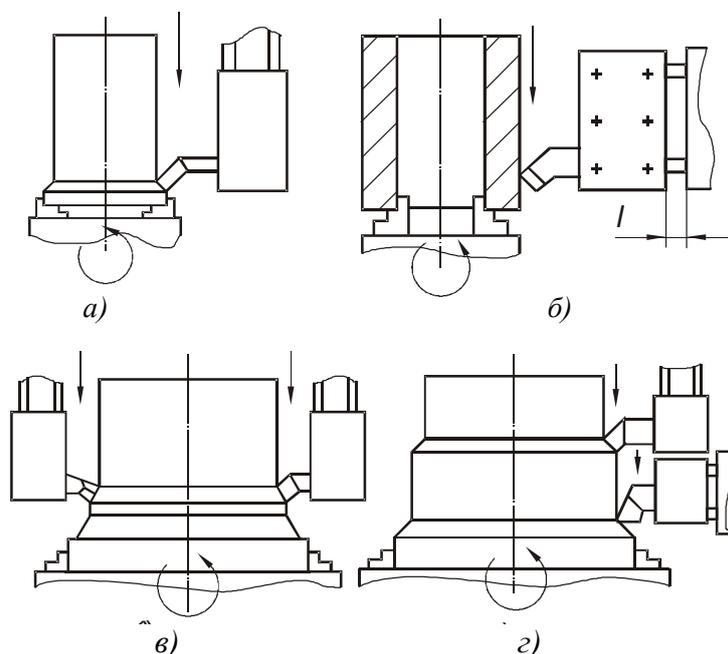


Рисунок 11.6 – Схемы обработки на токарно-карусельных станках

Схемы точения цилиндрических поверхностей приведены на рис. 11.6. Токарно-карусельные станки с ЧПУ позволяют автоматизировать обработку и в 2 – 2,5 раза повысить производительность труда.

Токарно-многолезцовые станки рассчитаны (как и револьверные) на повышение производительности труда путем совмещения переходов операций и автоматического получения операционных размеров. Эти станки предназначены для обработки (в патроне или в центрах) заготовок деталей типа ступенчатых валов, блоков шестерен, валов-шестерен, фланцев, шкивов и т.п. в условиях среднесерийного и крупносерийного производства.

Токарно-многолезцовые станки и копировальные полуавтоматы имеют два суппорта, работают в полуавтоматическом цикле. Они, как правило, одношпиндельные с горизонтальной и вертикальной компоновками. Обычно на многолезцовых станках обрабатывают заготовки диаметром до 500 мм, длиной до 1500 мм.

Настройка резцов (рис. 11.7) производится так, чтобы обработка всех участков вала заканчивалась одновременно.

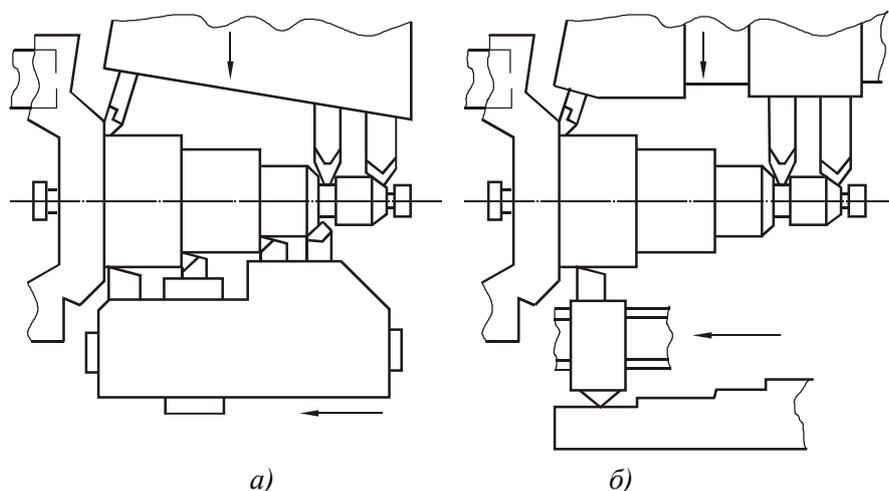


Рисунок 11.7 – Схемы наладок многолезцовых станков: а – без копира; б – по копиру

Основное время рассчитывают для резца, который обтачивает наиболее длинную поверхность (или в совокупности по двум и более поверхностям, образующим общую длину обработки).

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

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

Тонкое точение обеспечивает получение наружных цилиндрических поверхностей вращения правильной геометрической формы с точным пространственным расположением осей и является высокопроизводительным методом.

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

Тонкое точение характеризуется незначительной глубиной резания ($t = 0,05 \dots 0,2$ мм), малыми подачами ($S = 0,02 \dots 0,2$ мм/об) и высокими скоростями резания ($v = 120 \dots 1000$ м/мин). Точность размеров IT5...IT6; Ra = 0,8...0,4 мкм.

Подготовка поверхности под тонкое точение сводится к чистовой обработке с точностью IT8...IT9. Весь припуск снимается за один рабочий ход. Применяются станки особо высокой точности, жесткости и виброустойчивости. На этих станках не следует выполнять другие операции.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют схемы точения заготовок на станках токарной группы?
2. Особенности обработки деталей на токарных полуавтоматах.
3. Применение карусельных станков в различных условиях производства.
4. Особенности методов чистовой обработки.

ЛЕКЦИЯ 12

ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК НА СВЕРЛИЛЬНЫХ И РАСТОЧНЫХ СТАНКАХ

1. Обработка заготовок на сверлильных и расточных станках.

1.1. Обработка за один установ.

1.2. Обработка за два установка.

1.3. Типовой маршрут изготовления дисков и фланцев.

1.4. Типовой маршрут изготовления дисков.

1. Обработка заготовок на сверлильных и расточных станках

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

1.1. Обработка за один установ

005 Токарная.

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

010 Сверлильная.

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

015 Сверлильная.

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

020 Контрольная.

1.2. Обработка за два установка

005 Заготовительная.

Резка заготовки из проката или трубы или штамповка.

010 Токарная.

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

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

Второй установ (базирование по отверстию и торцу на оправке) – подрезка второго торца, точение наружных поверхностей (с припуском под шлифование), точение канавок и фасок. В зависимости от типа производства операция выполняется:

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

015 Сверлильная.

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

Закалка согласно чертежу.

025 Внутришлифовальная.

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

030 Круглошлифовальная.

Шлифование наружных поверхностей торца на круглошлифовальном или торцекруглошлифовальном станках.

035 Контрольная.

При обработке тонкостенных втулок (толщина стенки менее 5 мм) возникает дополнительная задача закрепления заготовки на станке без ее деформаций.

К деталям класса «диски» относятся детали, образованные наружными и внутренними поверхностями вращения, имеющими одну общую прямолинейную ось при отношении длины цилиндрической части к наружному диаметру менее 0,5. Например: шкивы, фланцы, крышки подшипников, кольца, поршни гидро- и пневмоприводов и т.п. Технологические задачи – аналогичные классу втулок: достижение concentricity внутренних и наружных цилиндрических поверхностей и перпендикулярность торцов к оси детали.

1.3. Типовой маршрут изготовления дисков и фланцев

Основные схемы базирования. Технологические базы – центральное отверстие и обработанный торец, причем короткое отверстие является двойной опорной базой, а торец – установочной.

Обработку шкивов средних размеров ($d = 200...400$ мм) производят на токарных, в крупносерийном производстве – на револьверных станках. Крупные шкивы и маховики – на токарных карусельных станках. При обработке на карусельных станках установку на первой операции выполняют по ступице, в которой обрабатывается центральное отверстие и прилегающие к ней торцы. Обод обрабатывают при установке шкива на центрирующий палец по обработанному отверстию и торцу.

1.4. Типовой маршрут изготовления дисков

005 Заготовительная.

В большинстве случаев – лить заготовку, ковать или штамповать. Мелкие шкивы – из прутка.

010 Токарная.

Растачивание отверстия с припуском под последующую обработку и подрезка торца. Технологическая база – черная поверхность обода или ступицы. Выполняется в зависимости от маршрутов и типа производства на токарном, револьверном или карусельном станке.

015 Токарная.

Подрезать второй торец. Технологическая база – обработанные отверстия и торец.

020 Протяжная.

Протянуть цилиндрическое отверстие. Технологическая база – отверстие и торец. Станок – вертикально-протяжной.

025 Протяжная или долбежная.

Протянуть или долбить шпоночный паз. Технологическая база – отверстие и торец. Станок – вертикально-протяжной или долбежный.

030 Токарная (черновая).

Точить наружный диаметр и торцы обода, точить клиновидные канавки. Технологическая база – отверстие. Станок токарный или многолезцовый токарный.

035 Токарная (чистовая).

Точить наружный диаметр и канавки. При криволинейной образующей на токарно-копировальном станке или токарном станке по копиру.

040 Сверлильная.

Сверлить отверстия и нарезать резьбу (если требуется по чертежу). Технологическая база – торец. Станок – сверлильный.

045 Балансировочная.

Балансировка и высверливание отверстий для устранения дисбаланса. Технологическая база – отверстие. Станок – балансировочный.

050 Шлифовальная.

Шлифование ступиц (если требуется по чертежу). Технологическая база – отверстие. Станок – круглошлифовальный.

055 Контрольная.

060 Нанесение антикоррозийного покрытия.

Основным служебным назначением фланцев является ограничение осевого перемещения вала, установленного на подшипниках. Отсюда следует, что основными конструкторскими базами фланца будут поверхности центрирующего пояска по размеру отверстия в корпусе и торцы. Поскольку в качестве технологических баз при обработке заготовки целесообразно выбирать основные базы детали, то исходя из этого, следует, что на первых операциях обрабатывают основные базы.

В связи с этим на первой операции в качестве технологических баз используют наружную цилиндрическую поверхность и торец большого фланца, а на последующих – посадочную поверхность цилиндрического пояска и его торец. На этих же базах обрабатывают крепежные отверстия и лыски, если они заданы чертежом.

Контрольные вопросы

1. Какие основные операции механической обработки для изготовления втулки?
2. Какая последовательность операций механической обработки для изготовления дисков?

ЛЕКЦИЯ 13

ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК НА ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ

1. *Обработка заготовок на шлифовальных станках.*

1.1. *Разновидности шлифования.*

1. Обработка заготовок на шлифовальных станках

Шлифование наружных поверхностей деталей типа тел вращения производят на круглошлифовальных, торцекруглошлифовальных станках, бесцентрово-шлифовальных полуавтоматах и автоматах как высокой, так и особо высокой точности.

1.1. Разновидности шлифования

Шлифование – основной метод чистовой обработки наружных цилиндрических поверхностей.

Шейки валов шлифуют в две операции: предварительное и чистовое шлифование. После чистового шлифования точность размера IT6, а шероховатость $Ra = 1,6...0,4$ мкм.

Как правило, все наружные цилиндрические поверхности с точностью выше IT8 и шероховатостью $Ra = 1,6...0,4$ мкм подвергают после чистового точения шлифованию.

При обработке на круглошлифовальных и торцекруглошлифовальных станках заготовки устанавливают в центрах, патроне, цанге или в специальном приспособлении.

Заготовке сообщается вращение с окружной скоростью $v_{зг} = 10...50$ м/мин; она зависит от диаметра обработки заготовки. Окружная скорость шлифовального круга (скорость резания) $v_{кр} = 30...60$ м/с. Подача S и глубина резания t варьируются в зависимости от способов шлифования. Различают следующие разновидности шлифования: продольное (с продольным движением подачи) и врезное (с поперечным движением подачи). Схемы обработки продольным и врезным шлифованием приведены на рис. 13.1.

Шлифование с продольным движением подачи (рис. 13.1 *a*) осуществляется за четыре этапа: врезание, чистовое шлифование, выхаживание и отвод.

В этом случае продольная подача является функцией ширины шлифовального круга:

$$S_{np} = K \cdot B \cdot k, \quad (13.1)$$

где $k = 0,6...0,85$ – для чернового шлифования и $k = 0,2...0,4$ – для чистового.

Поперечная подача на глубину шлифования осуществляется шлифовальным кругом в конце каждого двойного хода заготовки или круга и принимается в зависимости от материала заготовки, круга и вида обработки $S = 0,005...0,05$ мм/об. В конце обработки последние продольные проходы выполняют без поперечной подачи, так называемое выхаживание.

Шлифование с продольной подачей применяют при обработке цилиндрических заготовок значительной длины.

Врезное шлифование применяют для обработки поверхностей, длина которых не превышает ширину шлифовального круга. Его преимущество – большая производительность и простота наладки, однако оно уступает продольному шлифованию по достигаемому качеству поверхности. Врезное шлифование широко применяют в массовом и крупносерийном производстве (рис. 13.1 б). Рекомендуемые скорости резания $v_{кр} = 50...60$ м/с; радиальная (поперечная) подача при окончательном шлифовании $S = 0,001...0,005$ мм/об.

Разновидностью шлифования с продольным движением подачи является глубинное шлифование.

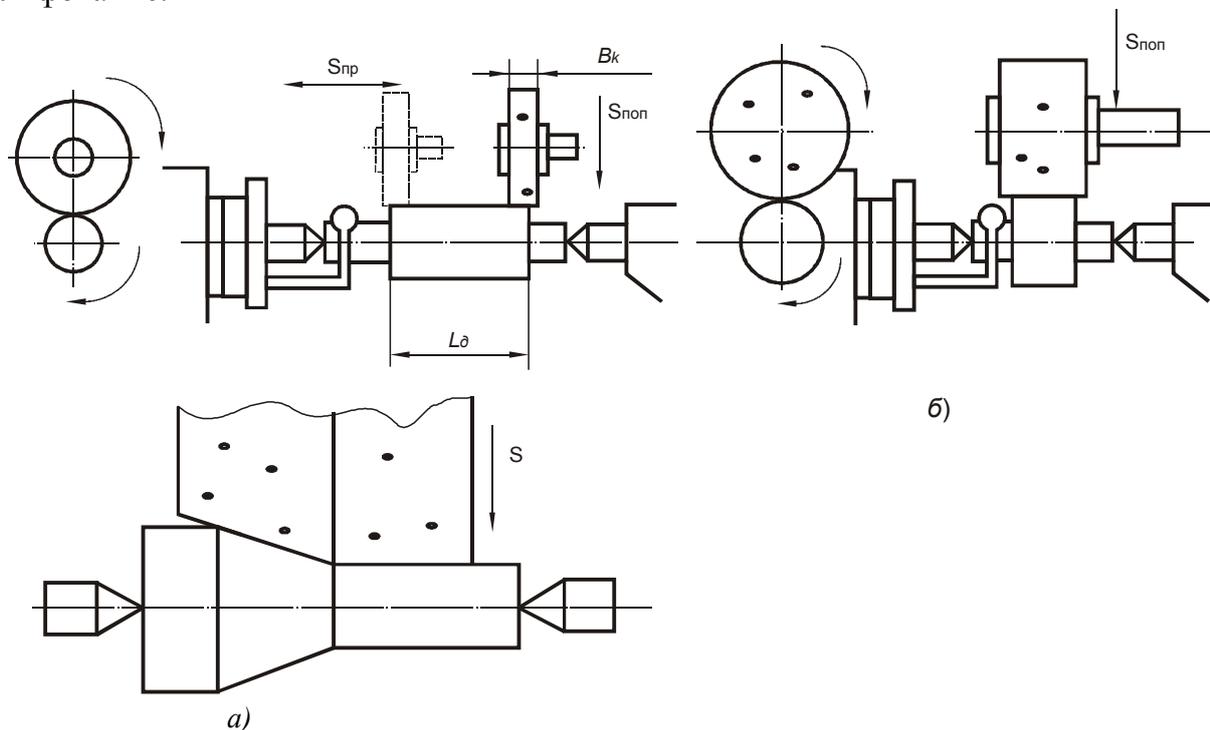


Рисунок 13.1 – Схемы обработки продольным и врезным шлифованием

Это шлифование характеризуется большой глубиной резания (0,1...0,3 мм) и малой скоростью резания. При этом способе шлифования меньше, чем при врезном, сказывается влияние погрешности формы исходной заготовки и колебания припуска при обработке. Поэтому глубинное шлифование (рис. 13.1 б) применяют для обработки заготовок без предварительной лезвийной обработки и, как правило, снимают припуск за один рабочий ход. Производительность труда повышается в 1,2 – 1,3 раза по сравнению с продольным шлифованием. При значительном объеме производства применяют бесцентровое шлифование, которое более производительное, чем в центрах.

Сущность бесцентрового шлифования (рис. 13.2) заключается в том, что шлифуемая заготовка (1) помещается между шлифовальным (2) и ведущим (3) кругами и поддерживается ножом (опорой) (4). Центр заготовки при этом должен быть несколько выше линии, соединяющей центры обоих кругов, примерно на 10...15 мм и больше, в зависимости от диаметра обрабатываемой заготовки во избежание получения огранки. Шлифовальный круг имеет окружную скорость $v_{кр} = 30...65$ м/с, а ведущий $v_в = 10...40$ м/мин. Так как коэффициент трения между кругом (3) и обрабатываемой заготовкой больше, чем между заготовкой и кругом (2) (рис. 13.2 а), то ведущий круг сообщает заготовке вращение со скоростью круговой подачи $v_в$.

Благодаря скосу ножа, направленному в сторону ведущего круга, заготовка прижимается к этому кругу.

Продольная подача заготовки обеспечивается за счет наклона ведущего круга на угол α . При этом скорость подачи заготовки рассчитывается по формуле:

$$v_s = v_{kp} \cdot \sin \alpha \cdot \mu, \quad (13.2)$$

где $\mu = 0,98 \dots 0,95$ – коэффициент проскальзывания; $\alpha = 3 \dots 5^\circ$ – предварительная обработка ($t = 0,05 \dots 0,15$ мм); $\alpha = 1 \dots 2^\circ$ – окончательная обработка ($t = 0,01 \dots 0,03$ мм).

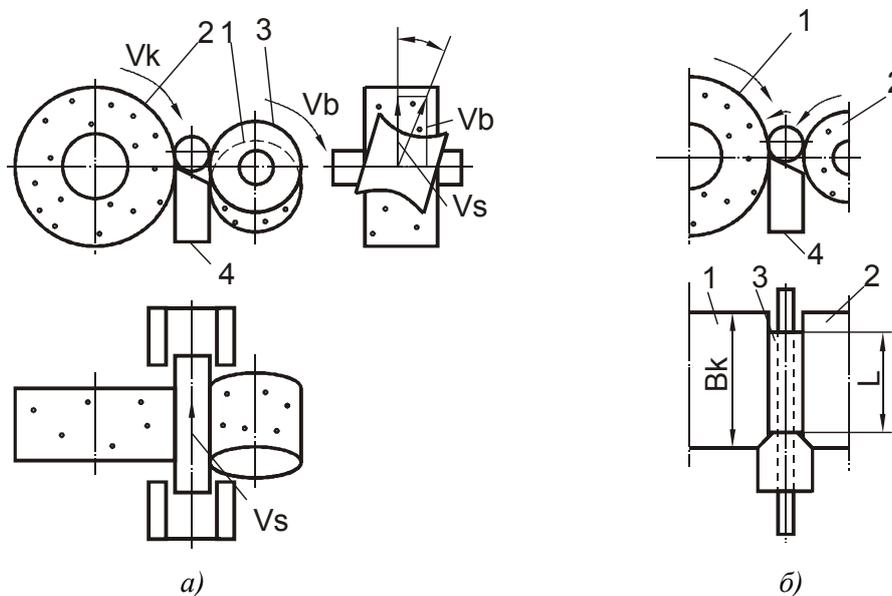


Рисунок 13.2 – Схемы круглого бесцентрового шлифования

На бесцентрово-шлифовальных полуавтоматах и автоматах можно шлифовать заготовки деталей типа тел вращения с цилиндрическими, коническими и фасонными поверхностями. Применяют два метода шлифования: проходное (способ продольного движения подачи, рис. 13.2 а) и врезное (способ поперечного движения подачи, рис. 13.2 б). При проходном шлифовании за несколько рабочих ходов можно достигнуть точности по 6-му качеству и $Ra = 0,2$ мкм.

Врезным шлифованием (рис. 13.2 б) обрабатывают заготовки круглых деталей с уступами, а также заготовки, имеющие форму конуса. При этом методе оси кругов параллельны или ведущий круг устанавливается под малым углом ($\alpha = 0,2 \dots 0,5^\circ$), а осевому перемещению обрабатываемой заготовки препятствует установленный упор.

По аналогии с врезным шлифованием находит применение обработка не шлифовальными кругами, а шлифовальной лентой, закрепляемой на ведущем и ведомом шкивах. Обрабатываемую заготовку также устанавливают на нож.

Контрольные вопросы

1. На каких металлообрабатывающих станках производится шлифование наружных поверхностей тел вращения?
2. Какие разновидности шлифования существуют при механической обработке деталей?
3. В чем заключается сущность бесцентрового шлифования?

ЛЕКЦИЯ 14

ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК НА ПРОТЯЖНЫХ СТАНКАХ

1. Обработка заготовок на протяжных станках.

1.1. Применение протягивания отверстий и виды работ, выполняемых на протяжных станках.

1. Обработка заготовок на протяжных станках

Шпоночные пазы в отверстиях втулок зубчатых колес, шкивов и других деталей, надевающихся на вал со шпонкой, обрабатываются в единичном и мелкосерийном производствах на долбежных станках, а в крупносерийном и массовом – на протяжных станках. На рис. 14.1 показано протягивание шпоночного паза в заготовке зубчатого колеса на горизонтально-протяжном станке. Заготовка (1) насаживается на направляющий палец (4), внутри которого имеется паз для направления протяжки (2). Когда канавка протягивается за 2 – 3 рабочих хода, то под протяжку помещают подкладку (3).

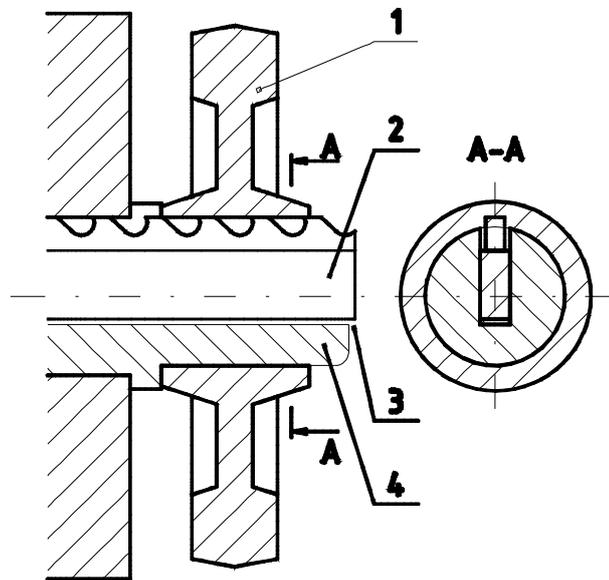


Рисунок 14.1 – Протягивание шпоночного паза в отверстии

1.1. Применение протягивания отверстий и виды работ, выполняемых на протяжных станках

Протягивание отверстий применяют в массовом, крупносерийном и серийном производствах. Протягивание является одним из прогрессивных способов обработки металлов резанием как в отношении производительности, так и достигаемых точности и шероховатости. По сравнению с развертыванием, например, протягивание производительнее в 8 – 9 раз и выше.

Протягивание осуществляется многолезвийным инструментом – протяжкой, которая протягивается через обрабатываемое отверстие (рис. 14.2). Внутренним протягиванием обрабатывают различные отверстия: круглые (цилиндрические), шлицевые, многогранные и др.

При протягивании на протяжных станках заготовку устанавливают на жесткой (рис. 14.2 *а*) или шаровой опоре (рис. 14.2 *б*), если торец детали не перпендикулярен оси отверстия.

Для протягивания применяют горизонтальные и вертикальные протяжные станки-полуавтоматы.

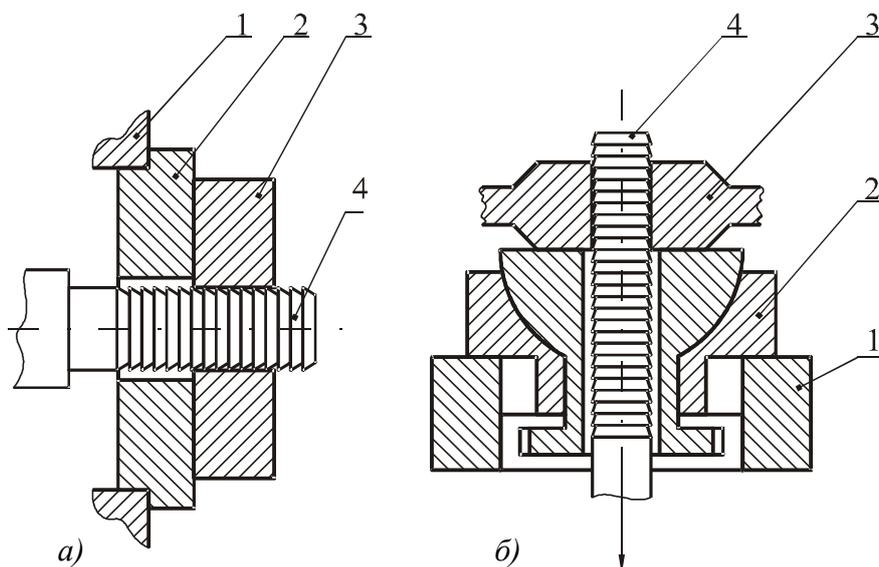


Рисунок 14.2 – Схемы протягивания отверстий: *а* – горизонтальная; *б* – вертикальная; 1 – жесткая опора; 2 – шаровая опора; 3 – обрабатываемая заготовка; 4 – протяжка

Горизонтальные протяжные полуавтоматы применяются для внутреннего протягивания. Вертикальные полуавтоматы используют как для внутреннего, так и наружного протягивания; они занимают в 2 – 3 раза меньше площади, чем горизонтальные.

Припуск под протягивание при обработке цилиндрических отверстий составляет 0,5...1,5 мм на диаметр отверстия. Прошиванием называют аналогичную протягиванию обработку более коротким инструментом – прошивкой. При прошивании инструмент испытывает напряжения сжатия, а при протягивании – растяжения, поэтому прошивку выполняют относительно небольшой длины (250...400 мм).

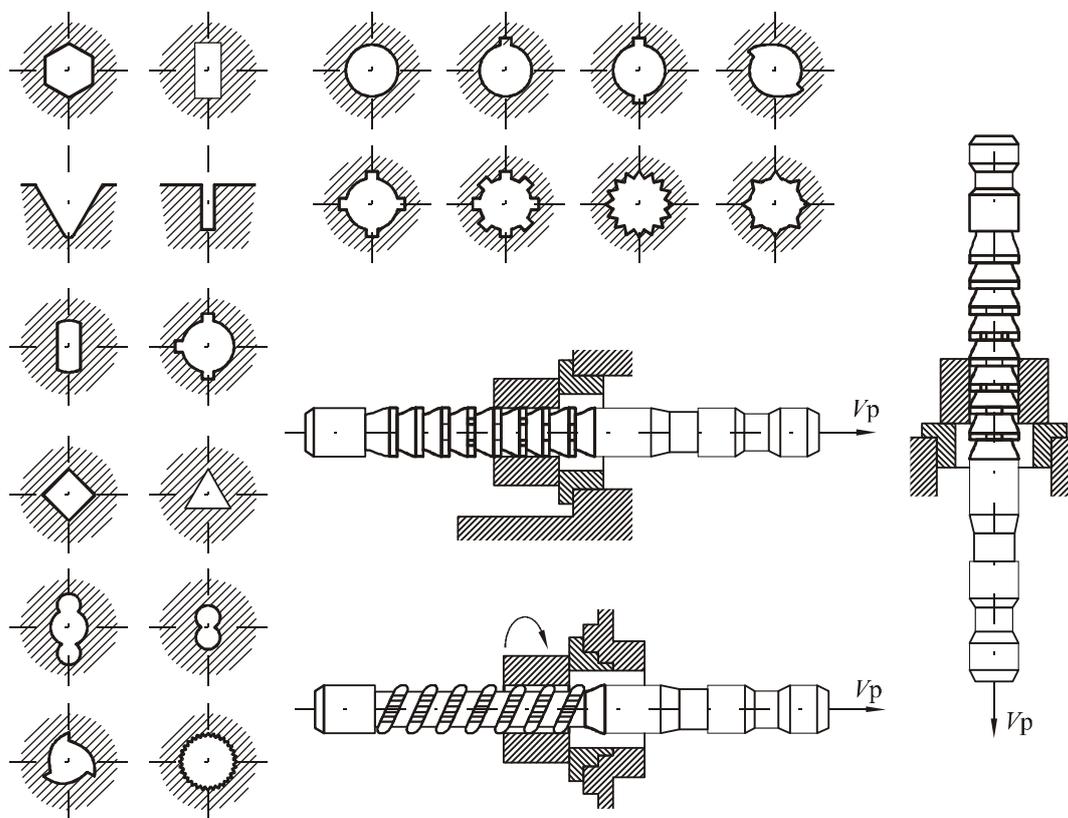


Рисунок 14.3 – Виды работ, выполняемые на протяжных станках

Контрольные вопросы

1. Особенности обработки шпоночных пазов в зависимости от типа производства.
2. Какие отверстия обрабатывают внутренним протягиванием?
3. Какие виды работ выполняются на протяжных станках?

ЛЕКЦИЯ 15

ОБРАБОТКА ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ И ПАЗОВ В ЗАГОТОВКАХ

1. Обработка плоских поверхностей и пазов в заготовках.

1.1. Фрезерование.

1.2. Протягивание.

1.3. Шабрение.

1.4. Шлифование.

1.5. Полирование поверхностей.

1. Обработка плоских поверхностей и пазов в заготовках

1.1. Фрезерование

Фрезерование в настоящее время является наиболее распространенным методом обработки плоских поверхностей. В массовом производстве фрезерование вытеснило применявшееся ранее строгание.

Фрезерование осуществляется на фрезерных станках. Фрезерные станки разделяются на горизонтально-фрезерные, вертикально-фрезерные, универсально-фрезерные, продольно-фрезерные, карусельно-фрезерные, барабанно-фрезерные и многоцелевые.

Существуют следующие виды фрезерования (рис. 15.1): цилиндрическое (*a*), торцовое (*б*), двустороннее (*в*), трехстороннее (*г*).

Широкое применение находит в настоящее время фрезерование торцовыми фрезами, а при достаточно больших диаметрах фрез (свыше 90 мм) – фрезерными головками (торцовыми фрезами со вставными ножами). Это объясняется следующими преимуществами данного фрезерования перед фрезерованием цилиндрическими фрезами:

- применением фрез больших диаметров, что повышает производительность обработки;

- одновременным участием в обработке большого числа зубьев, что обеспечивает более производительную и плавную работу;

- отсутствием длинных оправок, что дает большую жесткость крепления инструмента и, следовательно, возможность работать с большими подачами (глубинами резания);

- одновременной обработкой заготовок с разных сторон (например, при использовании барабанно-фрезерных станков).

Фрезерование характеризуется высокой производительностью и сравнительно высокой точностью.

Фрезерование в два перехода (черновой и чистовой) позволяет достичь: по точности размеров – IT9; по шероховатости – $Ra = 6,3 \dots 0,8$ мкм; отклонение от плоскостности 40...60 мкм.

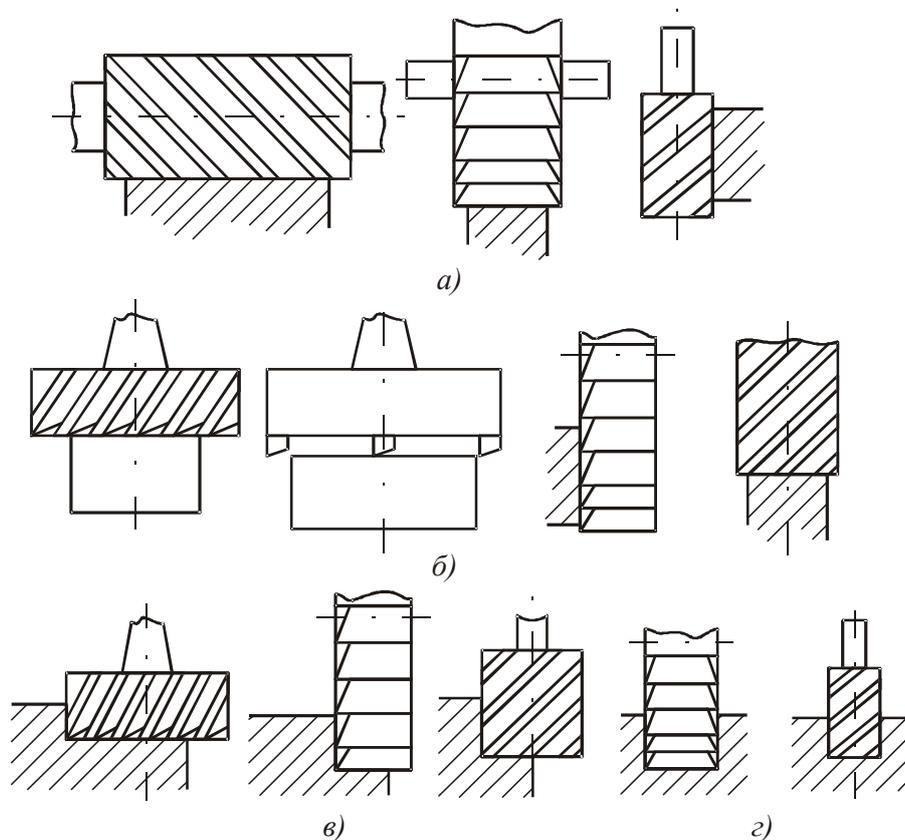


Рисунок 15.1 – Схемы фрезерования плоских поверхностей: *а* – цилиндрическое; *б* – торцовое; *в* – двустороннее; *г* – трехстороннее

Одним из наиболее производительных способов фрезерования является обработка плоскостей на карусельно-фрезерных, барабанно-фрезерных станках, что возможно по непрерывному циклу.

Одним из способов сокращения основного времени является внедрение скоростного и силового фрезерования.

Скоростное фрезерование характеризуется повышением скоростей резания при обработке стали до 350 м/мин, чугуна – до 450 м/мин, цветных металлов – до 2000 м/мин при небольших подачах на зуб фрезы $S_z = 0,05...0,12$ мм/зуб – при обработке сталей, 0,3...0,8 мм/зуб – при обработке чугуна и цветных сплавов. Силовое фрезерование характеризуется большими подачами на зуб фрезы ($S_z > 1$ мм).

Как скоростное, так и силовое фрезерование выполняется фрезами, оснащенными твердосплавными и керамическими пластинами.

Тонкое фрезерование характеризуется малыми глубинами резания ($t \leq 0,1$ мм), малыми подачами ($S_z = 0,05...0,10$ мм) и большими скоростями резания.

1.2. Протягивание

Протягивание плоскостей выполняют на вертикально- и горизонтально-протяжных станках. Протягивание наружных плоских поверхностей благодаря высокой производи-

тельности и низкой себестоимости находит все большее применение в крупносерийном и массовом производстве.

Для этих типов производств протягивание экономически выгодно, несмотря на высокую стоимость оборудования и инструмента. В настоящее время фрезерование часто заменяют наружным протягиванием (плоскости, пазы, канавки и т.п.).

В массовом производстве для наружного протягивания применяют высокопроизводительные многопозиционные протяжные станки, а также станки непрерывного действия.

Протягивание является самым высокопроизводительным методом обработки плоскостей, обеспечивающим точность размеров IT7...IT9, шероховатость $Ra = 3,2...0,8$ мкм.

Основными преимуществами протягивания по сравнению с фрезерованием являются: высокая производительность; высокая точность; высокая стойкость инструмента.

Ограничениями широкого применения протягивания являются его высокая стоимость и сложность инструмента.

Обычно при протягивании используются следующие режимы: подача на зуб $Sz = 0,1...0,4$ мм/зуб; скорость резания $v = 6...12$ м/мин с максимальными припусками до 4 мм с шириной протягивания до 350 мм.

1.3. Шабрение

Шабрение выполняют с помощью режущего инструмента – шабера – вручную или механическим способом. Шабрение вручную – малопроизводительный процесс, требует большой затраты времени и высокой квалификации рабочего, но обеспечивает высокую точность. Механический способ применяют на специальных станках, на которых шабер совершает возвратно-поступательное движение.

Точность шабрения определяют по числу пятен на площади 25×25 мм (при проверке контрольной плитой). Чем больше пятен, тем точнее обработка.

Сущность шабрения состоит в соскабливании шаберами слоев металла (толщиной около 0,005 мм) для получения ровной поверхности после ее чистовой предварительной обработки. Шабрение называют тонким, если число пятен более 22 и $Ra < 0,08$ мкм, и чистовым, если число пятен 6...10, $Ra < 1,6$ мкм.

1.4. Шлифование

Как и наружные цилиндрические поверхности деталей типа тел вращения, плоские поверхности обрабатывают шлифованием, полированием и доводкой.

Шлифование плоских поверхностей осуществляют на плоскошлифовальных станках с крестовым или круглым столом как обычного исполнения, так и с ЧПУ. Плоское шлифование является одним из основных методов обработки плоскостей деталей машин (особенно закаленных) для достижения требуемого качества. В ряде случаев плоское шлифование может с успехом заменить фрезерование. Шлифование плоских поверхностей может быть осуществлено двумя способами: периферией круга и торцом круга.

Шлифование периферией круга может осуществляться тремя способами:

1) многократными рабочими ходами; 2) установленным на размер кругом; 3) ступенчатым кругом.

При первом способе поперечное движение подачи круга производится после каждого продольного хода стола, а вертикальное – после рабочего хода по всей поверхности длины деталей l .

При втором способе шлифующий круг устанавливается на глубину, равную припуску, и при малой скорости перемещения стола обрабатывают заготовку по всей длине. После каждого рабочего хода шлифовальный круг перемещается в поперечном направлении от $0,7...0,8$ высоты круга. Для чистового рабочего хода оставляют припуск $0,01...0,02$ мм и снимают его первым способом. Этот способ применяют при обработке на мощных шлифовальных станках.

При шлифовании третьим способом круг профилируют ступеньками. Припуск (Z_i), распределенный между отдельными ступеньками, снимается за один рабочий ход.

Широко применяется схема шлифования с установленным на размер кругом на станке с вращающимся столом.

Плоским шлифованием обеспечиваются следующие точность размеров и шероховатость поверхности:

- IT8...IT9, $R_a = 1,6$ мкм – черновое (предварительное) шлифование;
- IT7...IT8, $R_a = 0,4...1,6$ мкм – чистовое шлифование;
- IT7...IT8, $R_a = 0,4...1,6$ мкм – тонкое шлифование.

Шлифование обычно производится с применением ГОСТов.

1.5. Полирование поверхностей

Полирование поверхностей является методом отделочной обработки. В качестве абразивных инструментов применяют эластичные шлифовальные круги, шлифовальные шкурки.

Доводка плоскостей осуществляется на плоскодоводочных станках. Тонкую доводку плоских поверхностей осуществляют притирами. Осуществляют доводку при давлении $20...150$ кПа, причем, чем меньше давление, тем выше качество обработанной поверхности. Скорости при тонкой доводке небольшие ($2...10$ м/мин). С повышением давления и скорости производительность повышается.

Контрольные вопросы

1. Какие виды фрезерования существуют?
2. Какие основные преимущества протягивания по сравнению с фрезерованием?
3. Какова сущность процесса шабрения?
4. Особенности шлифования плоских поверхностей.
5. Какие абразивные инструменты применяют при полировании плоскостей?

ЛЕКЦИЯ 16

ОБРАБОТКА ШЛИЦЕВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

1. Обработка шлицевых поверхностей.

1.1. Виды центрирования.

1.2. Технологический процесс изготовления шлицев валов.

1. Обработка шлицевых поверхностей

Шлицевые соединения широко применяются в машиностроении (станкостроении, автомобиле- и тракторостроении и других отраслях) для неподвижных и подвижных посадок.

Различают шлицевые соединения прямоугольного, эвольвентного и треугольного профиля.

1.1. Виды центрирования

В наиболее часто используемых шлицевых соединениях прямоугольного профиля сопряженные детали центрируются тремя способами (рис. 16.1):

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

Центрирование по (D) наиболее технологично, но его использование ограничивается в основном неподвижными шлицевыми соединениями, не требующими повышенной твердости. Центрирование по (d) применяется в тех случаях, когда элементы шлицевого соединения используются для подвижных сопряжений, подвергнутых закалке.

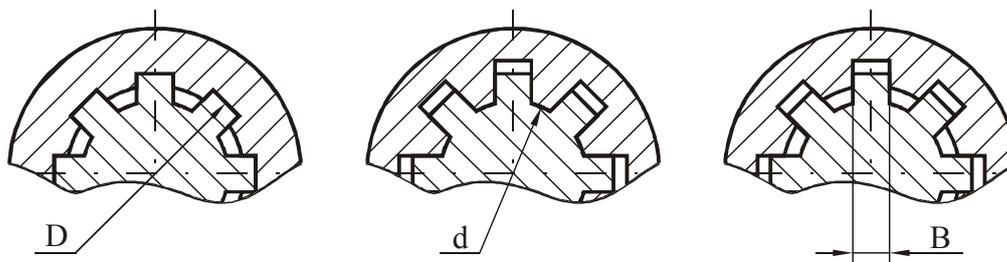


Рисунок 16.1 – Виды центрирования шлицевых соединений

Центрирование по d применимо в случае передачи больших крутящих моментов с реверсированием вращения.

1.2. Технологический процесс изготовления шлицев валов

Технологический процесс изготовления шлицев валов зависит от того, какой принят способ центрирования вала и втулки, т.е. термообрабатываются или нет поверхности шлицев.

Приведем в качестве примера маршруты обработки шлицев на валах, соответственно не подвергаемых и подвергаемых термообработке:

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

– черновая токарная обработка, чистовая токарная обработка, нарезание шлицев с припуском под шлифование, фрезерование канавок для выхода круга при шлифовании центрирующей поверхности внутреннего диаметра (если на первой операции применяется фреза без усиков), термическая обработка, шлифование поверхностей шлицев, снятие заусенцев и промывка.

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

Фрезерование шлицев на валах небольших диаметров (до 100 мм) обычно фрезеруют за один рабочий ход, больших диаметров – за два рабочих хода. Черновое фрезерование шлицев, в особенности больших диаметров, иногда производится фрезами на горизонтально-фрезерных станках, имеющих делительные механизмы (рис. 16.2 а, б, в).

Фрезеровать шлицы можно способом, изображенным на рис. 16.2 в, позволяющим применять более дешевые фрезы, чем фреза, изображенная на рис. 16.2 а.

Более производительным способом является одновременное фрезерование двух шлицевых канавок двумя дисковыми фрезами специального профиля (рис. 16.2 в).

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 обкатки при помощи шлицевой червячной фрезы (рис. 16.2 г). Фреза, помимо вращательного движения, имеет продольное перемещение вдоль оси нарезаемого вала. Этот способ является наиболее точным и наиболее производительным.

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

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

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

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

Шлифование шлицев осуществляется следующим образом.

При центрировании шлицевых валов по наружному диаметру шлифуют только наружную цилиндрическую поверхность вала на обычных круглошлифовальных станках;

шлифование впадины (т.е. по внутреннему диаметру шлицев вала) и боковых сторон шлицев не осуществляется.

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.

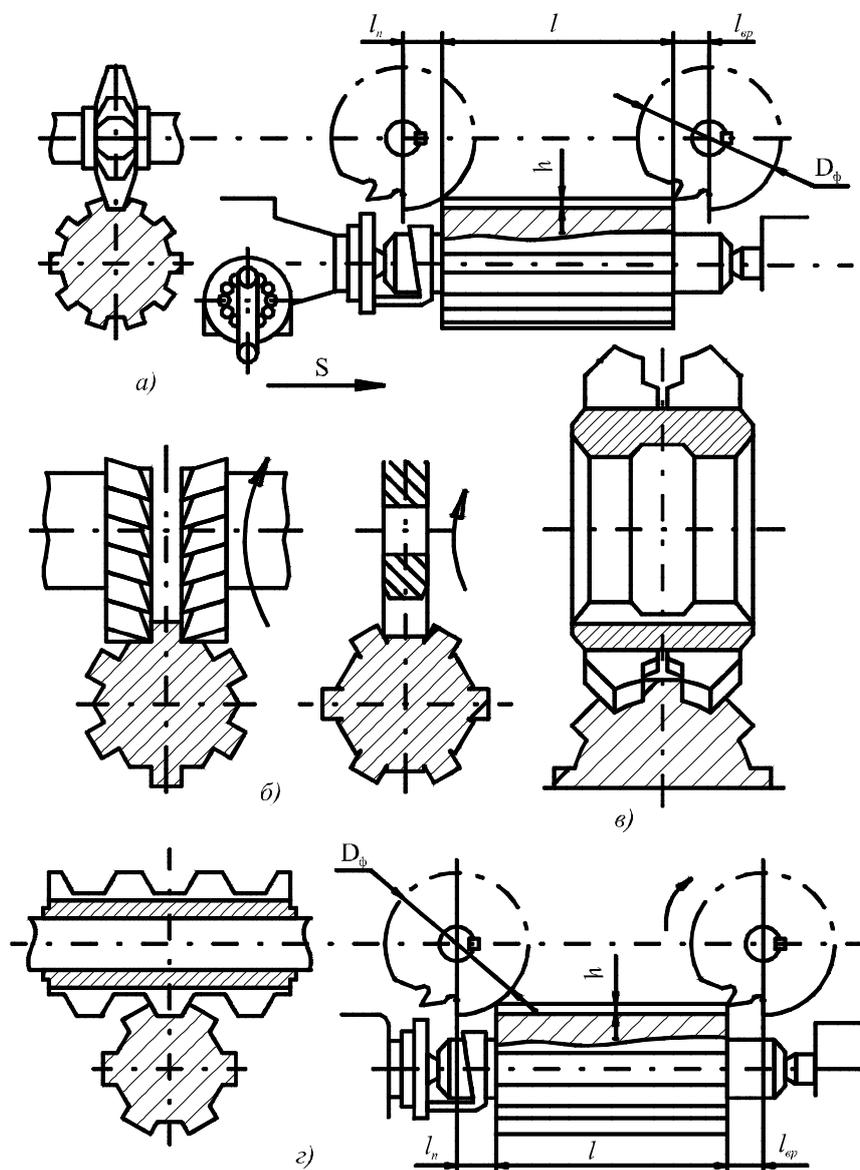


Рисунок 16.2 – Способы фрезерования шлицев

Окончательная обработка шлицев по методу обкатки производится чистовым фрезерованием червячными шлицевыми фрезами высокого класса точности (*AA* и *A*).

Если шлицевые валы после черного фрезерования прошли термическую обработку в виде улучшения или закалки, то после этого они не могут быть профрезерованы начисто; их необходимо шлифовать по поверхностям впадины (т.е. по внутреннему диаметру) и боковых сторон шлицев. Наиболее производителен способ шлифования фасонным кругом (рис. 16.3), но при таком способе шлифовальный круг изнашивается нерав-

номерно 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.

Шлифовать шлицы можно в две отдельные операции (рис. 16.3 б); в первой шлифуют только впадины (по внутреннему диаметру), а во второй – боковые стороны шлицев. Для уменьшения износа шлифовального круга после каждого хода стола вал поворачивается, и, таким образом, шлифовальный круг обрабатывает впадины постепенно, одну за другой.

Для объединения двух операций шлифования в одну применяются станки, на которых шлицы шлифуются одновременно тремя кругами: один шлифует впадину, а два других – боковые поверхности шлицев (рис. 16.3 в).

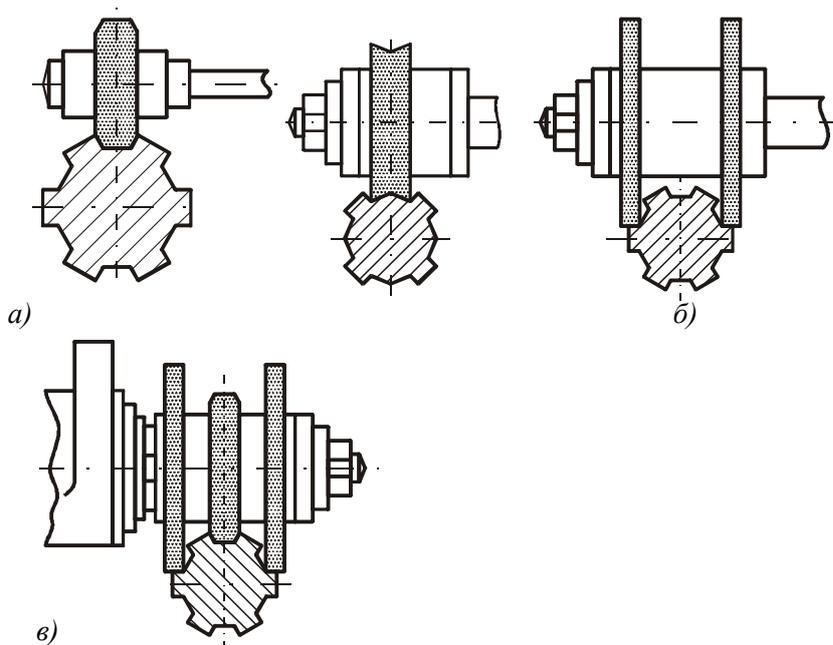


Рисунок 16.3 – Схема шлифования шлицев на валах: а – фасонным кругом; б – в две операции одним и двумя кругами; в – тремя кругами

Контрольные вопросы

1. Какие способы центрирования шлицевых соединений прямоугольного профиля?
2. Какими способами изготавливаются шлицы на валах?
3. Каковы особенности маршрутов обработки шлицев на валах, не подвергаемых и подвергаемых термообработке?

ЛЕКЦИЯ 17

ОБРАБОТКА ЗУБЧАТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

1. Технологические задачи.
2. Основные методы формообразования зубьев зубчатых колес.
3. Нарезание зубчатых колес методом обкатки.
4. Зубонарезание червячными фрезами.
5. Зубодолбление.
6. Зубострогание.
7. Шевингование.
8. Шлифование.

В современных машинах широко применяют зубчатые передачи. Различают силовые зубчатые передачи, предназначенные для передачи крутящего момента с изменением частоты вращения валов, и кинематические передачи, служащие для передачи вращательного движения между валами при относительно небольших крутящих моментах.

Зубчатые передачи, используемые в различных механизмах и машинах, делят на цилиндрические, конические, червячные, смешанные и гиперболоидные (винтовые и гипоидные).

Наибольшее распространение получили цилиндрические, конические и червячные передачи (рис. 17.1). Ниже рассмотрены способы формообразования зубьев цилиндрических зубчатых колес.

Цилиндрические зубчатые колеса изготавливают с прямыми и косыми зубьями, реже – с шевронными. Стандарт устанавливает 12 степеней точности цилиндрических зубчатых колес (в порядке убывания точности): 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12.

По технологическому признаку зубчатые колеса делятся на:

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

У цилиндрических колес зубья выполняют прямыми, спиральными или шевронными.

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

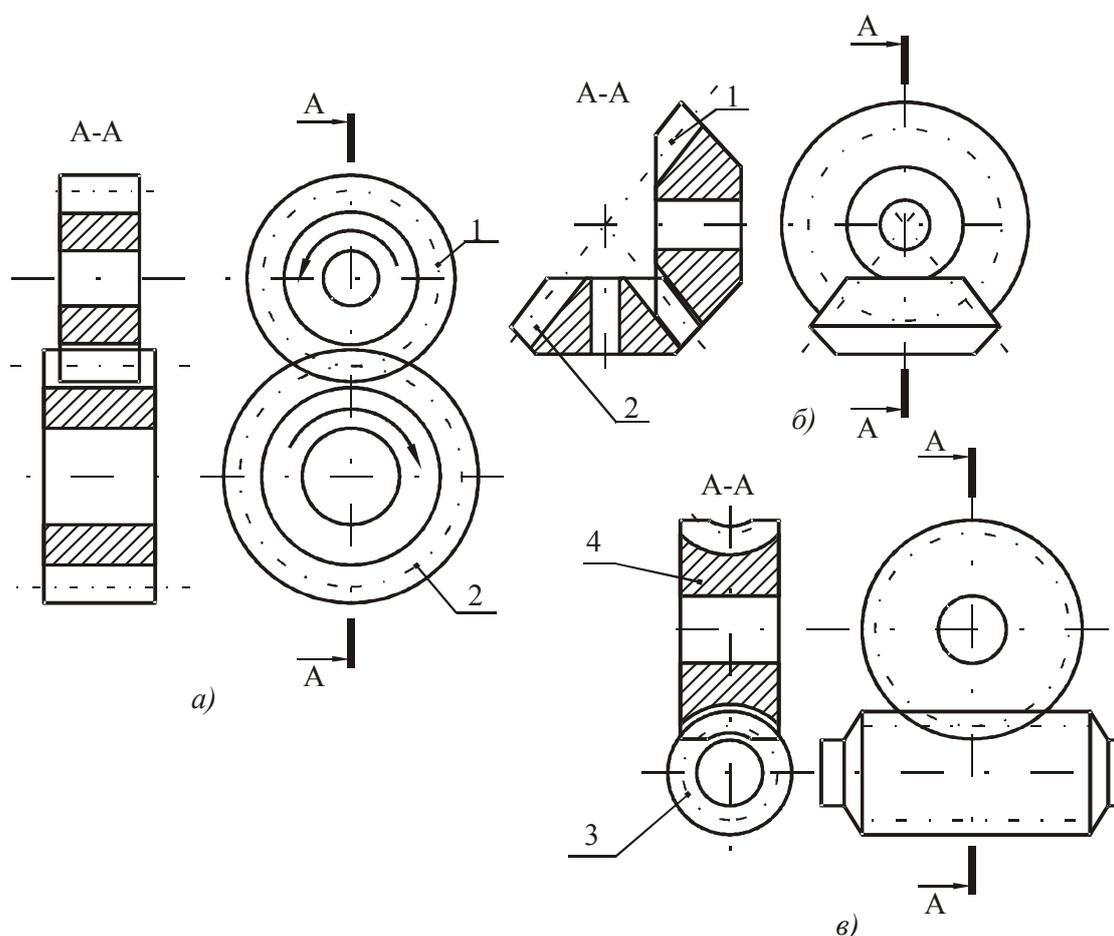


Рисунок 17.1 – Виды зубчатых передач: *а* – цилиндрическая; *б* – коническая; *в* – червячная; 1 – шестерня; 2 – зубчатое колесо; 3 – червяк; 4 – червячное колесо

1. Технологические задачи

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

Точность взаимного расположения. Несоосность начальной окружности зубчатого колеса относительно посадочных поверхностей допускается не более 0,05...0,1 мм. Неперпендикулярность торцов к оси отверстия или вала (биение торцов) обычно принимается не более 0,01...0,015 мм на 100 мм диаметра. В зависимости от условий работы колеса эта величина может быть повышена или несколько уменьшена.

Твердость рабочих поверхностей. В результате термической обработки поверхностная твердость зубьев цементуемых зубчатых колес должна быть в пределах HRC 45...60 при глубине слоя цементации 1...2 мм. При цианировании твердость HRC 42...53, глубина слоя должна быть в пределах 0,5...0,8 мм.

Твердость незакаливаемых поверхностей обычно находится в пределах HB 180...270. Для рассматриваемого зубчатого колеса (рис. 17.2):

- посадочное отверстие выполняется по 7-му качеству;
- точность формы не задается;

- точность взаимного расположения ограничена величиной торцового биения плоских поверхностей относительно оси отверстия не более 0,016 мм, а также величиной несимметричности шпоночного паза относительно оси отверстия не более 0,02 мм;
- шероховатость поверхности зубчатого венца $Ra = 0,63$ мкм, отверстия и торцов $Ra = 1,25$ мкм. Зубчатый венец закаливается ТВЧ до HRC 45...50 на глубину 1...2 мм.

Различают основные виды заготовок зубчатых колес при разных конструкциях и серийности выпуска: заготовка из проката; поковка, выполненная свободной ковкой на ковочном молоте; штампованная заготовка в подкладных штампах, выполненных на молотах или прессах; штампованная заготовка в закрепленных штампах, выполненных на молотах, прессах и горизонтально-ковочных машинах.

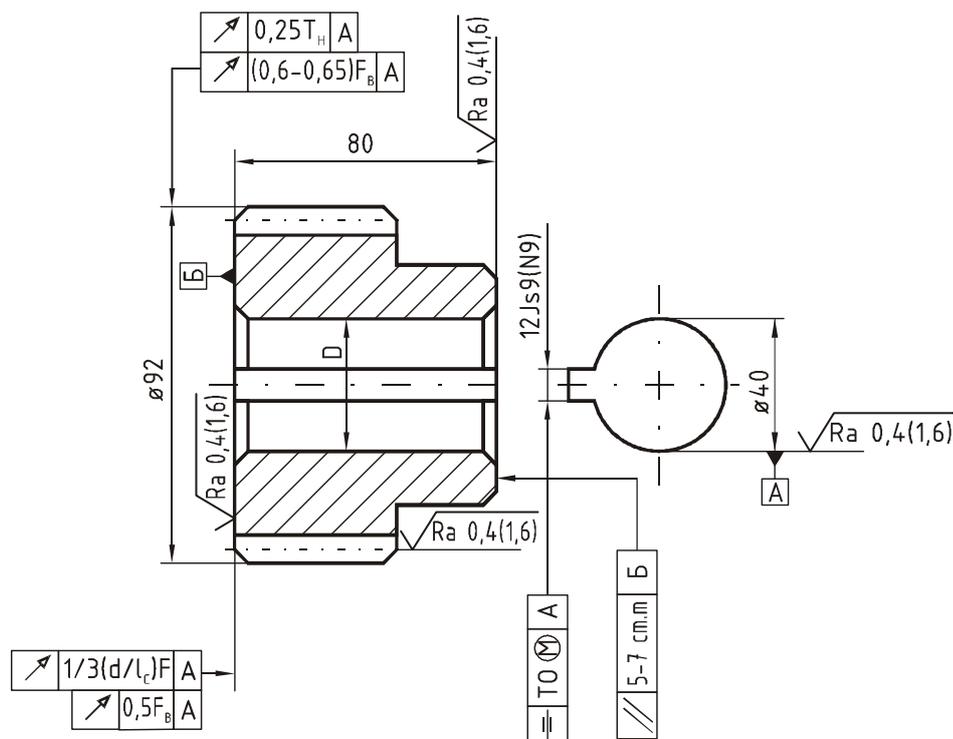


Рисунок 17.2 – Зубчатое колесо с типовыми требованиями к точности его изготовления

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

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

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

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

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

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

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

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

2. Основные методы формообразования зубьев зубчатых колес

В зависимости от способа образования зубьев различают два метода зубонарезания: копирование и обкатку. Оба метода используют на различных зубообрабатывающих станках.

Нарезание зубчатых колес методом копирования. Распространенной разновидностью метода копирования является зубофрезерование. Зубофрезерование осуществляется на зубофрезерных вертикальных и горизонтальных станках-полуавтоматах. На зубофрезерных станках производят нарезание цилиндрических зубчатых колес по методу обкатки или копирования.

Нарезание зубьев по методу копирования осуществляют модульной дисковой или модульной концевой фрезой. Нарезание, по существу, представляет собой разновидность фасонного фрезерования.

Режущие кромки зубьев дисковой или концевой фрезы изготавливают по форме впадины между зубьями колеса, и при фрезеровании они копируют форму впадины, создавая, таким образом, две половины профилей двух соседних зубьев. После нарезания одной впадины заготовка поворачивается на один зуб с помощью делительного механизма, и фреза снова проходит по новой впадине между зубьями, и т.д. (рис. 17.3).

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

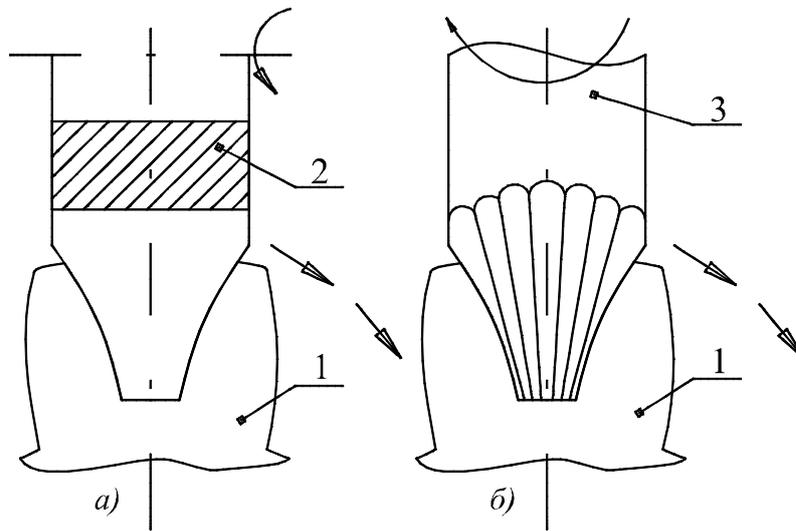


Рисунок 17.3 – Схемы фрезерования цилиндрических колес методом копирования:
а – дисковой фрезой; *б* – концевой фрезой; 1 – заготовка; 2 – дисковая фреза; 3 – концевая фреза

Другой разновидностью нарезания зубчатых колес методом копирования является протягивание как наружных, так и внутренних зубчатых поверхностей, характеризующееся высокой производительностью.

3. Нарезание зубчатых колес методом обкатки

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

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

4. Зубонарезание червячными фрезами

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

Фрезу на станке устанавливают таким образом, чтобы ее ось была повернута под углом β подъема винтовой линии витков фрезы (рис. 17.4).

Червячная фреза, кроме вращения, совершает поступательное движение подачи вдоль образующей цилиндра нарезаемого колеса, в результате чего колесо обрабатывается по всей его ширине.

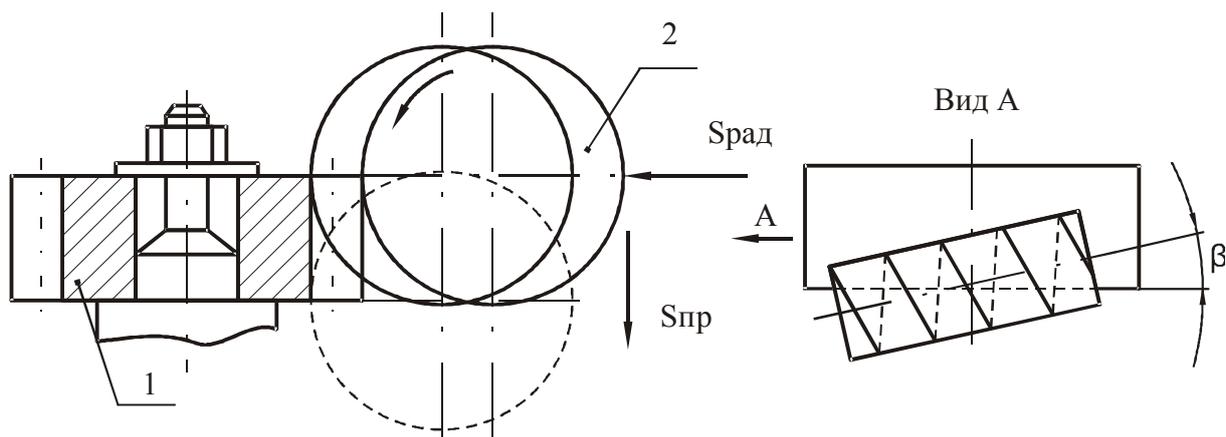


Рисунок 17.4 – Схема фрезерования зубьев червячной фрезой

В зависимости от модуля устанавливают число рабочих ходов фрезы: для $m = 2 \dots 2,5$ мм – один рабочий ход, для $m > 2,5$ мм – два рабочих хода и более.

Повышения производительности при зубофрезеровании достигают путем увеличения диаметра фрезы (повышается стойкость инструмента), жесткости ее установки, использования специальных инструментальных материалов, в том числе твердосплавных, композиционных, применения многозаходных червячных фрез и увеличения числа одновременно нарезаемых колес.

5. Зубодолбление

Режущим инструментом является долбяк, представляющий собой зубчатое колесо с эвольвентным профилем зубьев. В процессе нарезания долбяк и нарезаемое зубчатое колесо находятся в относительном движении зацепления (без зазора), т.е. их окружные скорости на начальных окружностях равны, а частота вращения и число зубьев связаны передаточным отношением $i = n_n/n_z = z_z/z_n$, где n_n , n_z – соответственно частота вращения инструмента и заготовки колеса; z_z , z_n – соответственно число зубьев заготовки колеса и инструмента.

Нарезание зубьев долблением осуществляется на зубодолбежных станках.

Обработка за один рабочий ход применяется для зубчатых колес с $m = 1 \dots 2$ мм; с $2 < m < 4$ – за два рабочих хода; с $m > 4$ мм – за три рабочих хода.

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

6. Зубострогание

Этот метод основан на зацеплении колеса и рейки, воспроизводимом инструментом – гребенкой. Обработка колес осуществляется на станках двух типов: с вертикаль-

ной и горизонтальной осью заготовки. Станки последнего типа применяют также для обработки колес с неразрывным шевронным зубом.

У зубострогания производительность меньше, чем у зубофрезерования червячной фрезой и зубодолбления.

Накатывание зубчатых поверхностей имеет большие преимущества перед способами обработки резанием: повышает производительность в 5 – 30 раз; увеличивает износостойкость и прочность зубьев; значительно уменьшает отходы металла и др. Различают горячее и холодное накатывание. Горячее накатывание применяют для профилей с модулем больше 2 мм; холодное накатывание рекомендуется для мелкозубчатых колес с модулем до 1,5...2 мм.

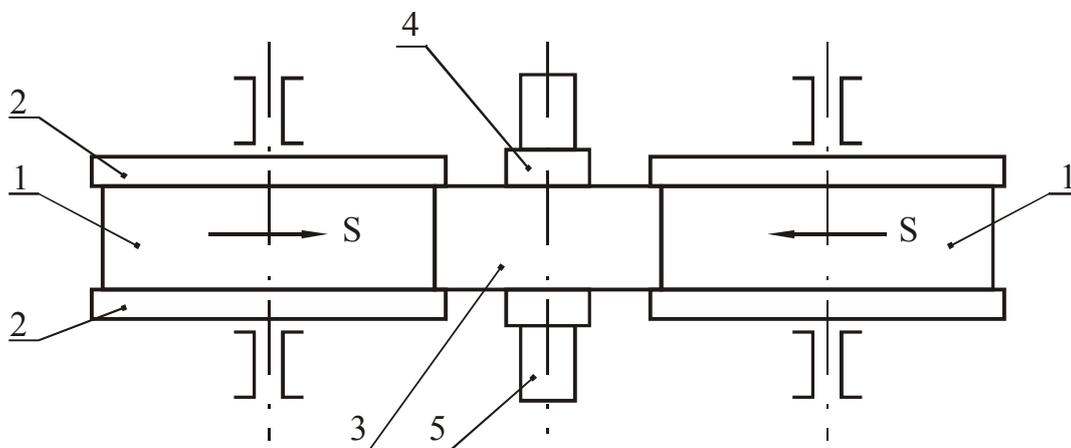


Рисунок 17.5 – Схема горячего накатывания зубьев колес: 1 – накатники; 2 – реборды; 3 – заготовка; 4 – переходная втулка; 5 – оправка

Может применяться и комбинированное накатывание для средних и крупных модулей (основная пластическая деформация проводится в горячем состоянии, а окончательное профилирование – в холодном).

Горячее накатывание производится как с радиальной, так и с продольной подачей. Схема накатки с продольной подачей аналогична холодному накатыванию.

Схема накатывания с радиальным движением подачи показана на рис. 17.5.

Перед накатыванием заготовку нагревают до 1000...1200 °С за 20...30 секунд до накатывания, затем устанавливают на оправку специального станка и производят накатывание.

7. Шевингование

Шевингование – чистовая обработка зубьев незакаленных цилиндрических зубчатых колес (твердость обычно не более HRC 40), осуществляемая инструментом – шевером (рис. 17.6 а).

Шевер имеет форму зубчатого колеса или зубчатой рейки. На поверхности зубьев шевера имеются канавки от головки до ножки.

Шевингование зубчатых колес заключается в срезании весьма тонких волосовидных стружек толщиной 0,05...0,01 мм острыми кромками канавок шевера во время движения обкатки обрабатываемого колеса и инструмента и возникающего при этом относительного скольжения профилей зацепляющихся зубьев (рис. 17.6 б).

Обычно в процессе шевингования точность зубчатых колес повышается на одну степень, реже – на две.

Шевинговальные станки выпускают с горизонтальной или вертикальной осью (для обработки колес большого диаметра).

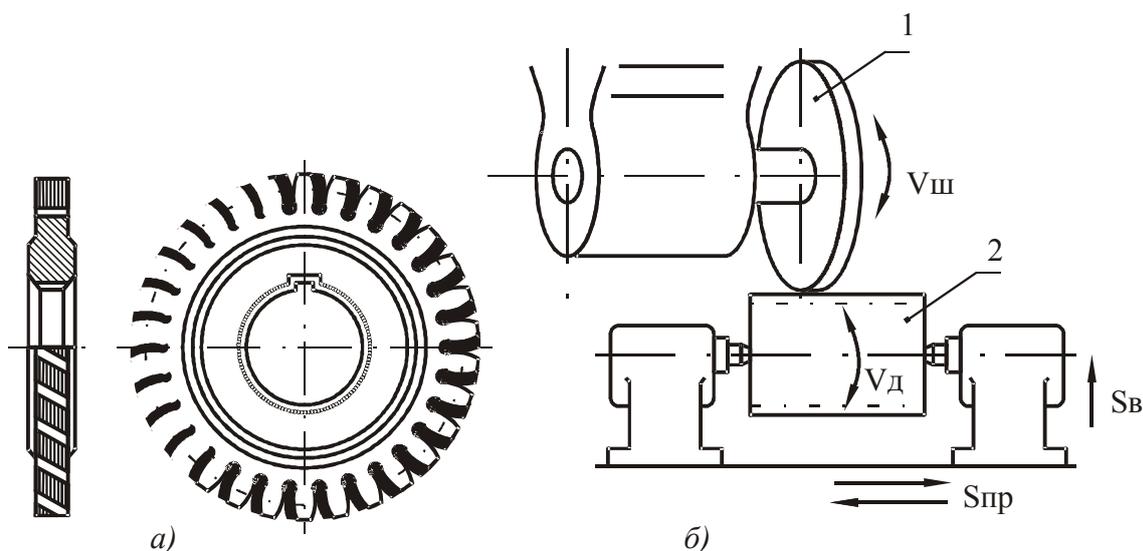


Рисунок 17.6 – Шевингование: *а* – дисковый шевер; *б* – схема обработки зубьев колес дисковым шевером: 1 – дисковый шевер; 2 – заготовка; $v_{ш}$ – скорость шевера; $v_{д}$ – скорость заготовки; $S_{пр}$ – продольная подача (с реверсированием) стола; $S_{в}$ – вертикальная подача стола

В настоящее время есть несколько методов шевингования: параллельное, диагональное, тангенциальное и врезное. Шевингуют зубчатые колеса как наружного, так и внутреннего зацепления.

8. Шлифование

Шлифование зубьев зубчатых колес – наиболее надежный метод отделочной обработки, обеспечивающий высокую точность, как правило, закаленных зубчатых колес. Шлифование зубьев производят на различных зубошлифовальных станках как методом копирования, так и методом обкатки.

На станках, работающих по методу копирования, шлифуют зубчатые колеса профилированными кругами (рис. 17.7). Ось заготовки в этих станках расположена горизонтально. Они предназначены главным образом для шлифования прямозубых колес.

Метод обкатки осуществляется на зубошлифовальных станках, которые точны и универсальны в наладке, но производительность которых сравнительно невелика и зависит от принципа работы и типа применяемых шлифовальных кругов.

При шлифовании зубьев этим методом (рис. 17.8) воспроизводится зубчатое зацепление пары рейка – зубчатое колесо. Инструментом является воображаемая рейка, боковые стороны зуба которой образованы шлифовальными тарельчатыми кругами (2). Шлифовальные круги получают вращательное движение, движение обкатки, заготовка (1) выполняет возвратно-поступательное движение.

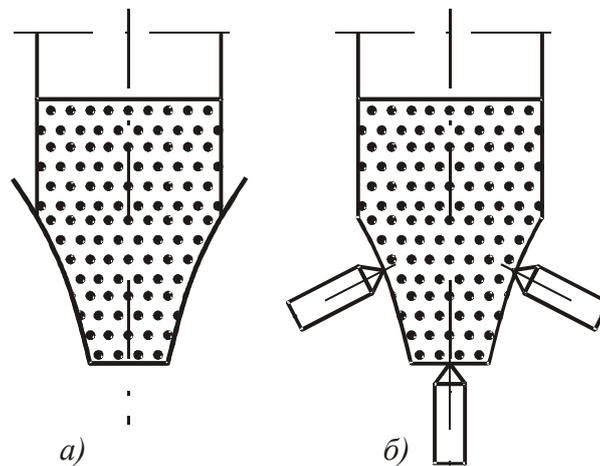


Рисунок 17.7 – Схемы профильного шлифования зубьев: *a* – профилирование зубьев; *б* – правка шлифовального круга

Движение обкатки складывается из двух движений: вращения заготовки вокруг своей оси *A* и поступательного движения вдоль воображаемой рейки *B*. В результате этих двух движений заготовка перекатывается без скольжения по воображаемой рейке.

На практике существуют и другие методы шлифования цилиндрических зубчатых колес: дисковым кругом; двумя дисковыми кругами; червячным кругом и др.

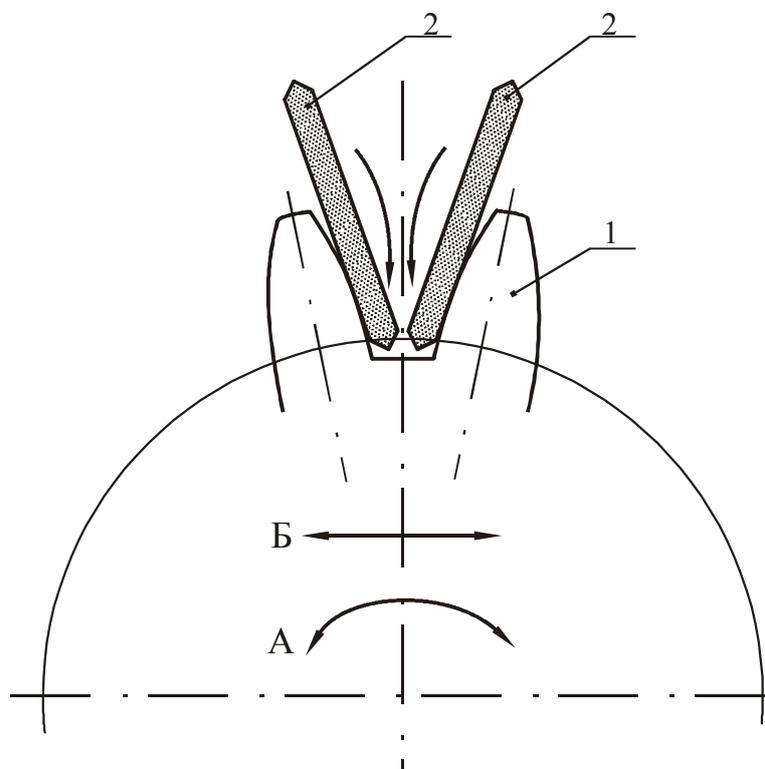


Рисунок 17.8 – Схема шлифования зубьев методом обкатки:
1 – зубья колеса; 2 – шлифовальные круги

Хонингование применяют для чистовой отделки зубьев, как правило, закаленных цилиндрических колес внешнего и внутреннего зацеплений. Процесс осуществляется на зубохонинговальных станках с помощью зубчатого абразивного инструмента – хона.

Зубчатые хоны представляют собой прямозубые или косозубые колеса, обычно состоящие из стальной ступицы и абразивного венца того же модуля, что и обрабатываемое колесо. Частота вращения хона $180...200 \text{ мин}^{-1}$, скорость подачи стола $180...210 \text{ мм/мин}$. Время хонингования зубчатого колеса $30...60$ секунд.

Хонингование позволяет уменьшить параметры шероховатости и тем самым повысить долговечность зубчатой передачи.

К отделочным методам относятся также: обкатка зубьев и прикатка (зацепление с эталонным колесом); притирка (искусственное изнашивание рабочей поверхности зубьев притирами с применением абразивной пасты); приработка (притирание пары зубчатых колес без притира) и др.

Контрольные вопросы

1. При изготовлении зубчатых колес какие технологические задачи решаются?
2. Перечислить основные методы формообразования зубьев зубчатых колес.
3. Сущность метода обкатки при нарезании зубчатых колес.
4. Особенности зубонарезания червячными фрезами.
5. Сущность процессов зубодолбления и зубострогания.
7. В чем заключается процесс шевингования?
8. Какими методами производят шлифование зубьев зубчатых колес?

ЛЕКЦИЯ 18

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВАЛОВ

1. Основы разработки технологического процесса.
2. Материалы и заготовки валов.
3. Основные схемы базирования.

1. Основы разработки технологического процесса

Рассмотрим основные операции механической обработки для изготовления вала с типовыми конструктивными элементами и требованиями к ним (рис. 18.1).

005 Заготовительная.

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

010 Правильная (применяется для проката).

Правка заготовки на прессе. В массовом производстве может производиться до отрезки заготовки.

В этом случае правится весь пруток на правильно-калибровочном станке.

015 Подготовка технологических баз.

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

– в единичном производстве подрезку торцов и центрования на универсальных токарных станках последовательно за два установа;

– в серийном производстве подрезку торцов отдельно от центрования на продольно-фрезерных или горизонтально-фрезерных станках, а центрование – на одностороннем или двустороннем центровальном станке. Могут применяться фрезерно-центровальные полуавтоматы последовательного действия с установкой заготовки по наружному диаметру в призмы и базированием в осевом направлении по упору (рис. 18.1);

– в массовом производстве на фрезерно-центровальных станках барабанного типа, которые одновременно фрезеруют и центруют две заготовки без съема их со станка. Форму и размеры центровых отверстий назначают в соответствии с их технологическими функциями по ГОСТ 14034–74. Для нежестких валов (отношение длины к диаметру более 12) – обработка шеек под люнеты.

020 Токарная (черновая).

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

– в единичном производстве на токарно-винторезных станках;

– в мелкосерийном – на универсальных токарных станках с гидросуппортами и станках с ЧПУ;

- в серийном – на копировальных токарных станках, горизонтальных многорезцовых, вертикальных одношпиндельных полуавтоматах и станках с ЧПУ;
- в крупносерийном и массовом – на многошпиндельных многорезцовых полуавтоматах; мелкие валы могут обрабатываться на токарных автоматах.

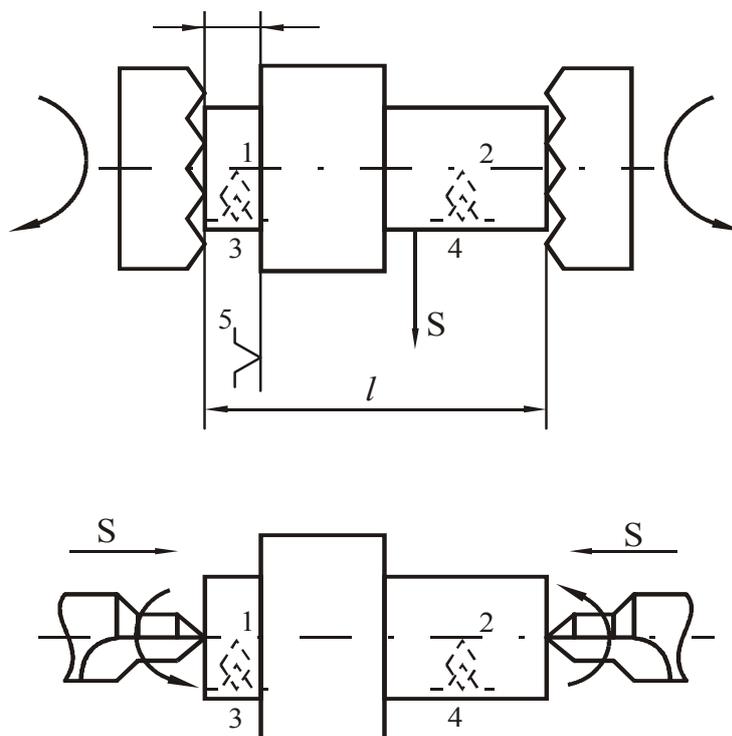


Рисунок 18.1 – Схема выполнения фрезерно-центровальной операции

025 Токарная (чистовая).

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

030 Фрезерная.

Фрезерование шпоночных канавок, шплицев, зубьев, всевозможных лысок.

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

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

035 Сверлильная.

Сверление всевозможных отверстий.

040 Резьбонарезная.

На закаливаемых шейках резьбу изготавливают до термообработки. Если вал не подвергается закалке, то резьбу нарезают после окончательного шлифования шеек (для предохранения резьбы от повреждений). Мелкие резьбы у термообрабатываемых валов

получают сразу на резьбошлифовальных станках. Внутренние резьбы нарезают машинными метчиками на сверлильных, револьверных и резьбонарезных станках в зависимости от типа производств. Наружные резьбы нарезают:

– в единичном и мелкосерийном производствах на токарно-винторезных станках плашками, резьбовыми резцами или гребенками;

– в мелкосерийном и серийном производствах резьбы не выше 7-й степени точности нарезают плашками, а резьбы 6-й степени точности – резьбонарезными головками на револьверных и болторезных станках;

– в крупносерийном и массовом производствах – гребенчатой фрезой на резьбофрезерных станках или накатыванием.

045 Термическая.

Закалка объемная или местная согласно чертежу детали.

050 Шлифовальная.

Шейки вала шлифуют на круглошлифовальных или бесцентрошлифовальных станках.

Шлицы шлифуются в зависимости от центрирования:

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

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

В технологии машиностроения в понятие валы принято включать собственно валы, оси, пальцы, штоки, колонны и другие подобные детали машин, образованные наружными поверхностями вращения при значительном преобладании длины над диаметром. Конструктивное разнообразие валов вызывается различным сочетанием цилиндрических, конических, а также зубчатых (шлицевых), резьбовых поверхностей. Валы могут иметь шпоночные пазы, лыски, осевые и радиальные отверстия (рис. 18.2).

Технологические задачи формулируют в соответствии с рекомендациями и охватывают требования к точности детали по всем ее параметрам (рис. 18.2).

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

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

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

Качество поверхностного слоя. Шероховатость базовых поверхностей обычно составляет $Ra = 3,2...0,4$ мкм, рабочих торцов;

$Ra = 3,2...1,6$ мкм, остальных неотчетливых поверхностей;

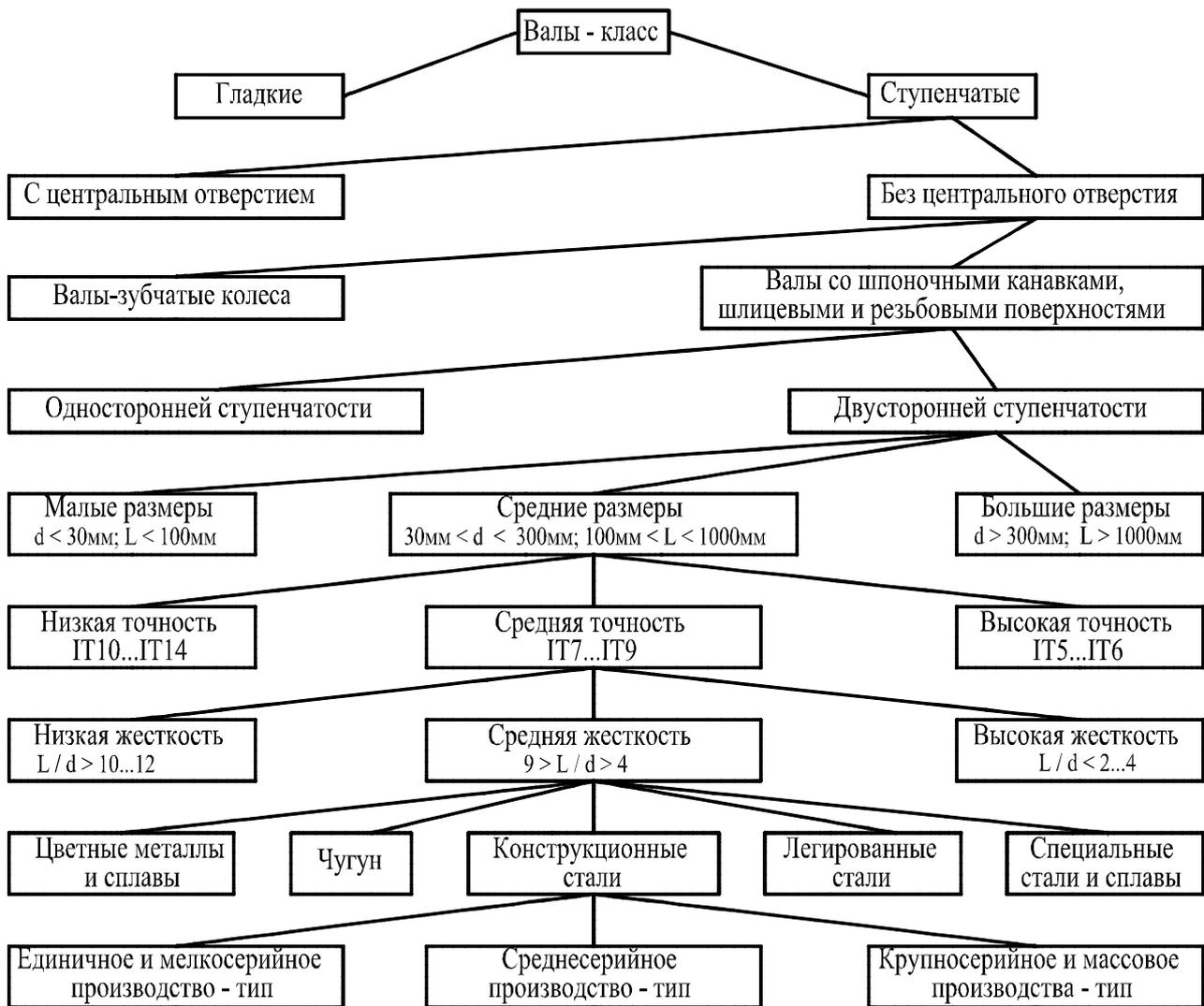


Рисунок 18.2 – Классификация валов

$R_a = 12,5...6,3$ мкм. Валы могут быть сырыми и термообработанными. Твердость поверхностных слоев, способ термообработки могут быть весьма разнообразными в зависимости от конструктивного назначения валов. Если значение твердости не превышает HB 200...230, то заготовки подвергают нормализации, отжигу или термически не обрабатывают. Для увеличения износостойкости валов повышают твердость их рабочих поверхностей. Часто это достигается поверхностной закалкой токами высокой частоты, обеспечивающей твердость HRC 48...55. Поверхности валов из малоуглеродистых марок стали подвергают цементации на глубину 0,7...1,5 мм с последующей закалкой и отпуском. Таким способом можно достичь твердости HRC 55...60.

Так, например, для вала, представленного на рис. 18.3, технологические задачи формулируются следующим образом:

– точность размеров основных поверхностей находится в пределах 6...8-го квалитетов, а размеры с неуказанными отклонениями выполняются по 14-му квалитету.

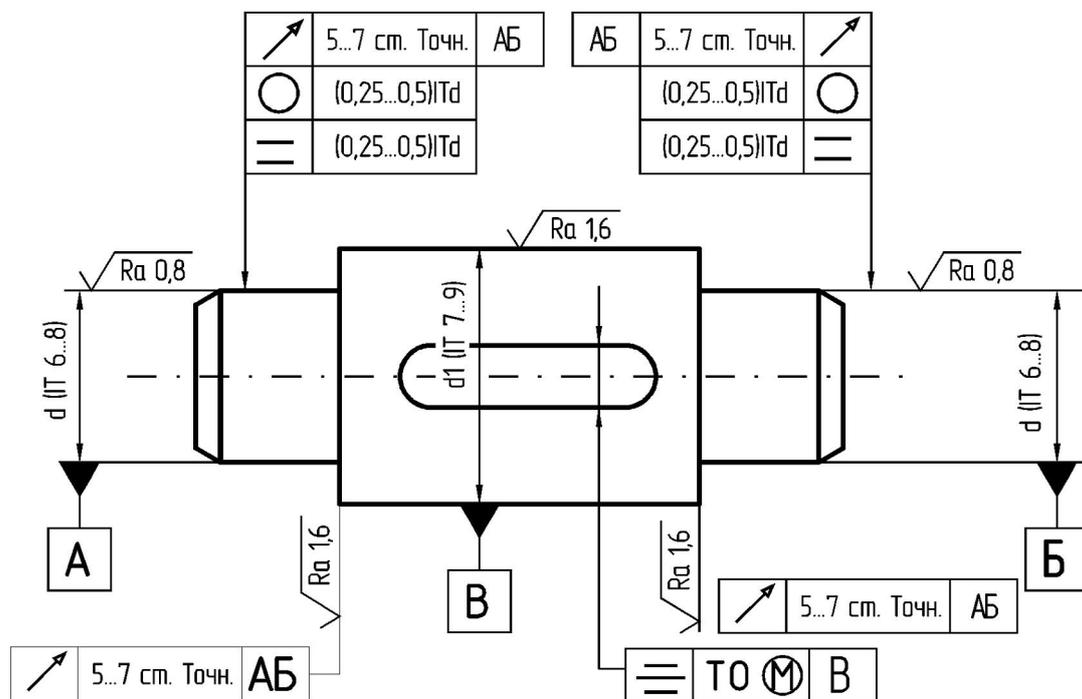


Рисунок 18.3 – Эскиз вала с типовыми техническими требованиями

К технологичности валов предъявляются некоторые специфические требования.

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

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

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

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

2. Материалы и заготовки валов

Валы, в основном, изготавливают из конструкционных и легированных сталей, к которым предъявляются требования высокой прочности, хорошей обрабатываемости, малой чувствительности к концентрации напряжений, а также повышенной износостойкости.

Этим требованиям, в определенной степени, отвечают стали марок 35, 40, 45, 40Г, 40ХН и др. Достаточно редко валы отливают из чугуна.

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

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

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

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

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

Резка прутков и труб из высокотвердых, закаленных сталей наиболее эффективна на абразивно-отрезных станках, оснащенных тонкими, толщиной 3...6 мм абразивными кругами на бакелитовой или вулканитовой связках. Благодаря высокой скорости вращения, достигающей 80 м/с, круги быстро разрезают пруток, образуя ровный срез с шероховатостью $Ra = 3,1...6,3$ мкм. Во избежание пережога торцов зона резания обильно поливается охлаждающей жидкостью.

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

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

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

В производстве с более значительным масштабом выпуска, а также при изготовлении валов более сложной конфигурации с большим количеством ступеней, значительно различающихся по диаметру, заготовки целесообразно получать методом пластической деформации. Эти методы (ковка, штамповка, периодический прокат, обжатие на ротационно-ковочных машинах, электровысадка) позволяют получать заготовки, по форме и размерам наиболее близкие к готовой детали (рис. 18.4), что значительно повышает производительность механической обработки и снижает металлоемкость изделия.

Выбор наиболее рационального способа получения заготовки в каждом отдельном случае определяется комплексно с учетом технико-экономической целесообразности. С увеличением масштабов выпуска особое значение приобретают эффективность использования металлов и сокращение трудоемкости механической обработки.

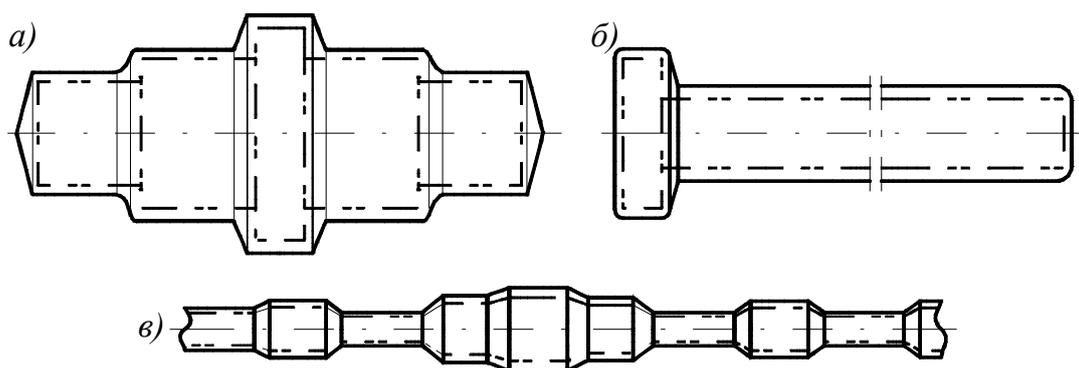


Рисунок 18.4 – Заготовки, полученные методами: *a* – штамповкой в штампах; *б* – штамповкой на горизонтально-ковочной машине; *в* – поперечно-винтовой прокаткой

Поэтому в крупносерийном и массовом производствах преобладают методы получения заготовок с коэффициентом использования металлов от 0,7 и выше (отношение массы детали к норме расхода металла), достигающим в отдельных случаях до 0,95. Полые валы целесообразно изготавливать из труб.

3. Основные схемы базирования

Основными базами подавляющего большинства валов являются поверхности его опорных шеек.

Однако использовать их в качестве технологических баз для обработки наружных поверхностей, как правило, затруднительно, особенно при условии сохранения единства баз. Поэтому большинство заготовок можно обрабатывать почти все наружные поверхности вала на постоянных базах с установкой его в центрах.

При этом может возникать погрешность базирования, влияющая на точность взаимного расположения шеек, равная величине несовпадения оси центровых отверстий и общей оси опорных шеек.

Для исключения погрешности базирования при выдерживании длин ступеней от торца вала необходимо в качестве технологической базы использовать торец заготовки. С этой целью заготовку устанавливают на плавающий передний центр.

Форма и размеры центровых отверстий стандартизованы. Существует несколько типов центровых отверстий, из которых для валов чаще всего применяются три (табл. 18.1).

Рабочими участками являются конуса, которыми вал опирается на центры станка в процессе обработки. Цилиндрические участки диаметром d необходимы для предотвращения контакта вершин станочных центров с заготовкой. При обработке крупных, тяжелых валов применяют усиленные станочные центры с углом конуса 75 или 90° . С соответствующими углами конусов выполняют и центровые отверстия валов. Предохранительный конус с углом 120° позволяет избежать случайных забоин на рабочем конусе в процессе межоперационного транспортирования вала. Валы с предохранительными конусами более ремонтпригодны.

Использование центров в качестве установочных элементов предусматривает применение того или иного поводкового устройства, передающего крутящий момент заготовке.

Таковыми устройствами являются поводковые патроны, хомутики и т.п. (табл. 18.2 – 18.5).

Таблица 18.1

| Эскиз | Обозначение | Назначение |
|-------|------------------------------------|--|
| | А без предохранительного конуса | Изделия, после обработки которых необходимость в центровых отверстиях отпадает |
| | В с предохранительным конусом | Изделия, в которых центровые отверстия являются базой для повторного или многократного использования либо сохраняются в готовых изделиях |
| | Р с дугообразными образующими | Изделия повышенной точности |

Таблица 18.2 – Обозначения опор

| Наименование опоры | Вид спереди | Вид сверху | Вид снизу |
|--------------------|---|---|---|
| Неподвижная |  |  |  |
| Подвижная |  |  |  |
| Плавающая |  |  |  |
| Регулируемая |  |  |  |

Таблица 18.3 – Обозначения зажимов

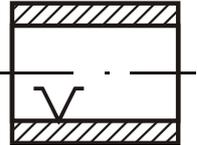
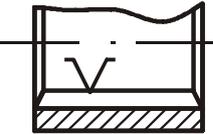
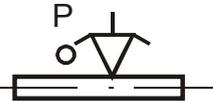
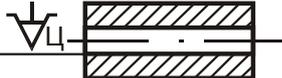
| Наименование опоры | Вид спереди | Вид сверху | Вид снизу |
|--------------------|---|---|---|
| Одиночный |  |  |  |
| Двойной |  |  |  |

Таблица 18.4 – Обозначения установочных устройств

| Наименование установочного устройства | Вид спереди, сзади, сверху, снизу | Вид слева | Вид справа |
|---------------------------------------|---|---|---|
| Центр неподвижный |  | без обозначения | |
| Центр вращающийся |  | без обозначения | |
| Оправка цилиндрическая |  |  |  |
| Оправка шариковая (роликовая) |  |  |  |
| Патрон поводковый |  |  |  |

Таблица 18.5 – Примеры обозначений опор, зажимов и установочных устройств

| Наименование | Условное обозначение на схемах |
|---------------------------|--|
| 1 | 2 |
| Центр неподвижный гладкий |  |
| Центр рифленый |  |
| Центр плавающий |  |

| 1 | 2 |
|--|--|
| Центр обратный вращающийся с рифленой поверхностью |  |
| Патрон поводковый |  |
| Люнет подвижный |  |
| Оправка цилиндрическая |  |
| Оправка шлицевая |  |
| Зажим пневматический с рифленой рабочей поверхностью |  |
| Оправка цанговая |  |

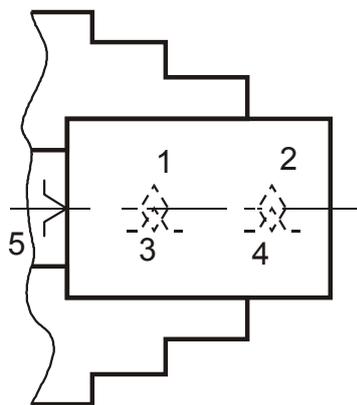


Рисунок 18.5 – Установка вала в патроне ($L/D < 4$)

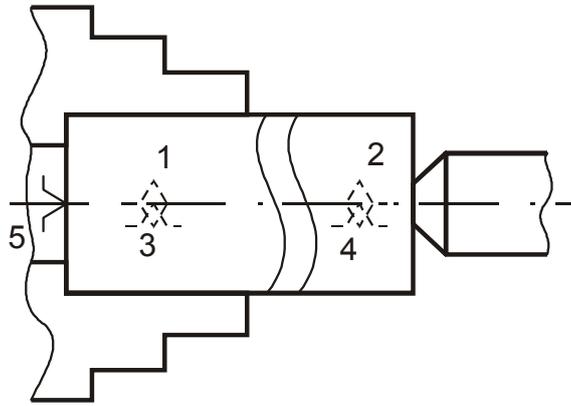


Рисунок 18.6 – Установка вала в патроне с поджимом задним центром ($4 < L/D < 7$)

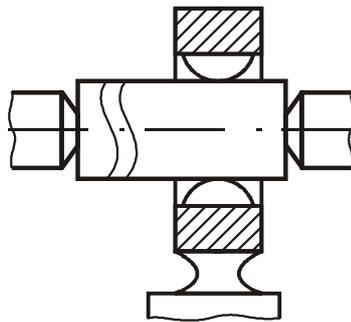


Рисунок 18.7 – Установка вала в центрах с люнетом ($L/D > 10$)

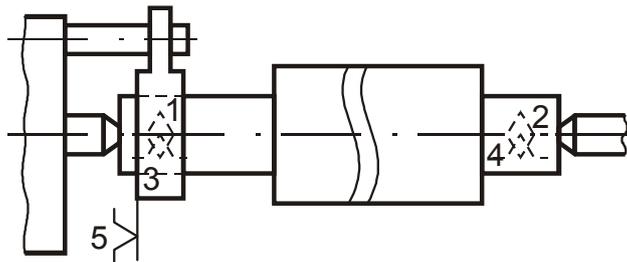


Рисунок 18.8 – Установка вала в центрах с люнетом ($7 < L/D < 10$)

Контрольные вопросы

1. Что является основой разработки технологического процесса?
2. Применяемые материалы для заготовок валов.
3. Какие основные схемы базирования существуют?

ЛЕКЦИЯ 19

МЕТОДИКА ВЫБОРА СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ В ТЕХПРОЦЕССАХ

- 1. Проектирование станочного приспособления.*
- 2. Расчет силы зажима обрабатываемой заготовки.*

1. Проектирование станочного приспособления

Станочные приспособления расширяют технологические возможности металлорежущего оборудования, повышают производительность обработки заготовок, облегчают условия труда рабочих и повышают культуру производства на предприятии.

В процессе проектирования станочного приспособления необходимо соблюдать правила выбора баз, стабильного взаимного положения заготовки и режущего инструмента при обработке, удобную установку, контроль и снятие детали, свободное удаление стружки, удобство управления станком и приспособлением, а также условия, обеспечивающие безопасность работы и обслуживания данного приспособления.

При проектировании станочного приспособления следует произвести расчет погрешности базирования в зависимости от способа установки заготовки по общепринятым формулам.

При разработке конструкции станочного приспособления необходимо стремиться к уменьшению времени на установку и съем обрабатываемой детали, к повышению режимов резания и к одновременному обрабатыванию нескольких заготовок в одной операции.

В начале проектирования приспособления необходимо разработать принципиальную схему базирования и закрепления детали, определить число заготовок, подлежащих одновременной обработке, а потом произвести общую компоновку приспособления и всех его элементов.

Исходными данными для проектирования станочного приспособления являются:

- рабочий чертеж заготовки и готовой детали;
- технологический процесс на предшествующую и выполняемую операции с технологическими эскизами;
- годовой объем выпуска деталей;
- альбомы типовых конструкций приспособлений;
- паспортные данные станков (размеров стола, шпинделей, межцентровых расстояний, размеров и расположения крепежных пазов и отверстий и т.д.).

В зависимости от объема выпуска изделий выбирают конструкцию и привод зажима заготовки, а также быстроизнашиваемые детали приспособления. Необходимо определить тип и размер установочных элементов, их число и взаимное положение и увязать это с требуемой точностью обработки заготовки на данной операции, а также рассчитать силу зажима и на ее основании выбрать тип зажимного устройства.

При выборе основных и вспомогательных элементов приспособления следует использовать стандартные конструкции изделий. Разработку специального станочного приспособления для обработки заготовок производят в следующем порядке:

- изучают рабочие чертежи заготовки и готовой детали;
- изучают принципиальную схему базирования и закрепления заготовки;
- изучают операционный технологический эскиз механической обработки заготовки;
- конструктивно оформляют элементы приспособления и его общую компоновку с необходимыми проекциями, разрезами и отдельными видами;
- разрабатывают технические требования на изготовление станочного приспособления;
- составляют спецификацию на спроектированное приспособление согласно сборочному чертежу и присваивают шифры на специальные разрабатываемые детали приспособления.

Разработку общего вида (сборочной единицы) приспособления начинают с нанесения на лист выбранного формата контуров обрабатываемой детали в необходимом количестве проекций на таком расстоянии, чтобы оставалось достаточно места для размещения на проекциях всех элементов (деталей) приспособления, размеров и позиции.

При проектировании приспособлений для промежуточных операций вычерчивают те контуры детали, которые выполняли на предыдущей операции, в установленном масштабе, а до первой операции – контуры рабочего чертежа заготовки. Общие виды проекций приспособления следует вычерчивать в масштабе 1:1, за исключением очень мелких или больших конструкций приспособлений.

В процессе проектирования приспособления сначала вычерчивают установочные элементы приспособления, затем элементы зажимных и вспомогательных устройств и определяют контуры приспособления. В заключение устанавливают форму и размеры приспособления.

На сборочном чертеже приспособления указывают необходимые размеры, которые обеспечивают точность расположения элементов приспособления, справочные размеры (монтажные установочные и др.). На свободном поле чертежа над штампом основной надписи размещают технические требования на изготовление станочного приспособления.

На сборочном чертеже приспособления все составные части (сборочные единицы и детали) нумеруют. Номера позиций располагают параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группируют в колонку или строчку по возможности на одной линии. На листе сборочного чертежа приспособления допускается помещать в правом верхнем углу операционный эскиз.

В процессе проектирования станочного приспособления необходимо выполнять требования Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и государственных стандартов на все элементы проектируемого приспособления.

При проектировании приспособлений необходимо использовать стандартизированные и унифицированные элементы приспособлений, что позволит сократить цикл подготовки производства и снизить себестоимость изготовления оснастки на 20 – 30 %. После разработки сборочного чертежа приспособления производится детализировка. Рабочие чертежи приспособлений разрабатывают только на специальные детали.

2. Расчет силы зажима обрабатываемой заготовки

При проектировании станочного приспособления необходимо особое внимание уделить выбору зажимных устройств и расчету силы зажима обрабатываемых заготовок.

Сила зажима должна обеспечить надежное закрепление заготовок в приспособлении и не допускать сдвига, поворота или вибраций заготовки при обработке.

Величину сил зажима определяют в зависимости от сил резания и их моментов, действующих в процессе обработки.

Силу зажима заготовки в приспособлении определяют с учетом метода обработки, состояния обрабатываемого материала системы СПИД (станок – приспособление – инструмент – деталь) и других факторов. Чтобы обеспечить надежность зажима обрабатываемой заготовки, применяют коэффициенты запаса, которые зависят от состояния поверхности заготовки в процессе ее обработки, процесса затупления режущего инструмента и других факторов, которые возникают в процессе обработки. Коэффициент запаса

$$K_{\text{зап}} = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

где K_0 – постоянный коэффициент запаса при всех случаях обработки, $K_0 = 1,5$; K_1 – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки – обработанная или необработанная; K_2 – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания при затуплении режущего инструмента; K_3 – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при обработке прерывистых поверхностей на детали; K_4 – коэффициент, учитывающий постоянство силы зажима, развиваемой приводом приспособления; K_5 – коэффициент, учитывающий удобное расположение рукоятки для ручных зажимных устройств; K_6 – коэффициент, учитываемый при наличии моментов, стремящихся повернуть обрабатываемую деталь вокруг ее оси.

Коэффициенты запаса $K_2 - K_6$ выбирают по таблицам.

Величину необходимых сил зажима следует рассчитывать с наибольшей точностью. При завышенном ее значении увеличивается стоимость изготовления приспособления за счет металлоемкости и расхода сжатого воздуха, а заниженные значения сил не обеспечивают надежного зажима заготовки.

Силу зажима рассчитывают в зависимости от действия на заготовку сил резания и конструкции установочных и зажимных устройств по формулам соответствующей учебной и справочной технической литературы. При определении силы резания необходимо учитывать установленные нормативные коэффициенты трения.

Контрольные вопросы

1. Что является исходными данными при проектировании станочного приспособления?
2. В каком порядке производят разработку специального станочного приспособления для обработки заготовок?
3. С учетом чего определяют силу зажима заготовки в приспособлении?

ЛЕКЦИЯ 20

ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ МАШИН. ТОЧНОСТЬ ПРИ СБОРКЕ

- 1. Общие вопросы технологии сборки. Понятия и определения.*
- 2. Точность и методы сборки.*

1. Общие вопросы технологии сборки. Понятия и определения

Сборочные работы являются завершающим этапом изготовления машин и оборудования различных производств, который в значительной степени определяет их качество, т.е. заданные выходные параметры, надежность и долговечность и другие эксплуатационные характеристики.

При проектировании машины и аппарата конструкцию расчленяют на сборочные единицы, законченные в конструктивном и технологическом отношении, что облегчает выполнение процесса сборочно-монтажных работ. Трудоемкость сборочных работ в машиностроении достигает ~ 50 % от общей трудоемкости производства машин и в значительной степени обусловлена большим объемом ручных пригоночных операций.

Под сборкой понимают совокупность операций по установке деталей в сборочное положение и соединении их в сборочные единицы в определенной технологической последовательности и проверке взаимодействия их в изделии, соответствующего установленным техническим требованиям.

В машиностроении сборку разделяют на узловую и общую. Под узловой сборкой понимают процесс соединения в определенной технологической последовательности деталей в сборочные единицы, а под общей – сборку готового изделия из сборочных единиц и деталей, а также покупных (комплектующих) изделий.

Изделие – предмет производства, подлежащий изготовлению на конкретном предприятии. Изделия делятся на две группы: 1) неспецифицированные, т.е. не имеющие составных частей (детали); 2) специфицированные – состоящие из двух и более составных частей (сборочные единицы, комплексы, комплекты).

Деталь – изделие или составная (первичная) часть изделия, выполненная из одноименного по наименованию и марке материала, характеризующаяся отсутствием какого-либо соединения, т.е. сборочных операций.

Сборочная единица – изделие или составная часть его, элементы которого подлежат соединению между собой (клепка, свинчивание, сварка и т.д.).

Комплекс – два или более специфицированных изделий, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций (автоматические линии, цехи-автоматы и т.д.).

Комплект – набор изделий с общим эксплуатационным назначением вспомогательного характера (комплект запасных частей, комплект инструмента и т.д.).

Собираемостью изделия называют способность сопрягаемых деталей входить при сборке в сборочную единицу, а сборочных единиц – без каких-либо пригоночных работ, не предусмотренных технологическим процессом. Собираемость изделия или сбороч-

ных единиц обеспечивают правильным выбором допусков и посадок, обработкой размерных цепей и созданием компенсаторов, позволяющих понизить точность изготовления деталей и упростить сборку.

При разработке технологических процессов сборки решаются следующие задачи:

а) установление последовательности соединения деталей и сборочных единиц изделия и составление схем узловых и общей сборок, разработка маршрутных процессов сборки;

б) анализ размерных цепей и выбор метода их расчета, достижение точности замыкающего звена.

Достичь необходимой точности сборки – значит, получить размер замыкающего звена размерной цепи, не выходящий за пределы допускаемых отклонений.

2. Точность и методы сборки

Основными причинами возникновения погрешностей сборки являются: отклонения размеров, формы и расположения поверхностей сопрягаемых деталей, погрешности установки и фиксации деталей машины в процессе сборки; низкое качество пригонки и регулировки сопрягаемых деталей; несоблюдение требований сборочной операции (например, нарушение момента затяжки гаек и болтов или последовательности их затяжки), погрешности технологической оснастки и т.п.

Вопросы, связанные с достижением требуемой точности сборки, решают с использованием анализа размерных цепей собираемого изделия.

Допуск на замыкающее звено размерной цепи равен:

$$T_u = \sum_{i=1}^{m-1} T_{Ai}, \quad (20.1)$$

где T_{Ai} – допуск i -го звена A ; T_u – допуск замыкающего звена; m – количество звеньев размерной цепи.

Достичь необходимой точности сборки – значит получить размер замыкающего звена размерной цепи, не выходящий за пределы предельных отклонений.

Точность сборки может быть обеспечена методами полной взаимозаменяемости, неполной (частичной) взаимозаменяемости, групповой взаимозаменяемости, регулировки и пригонки.

Сборка методом полной взаимозаменяемости может быть осуществлена, если допуск замыкающего звена рассчитывают по значениям допусков на размеры составляющих звеньев по формуле 20.1.

Сборка этим методом имеет следующие преимущества: простота, так как процесс сборки сводится лишь к соединению сопрягаемых деталей и узлов без пригонки; возможность сборки по принципу потока, так как отсутствие пригоночных работ упрощает организацию поточной линии; возможность более широкой кооперации заводов по изготовлению деталей и узлов; легкость замены деталей и узлов в машинах, находящихся в эксплуатации и ремонте.

Этот метод целесообразен при коротких размерных цепях (например, в сопряжении вал – втулка) и при отсутствии жестких допусков на размер замыкающего звена. Для

многозвенных размерных цепей метод экономически не выгоден, так как приводит к необходимости назначения весьма жестких допусков на размеры составляющих звеньев.

Сборка методом неполной (частичной) взаимозаменяемости заключается в том, что допуски на размеры деталей, составляющие размерную цепь, преднамеренно расширяют с целью удешевления производства.

В основе метода лежит положение теории вероятностей, согласно которой крайние значения погрешностей составляющих звеньев размерной цепи встречаются значительно реже, чем средние значения. Предполагая, что действительные отклонения размеров составляющих звеньев будут случайными и взаимно независимыми, расчет допуска на размер замыкающего звена ведут согласно правилу квадратичного суммирования по формуле:

$$Tu = a \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} (KiTA_i)^2}, \quad (20.2)$$

где a – коэффициент риска (при $a = 3$ риск брака равен 0,27 %; при $a = 2$ – 4,5 %; при $a = 1$ – 32 %); Ki – коэффициент, учитывающий закон рассеивания размеров (для закона Гаусса $K_2 = 1/9$, для закона Симпсона $K_3 = 1/6$, а для закона равной вероятности $K_p = 1/3$); Tu – допуск на замыкающее звено; TA_i – расширенный допуск i -го составляющего звена A .

Рассмотрим пример возможного расширения допусков на составляющие звенья при сборке сборочной единицы методом неполной взаимозаменяемости, которая состоит из трех звеньев. Из условия работы сборочной единицы допуск на замыкающее звено установлен $Tu = 0,1$ мм. При сборке методом полной взаимозаменяемости средний допуск на размеры составляющих звеньев A согласно формуле (20.1) не должен превышать:

$$T_{Ach} = \frac{Tu}{(m-1)} = \frac{0,1}{(3-1)} = 0,05 \text{ мм.}$$

При сборке методом неполной взаимозаменяемости, согласно формуле (20.2), при $a = 3$ и $K_2 = 1/9$ средний допуск звена A равен:

$$TA_{cp} = \frac{Tu}{a \sqrt{K_2(m-1)}} = \frac{0,1}{3 \sqrt{\frac{1}{9}(3-1)}} = 0,071 \text{ мм.}$$

Следовательно, допуск на составляющие звенья сборочной единицы может быть увеличен до 0,071 мм при риске брака 0,27 %.

Расширение допусков на обработку сопрягаемых деталей в сборочной единице (изделии) приводит в ряде случаев к экономии средств и труда, которая превышает те дополнительные затраты, которые связаны с повторной сборкой ранее собранного изделия с нарушением допуска на замыкающее звено.

Сборка методом групповой взаимозаменяемости состоит в том, что детали изготавливают с расширенными полями допусков, а перед сборкой сопрягаемые детали сортируют по размерным группам для обеспечения заданного допуска посадки.

Обычно, допуск TA_r увеличивают в целое число раз n , устанавливая экономически выгодный технологический допуск на всю группу.

$$TA_0 = nTA_r, \quad (20.3)$$

где TA_r – допуск размерной группы; TA_0 – общий допуск всех размерных групп; n – число размерных групп.

Внутри каждой из n групп требуемый допуск замыкающего звена (зазор) обеспечивают методом полной взаимозаменяемости.

В автомобилях, тракторах и сельскохозяйственных машинах характерным узлом, при сборке которого используют метод групповой взаимозаменяемости, является цилиндро-поршневая группа. Так, цилиндры и поршни сортируют на группы с допуском $TA_r = 0,01...0,02$ мм при общем допуске на всю группу $TA_0 = 0,03...0,06$ мм и более.

Детали сортируют на размерные группы с помощью калибров, а в массовом производстве – сортировочных автоматов. Сборку деталей каждой группы ведут по методу полной взаимозаменяемости.

Сборка методом регулировки заключается в том, что требуемую точность размера замыкающего звена получают введением в размерную цепь дополнительного компенсирующего звена без снятия с него слоя металла. Это необходимо в связи с тем, что полученный расчетом допуск замыкающего звена Tu_p оказался больше заданного допуска Tu , а ужесточение допусков составляющих звеньев экономически нецелесообразно. Изменение величины компенсирующего звена можно осуществлять или перемещением одной из деталей на величину излишней погрешности замыкающего звена (подвижный компенсатор), введением в размерную цепь специальной детали соответствующих размеров (неподвижный компенсатор), или применением специальных устройств.

Таким образом, применение метода регулировки для достижения заданной точности дает возможность изготавливать входящие в размерную цепь детали по расширенным, экономически достижимым в данных производственных условиях допускам, что упрощает обработку резанием и снижает ее трудоемкость, облегчает сборку при высокой точности ее выполнения, а также регулировку при сборке и в процессе эксплуатации (например, регулировка зазора между коромыслом и стержнем клапана регулировочным винтом в двигателе, регулировка положения шестерни главной передачи прокладками).

На рис. 20.1 *а* показана сборочная единица, в которой перемещением втулки (2) в осевом направлении достигается требуемый размер Au замыкающего звена. После регулировки втулку, называемую компенсатором, стопорят винтом (1). На рис. 20.1 *б* для достижения необходимого зазора в соединении используют в качестве компенсатора кольцо K определенной толщины A_2 .

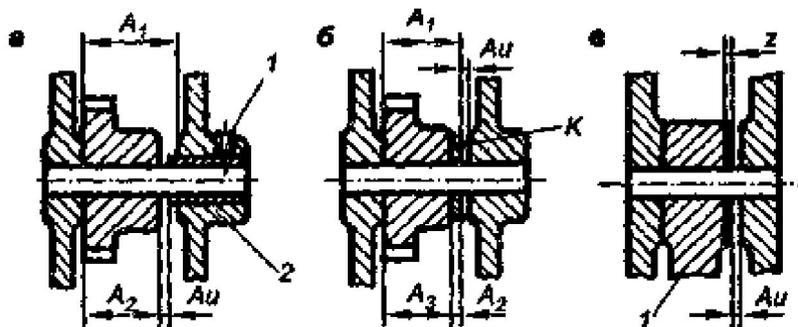


Рисунок 20.1 – Схема сборки узла методом регулировки
а – с помощью компенсатора-втулки, *б* – с помощью компенсатора-кольца, *в* – сборка методом пригонки:
 Au – замыкающее звено, A_1, A_2, A_3 – составляющие звенья

Такое кольцо подбирают по результатам измерения фактического размера замыкающего звена. В качестве компенсаторов используют также прокладки, регулировочные винты, втулки с резьбой, клинья, эксцентрики (при регулировке тормозных колодок) и др.

Если точность замыкающего звена обеспечивают введением в размерную цепь подвижного компенсатора, то допуски на составляющие звенья устанавливают максимально свободными.

Сущность сборки методом пригонки состоит в том, что заданная точность замыкающего звена достигается изменением величины одного из составляющих звеньев путем снятия с него определенного слоя металла.

Основными слесарно-пригоночными работами являются опилование, шабрение, обработка отверстий по месту, притирка, зачистка.

В автомобильной и тракторной промышленности сборку осуществляют главным образом методом полной взаимозаменяемости. Вместе с этим применяют методы групповой взаимозаменяемости, регулировки и пригонки.

Пригонка (притирка фаски клапана к седлу, плунжерной пары топливной аппаратуры, приработка ведущей и ведомой шестерен главной передачи) производится в процессе обработки резанием, и детали поступают на сборку спаренными.

На рис. 20.1 в заданный зазор Au получают пригонкой по толщине детали (1), при изготовлении которой заранее оставляют припуск z на пригоночные работы.

Контрольные вопросы

1. Что такое узловая и общая сборки?
2. Какие задачи решаются при разработке технологических процессов сборки?
3. Что является основными причинами возникновения погрешностей сборки?

ЛЕКЦИЯ 21

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ

- 1. Основное назначение системы автоматического поиска и выбора режущего инструмента.*
- 2. Внедрение современных систем автоматизированного проектирования.*
- 3. Особенности 3D-моделирования режущих инструментов.*

1. Основное назначение системы автоматического поиска и выбора режущего инструмента

Система автоматического поиска и выбора режущего инструмента при проектировании технологических процессов – «ИПС РИ». Основное назначение разработанной системы – автоматизация поиска и выбора инструмента с целью сокращения затрат времени и повышения качества проводимых работ. Объектами автоматизации являются заводские каталоги режущего инструмента, инструментального и обрабатываемого материалов, оборудования и видов обработки. Проведена классификация этих объектов, а также факторов, определяющих выбор инструментов. Основная функция системы – работа с имеющейся информацией: составление в диалоговом режиме запросов на поиск и выбор; вывод соответствующей информации.

2. Внедрение современных систем автоматизированного проектирования

Внедрение современных систем автоматизированного проектирования (САПР) в промышленности является непременным условием интенсификации и совершенствования процесса создания новых изделий, а также повышения качества продукции.

Одной из первых и наиболее важных стадий жизненного цикла изделия является его автоматизированное конструирование (CAD – computer aided design).

Различные современные CAD-системы для машиностроения подразделяются: по уровню сложности, определяемым кругом решаемых задач, – системы низкого, среднего и высокого уровня; по способу представления графической информации – двумерные (2D) и трехмерные (3D) системы; по способу установления взаимосвязей между параметрами изделия – параметрические и непараметрические.

Среди параметрических 3D CAD-систем среднего уровня большое распространение получил пакет SolidWorks, включающий компоненты для 3D и 2D проектирования, анимации, проектирования трубопроводов, прочностных расчетов и т.п.

Применение трехмерного моделирования является не только эффективным способом проектирования изделий, в том числе и режущих инструментов, но и изучения конструкций инструментов. При этом принципы построения трехмерных моделей зачастую совпадают с кинематикой процессов формообразования при производстве инструментов.

3. Особенности 3D-моделирования режущих инструментов

Область разработки программных средств для систем автоматизированного проектирования режущих инструментов, имитации обработки и формообразования имеет свою специфику, выделяясь среди других направлений геометрического моделирования.

Оценка существующих способов геометрического описания технических объектов обычно производится с точки зрения сочетания их функциональности и затрат вычислительных ресурсов. Для решения задач проектирования режущих инструментов они также должны сочетать в себе простоту известных инженерных способов и возможности исследования свойств геометрических объектов, присущие методам теории поверхностей. Кроме того, математический аппарат должен сочетать возможность использования научного теоретического опыта, накопленного в области проектирования режущих инструментов (обобщая задачи построения технических моделей), и удобство с точки зрения программной реализации современных автоматизированных систем.

Принципиальной особенностью высокотехнологичных программных продуктов является изначальная возможность их быстрого функционального расширения на основе модульного программирования. Поэтому современный математический аппарат объемного моделирования должен позволять строить объекты, основываясь на минимальном количестве исходных данных, быть максимально унифицированным и структурированным. Заложенные в нем возможности должны обеспечивать не только построения на основе аналитических зависимостей, но и сложное взаимодействие объектов между собой – параметризацию.

Такими возможностями обладает математический аппарат многопараметрических отображений, который основан на наиболее общих в математике понятиях: множество и отображение. Теоретические основы и понятия, а также примеры и алгоритмы

Контрольные вопросы

1. Что является объектами автоматизации при автоматическом поиске и выборе режущего инструмента?
2. Как классифицируются современные САД-системы для машиностроения?

ЛЕКЦИЯ 22

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И ИСПЫТАНИЯ

1. Технологический контроль сборочных единиц.
2. Технология окрасочных работ.
 - 2.1. Основные понятия о разработке технологического процесса окрашивания.
 - 2.2. Подготовка поверхности к окрашиванию.
 - 2.3. Грунтование, шпатлевание и нанесение мастики.
 - 2.4. Нанесение покрывных слоев.
 - 2.5. Организация окраски изделий.

1. Технологический контроль сборочных единиц

Комплекс контрольных операций-проверок, выполняемый в процессе узловой и общей сборки:

- комплектности деталей и сборочных единиц;
- использования одноименных размерных групп сопряженных деталей при сборке методом групповой взаимозаменяемости;
- точности посадок и взаимного расположения сопряженных деталей и сборочных единиц;
- герметичности соединений, в том числе качества притирки клапанов;
- выполнения технологических требований по сборке, регулировке, приработке и испытанию изделий;
- отсутствия прокладок и сальников, бывших в эксплуатации;
- смазки деталей сборочных единиц.

Осуществляется контроль технологических параметров и установление функциональных показателей собранных изделий (развиваемая мощность и удельный расход топлива, напор и подача масляного насоса, электрические параметры генератора и др.).

Контроль сборки выполняется с использованием надлежащих средств измерений, которые выбирают с учетом конструктивных характеристик и особенностей изделия, метрологических характеристик, а также себестоимости выполнения контрольной операции. В качестве средств измерения используют:

- микрометрические и индикаторные инструменты;
- универсальные штангенинструменты;
- электрические и пневматические приборы;
- различные специальные контрольные приборы, приспособления, стенды и установки.

Без эффективного функционирования службы технического контроля нельзя организовать обеспечение требуемого уровня качества отремонтированных изделий, как неременной составной части технологических процессов.

В зависимости от неизменности соблюдения качества собранных изделий используется выборочный или сплошной контроль. Вместе с операциями технологического

процесса сборки изделий разрабатываются операции технического контроля, которые производят и определяют заданное качество, а также предоставляют возможность получения информации для регулирования технологического процесса и предотвращения брака.

Погрешности сборки по характеру и проявлению могут быть:

- случайными,
- периодическими.

Некачественные посадки – основные из них. Они вызывают появление других неисправностей. Распространенными дефектами являются:

- отклонения от точности взаимного расположения деталей и узлов;
- неравномерная и беспорядочная затяжка групп резьбовых соединений;
- неплотность прилегания сопрягаемых поверхностей и др.

Большинство погрешностей сборки возникает:

- из-за низкого качества деталей и узлов, поступающих на сборку;
- нарушения технологической дисциплины.

2. Технология окрасочных работ

2.1. Основные понятия о разработке технологического процесса окрашивания

Технологический процесс окрашивания изделий должен проектироваться и выполняться так, чтобы посредством наиболее рациональных и экономических методов подготовки поверхности изделия, нанесения лакокрасочных материалов, сушки и обработки слоев покрытия (шлифования, полирования и т.п.), декоративной отделки окрашенной поверхности (в случае необходимости) удовлетворялись бы технические условия, предъявляемые к окрашиванию данного изделия. Технические условия, являющиеся нормативно-техническим документом, характеризующим качество продукции, разрабатывают на основе требований, предъявляемых к внешнему виду покрытий, их стойкости в условиях эксплуатации, т.е. к воздействию климатических факторов, или стойкости в особых средах – в воде, маслах, растворах кислот, щелочей и т.д.

Разработку технологического процесса начинают с выбора лакокрасочного материала с учетом технических условий на окрашиваемое изделие. Имеется перечень покрывных лакокрасочных материалов, классифицированных по группам условий эксплуатации. После этого в зависимости от состояния подлежащей окрашиванию поверхности и требований к ее качеству устанавливают методы подготовки поверхности и необходимое число покрытий – грунтование, шпатлевание, окрашивание, лакировка и т.д.

В зависимости от типа производства (единичное, серийное, массовое) разрабатывают метод нанесения покрытий, сушки и выбирают используемые при этом оборудование и инструмент.

2.2. Подготовка поверхности к окрашиванию

Прочность, долговечность, внешний вид лакокрасочного покрытия во многом зависят от качества подготовки поверхности к окрашиванию. Перед окрашиванием поверхности деталей и изделий очищают от жировых загрязнений, консервационной смазки,

остатков смазочно-охлаждающей жидкости, ржавчины, окалины, пыли и других загрязнений. В машиностроении применяют механические, химические, ультразвуковой и другие методы подготовки поверхности перед окрашиванием.

Метод подготовки поверхности выбирают в зависимости от формы, размеров и массы изделия, характера загрязнений и типа производства.

Механические методы очистки позволяют создать шероховатую поверхность, обеспечивающую надежную адгезию покрытия с металлом, отличаются сравнительной простотой, относительно невысокой стоимостью и универсальностью.

К механическим методам очистки относятся следующие: применение ручных инструментов, механизированных инструментов, пескоструйный, гидроабразивный, дробление в галтовочных барабанах и др.

В единичном производстве очистку производят стальными шпателями, скребками, стальными проволочными щетками и т.п.

В единичном и мелкосерийном производствах используют для очистки ручные электрические и пневматические машины. Эти машины в качестве рабочего инструмента оснащают абразивными кругами, торцевой стальной проволочной щеткой и др.

Пескоструйная и дробеструйная очистка металлической поверхности от окалины, ржавчины и старой краски песком или металлической дробью является эффективным способом подготовки поверхности. Очистку поверхности изделий этими способами осуществляют в специальных кабинах, камерах или барабанах.

Гидроабразивный способ очистки состоит в том, что из резервуара установки на очищаемую поверхность изделия через сопло под давлением сжатого воздуха направляется струя смеси кварцевого песка и воды (пульпа).

Поверхности изделия после очистки промывают в холодной и горячей воде, а затем в растворе пассиваторов – хромпика или нитрита натрия – для предотвращения коррозии.

Дробеметным способом очищают поверхности отливок, поковок, проката. При этом способе очистки используют металлическую дробь, которая приобретает кинетическую энергию за счет действия центробежной силы, возникающей при быстром вращении лопаточного дробеметного колеса, являющегося рабочим органом дробеметного аппарата.

К химической подготовке поверхностей деталей перед нанесением лакокрасочных покрытий относятся обезжиривание, травление и фосфатирование.

Обезжириванием удаляют небольшие, главным образом масляные и жировые, загрязнения с поверхностей деталей в щелочных растворах, органических и эмульсионных составах. Выбор способа обезжиривания зависит от характера, состава и степени загрязнения, габаритных размеров очищаемых изделий, требуемой степени очистки и других факторов.

Обработка поверхности щелочными составами основана на физико-химическом воздействии на загрязнения. Различают две группы загрязнений: неомыляемые (смазочные масла, вазелин, парафин и др.) и омыляемые – жиры растительного и животного происхождения.

Под действием щелочных растворов неомыляемые вещества образуют эмульсии, частицы масла отрываются от металлической поверхности и остаются в моющем растворе в виде мелких частиц во взвешенном состоянии; затем этот раствор с поверхности удаляют струей воды.

Процесс удаления с поверхности омыляемых жиров состоит в том, что щелочные растворы, взаимодействуя с жирами, образуют мыла, которые легко удаляются с поверхности горячей водой. Составы, применяемые для обезжиривания, разнообразны, но почти все содержат фосфорнокислые соли, кальцинированную и каустическую соду, силикаты и сульфаты натрия. В качестве примера можно отметить композицию КМ-1, которую используют для обезжиривания стальных и чугунных изделий, и КМЭ-1 – для обезжиривания деталей из алюминиевых сплавов.

Для обезжиривания крупногабаритных изделий применяют бензин, уайт-спирит с использованием ветоши, которую смачивают указанными выше растворителями.

Для очистки и обезжиривания поверхности применяют специальные моечные составы типа МС, Лабомид и МЛ-40. Иногда используют травление поверхности стальных и чугунных деталей.

При травлении серной и соляной кислотами происходит растворение окислов металла. После травления поверхность должна быть тщательно промыта теплой водой, нагретой до 40...60 °С, и холодной водой, а затем – раствором нитрата натрия для предупреждения коррозии.

Ортофосфорная кислота удаляет окалину медленнее, чем растворы серной и соляной кислот, а ржавчину – быстрее.

Остающийся на поверхности после травления слой фосфатов железа является надежной защитой от коррозии и способствует хорошей адгезии лакокрасочных покрытий.

Для очистки от ржавчины применяют преобразователи ржавчины, которые кистью наносят на очищаемую поверхность. Преобразователи в своем составе имеют ортофосфорную кислоту.

Для создания на металлических поверхностях изделий слоя из труднорастворимых солей железа или цинка, который при последующем нанесении на него лакокрасочных покрытий служит хорошей защитой от коррозии, применяют фосфатирование.

Обязательным условием получения качественного фосфатного слоя является удаление с поверхности детали загрязнений и продуктов коррозии.

Получение на поверхности детали фосфатного слоя осуществляют окунанием их в ванну с фосфатирующим раствором или нанесением раствора распылением в струйных агрегатах.

Детали из алюминия, меди и их сплавов подвергают травлению с целью удаления с их поверхности окислов и создания на ней слоя, улучшающего адгезию лакокрасочного покрытия. Для травления применяют раствор едкого натра (40...50 г/л). Затем поверхности детали промывают горячей и холодной водой и осветляют в 15...20 %-м растворе азотной кислоты в течение 2...3 мин.

Основной подготовкой поверхности изделий из алюминия является оксидирование, при этом поверхность обрабатывают или растворами хромового ангидрида (хромирование), или анодным окислением с использованием электрического тока (анодирование).

В крупносерийном и массовом производствах для удаления жировых и масляных загрязнений, окалины, ржавчины, остатков пасты, нагара и других загрязнений применяют ультразвуковую очистку. Очистку осуществляют в водных растворах щелочей, нагретых до температуры 55...65 °С.

Очищенные детали промывают в горячей воде и обдувают сухим сжатым воздухом. Стальные детали при необходимости пассивируют в нитрате натрия.

Ультразвуковую очистку от коррозии осуществляют в растворах кислот и в воде. Для лучшего проникновения в поры ржавчины пузырьков кавитационного процесса, детали предварительно подвергают травлению.

Нагары, краски, эмали и смолы с поверхностей детали удаляют в ультразвуковых ваннах в органических растворах: бензине, ацетоне, бензоле, тетрахлорэтаноле, трихлористом этилене и др. Ультразвуковую очистку выполняют за несколько минут.

2.3. Грунтование, шпатлевание и нанесение мастики

Грунтованием называют операцию нанесения грунтовки на металлическую поверхность изделия для придания ей антикоррозийных свойств и обеспечения прочной сцепляемости последующих слоев эмали, краски или лака.

Перед грунтованием поверхность очищают от ржавчины, окалины, жировых и масляных пленок и других загрязнений и тщательно промывают. При необходимости поверхность предварительно фосфатируют. Грунтование осуществляют электроосаждением, окунанием в ванну, струйным обливом поверхности, методом безвоздушного распыления. Грунтовку обычно наносят одним слоем толщиной 15...25 мкм, а в автомобилестроении – в 2...3 слоя с отдельной сушкой каждого слоя. Для грунтования применяют следующие грунтовки: глифталевые, пентафталевые, фенольные, масляные, эпоксидные, акриловые и др.

На подлежащей окрашиванию поверхности могут быть раковины, впадины, царапины и другие дефекты, которые не всегда можно устранить механической обработкой. Для выравнивания поверхности перед окрашиванием выполняют операцию шпатлевания. Для лучшей адгезии шпатлевки к металлической поверхности ее наносят на хорошо высушенный и зачищенный шкуркой слой грунтовки. Нанесение эпоксидных шпатлевок не требует предварительного грунтования поверхности.

Шпатлевочный слой должен обладать хорошей адгезией к слою грунтовки и последующим слоям покрытия, после высыхания не растрескиваться и не подвергаться усадке, хорошо шлифоваться и не набухать при «мокром» шлифовании.

Шпатлевку наносят шпателем – металлической или деревянной лопаточкой, а на выпуклые и вогнутые участки – куском листовой резины толщиной 5...6 мм.

Вначале выполняют шпатлевание раковин, вмятин, царапин, а затем, после сушки и зачистки шкуркой, производят сплошное шпатлевание всей поверхности.

Толщина одного слоя шпатлевки не должна превышать 0,5 мм – для перхлорвиниловых, масляных и лаковых шпатлевок; 1,0 мм – для эпоксидных и 0,1 мм – для нитроцеллюлозных. Общая толщина 2 – 3 слоев шпатлевки не должна превышать 1,1...1,5 мм, в противном случае их механическая прочность значительно снижается.

Мастику наносят непосредственно на металлическую поверхность, а для надежной защиты – на фосфатированную и загрунтованную поверхность толщиной 1,5...2,0 мм. Слой мастики сушат обычно вместе со слоем последующего покрытия. Мастики наносят пневматическим или безвоздушным распылением, а в местах, неудобных для распыления, – шпателем или куском резины.

2.4. Нанесение покрывных слоев

На грунтованную и шпатлеванную поверхность наносят покрывные слои лакокрасочного материала – эмаль, краску или лак.

Метод нанесения покрывных красок и количество их слоев выбирают в зависимости от предъявляемых к покрытию требований и типа применяемых покрывных материалов. Каждый слой покрывного материала наносят на хорошо высохший предыдущий.

В массовом и крупносерийном производствах применяют способ окраски «мокрым по мокрому», т.е. в два и более слоев, которые наносят с интервалом 5...10 мин по непросохшему предыдущему слою, затем все слои сушат одновременно.

Покрывной материал соответствующей вязкости наносят на хорошо подготовленную поверхность равномерным слоем, не допуская потеков и пропусков окраски, в светлом, чистом, хорошо вентилируемом помещении, имеющем температуру 15...23 °С и относительную влажность 60...75 %. Несоблюдение этих требований вызывает появление на окрашенной поверхности пыли, загрязнений, трещин, отслаивания покрытия и другие дефекты.

Перед применением покрывные материалы должны быть хорошо профильтрованы, иначе окрасочный состав будет ложиться на поверхность неравномерно и иметь посторонние включения.

Шлифованием удаляют с поверхности покрытия неровности, штрихи, соринки, частицы пыли. Целью же полирования является сглаживание оставшихся после шлифования мельчайших неровностей на поверхности покрытия и придания ему зеркального блеска.

Шлифование и полирование выполняют ручным и механизированным инструментом, а также на ленточных шлифовальных и полировальных станках.

Для шлифования покрытий используют шлифовальные шкурки в виде листов, лент, дисков, кругов. Шлифовальные шкурки представляют собой бумажные или тканевые полотна, на одной стороне которых нанесен и закреплен абразивный материал: электрокорунд (нормальный или белый), карбид кремния (зеленый или черный), наждак, стекло, гранит. Лакокрасочные покрытия шлифуют также свободным абразивом – шлифовальным порошком, натуральной или искусственной пемзой (молотой) и другими веществами.

Для межслойных покрытий применяют сухое шлифование (без смачивания поверхности) и мокрое шлифование, т.е. с охлаждающими и смачивающими жидкостями, обеспечивающее равномерное и тонкое шлифование без повышения температуры поверхности и образования пыли, применяемое для отделки последнего слоя покрытия.

Для сухого шлифования используют шкурки на тканевой или бумажной основе, для мокрого – водостойкие шкурки на бумажной основе. В качестве смачивающей и охлаждающей жидкости для масляно-лаковых и алкидных покрытий применяют воду, а для нитроцеллюлозных, перхлорвиниловых и эпоксидных – воду или уайт-спирит.

Для полирования нитролаковых, нитроэмалевых, алкидных, полиэфирных покрытий используют полировочные пасты. Для окончательной отделки слоев нитроэмали и лака, т.е. для получения гляцевых покрытий, используют полировочную воду или полировочную жидкость, а также полировочные составы ВА3-3 и ВА3-03.

2.5. Организация окраски изделий

В массовом и крупносерийном производствах применяют механизированные методы подготовки поверхности изделий и их окраски с широким использованием различных конвейеров и оборудования непрерывного действия. Некоторые методы нанесения покрытий, как, например, окраска в электростатическом поле и на стационарных установках, струйный облив, электроосаждение целесообразны и экономически выгодны только в условиях массового или крупносерийного производств.

Специфической особенностью организации окраски на многих машиностроительных заводах является выполнение окрасочных работ на нескольких участках сразу после изготовления детали или сборки узла для защиты их от коррозии на период хранения в кладовых или на площадках в ожидании направления на сборку. Кроме того, предварительная окраска узлов и деталей упрощает и ускоряет окончательную окраску после сборочных работ.

Окончательную окраску собранных машин осуществляют либо на отдельных участках в сборочных цехах, либо в специальных окрасочных цехах.

В массовом и крупносерийном производствах обычно изготовление узлов и деталей в каждом данном цехе (литейном, кузнечно-прессовом, штамповочном, механическом) составляет законченный цикл, включающий окрасочные операции, предусмотренные технологическим процессом.

Контрольные вопросы

1. Перечислить комплекс контрольных операций-проверок, выполняемый в процессе узловой и общей сборки.
2. Как выбираются средства измерения при контроле сборки?
3. Основные этапы при разработке технологического процесса окрашивания.

ЛЕКЦИЯ 23

СБОРОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

- 1. Разработка технологического процесса сборки.*
- 2. Задание на проектирование.*
- 3. Разработка основных направлений по проектированию завода.*
- 4. Основные положения по проектированию механосборочных цехов различных типов производства.*

1. Разработка технологического процесса сборки

Технологическим процессом сборки называется часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по соединению деталей и сборочных единиц в изделие.

Технологический процесс сборки подразделяется на технологические операции. Технологической операцией сборки называется законченная часть технологического процесса сборки, выполняемая на одном рабочем месте рабочим или группой рабочих.

В состав операции входят технологические и вспомогательные переходы. Технологическим переходом называется законченная часть технологической операции сборки, характеризующаяся постоянством применяемого инструмента и соединяемых поверхностей. Вспомогательным переходом называется законченная часть технологической операции сборки, состоящая из действий, необходимых для выполнения технологического перехода.

Операция может выполняться при одном или нескольких установках. Установкой называется часть технологической операции сборки, выполняемая при неизменном закреплении собираемой сборочной единицы.

Разработку технологического процесса сборки ведут в следующей последовательности:

- 1) выбирают форму организации процесса сборки;
- 2) разрабатывают технологический маршрут сборки (последовательность выполнения операций);
- 3) разрабатывают схемы технологического процесса общей и узловой сборки;
- 4) уточняют распределение сборочных работ по отдельным рабочим местам с учетом такта выпуска;
- 5) разрабатывают операционные карты технологического процесса сборки;
- 6) составляют операционные карты технического контроля;
- 7) разрабатывают исходные данные для проектирования специальной оснастки, приспособлений, инструмента;
- 8) рассчитывают технико-экономические показатели конкурирующих вариантов технологического процесса сборки и выбирают рациональный вариант.

Для разработки технологического процесса сборки необходимо иметь следующие материалы: сборочные чертежи изделия и сборочных единиц, технические требования на приемку, данные о годовом выпуске изделий. Степень детализации технологического процесса сборки зависит от типа производства. В мелкосерийном и экспериментальном

производствах разрабатывают маршрутные карты технологического процесса сборки, содержащие перечень операций, их основное содержание и необходимые данные для выполнения этих операций. В серийном и массовом производствах дополнительно разрабатывают операционные карты сборки. В массовом производстве операции более дифференцированы, выполняются с применением средств механизации и автоматизации.

По форме организации сборка может быть стационарной и подвижной. Стационарную сборку выполняют на одном неподвижном рабочем месте, к которому подают все детали и сборочные единицы. При подвижной сборке изделие перемещают от одного рабочего места к другому. Каждый рабочий выполняет одну и ту же операцию, закрепленную за данным рабочим местом. Стационарная сборка может производиться по принципу концентрации или дифференциации сборочных работ. Во втором случае всю работу выполняют по операциям, распределенным по отдельным рабочим местам. Второй способ более производителен и экономичен.

Высшей формой организации является поточная сборка, которая выполняется непрерывно на рабочих местах, расположенных в порядке технологического маршрута сборки с постоянным тактом выпуска готового изделия. В сельскохозяйственном машиностроении широко применяют подвижную поточную сборку с использованием конвейеров, рольгангов, рельсовых и безрельсовых тележек. Движение конвейера может быть непрерывным или периодическим. При поточной сборке необходима синхронизация сборочных операций, для чего продолжительность операций должна быть равна такту или быть несколько меньше такта. При большей продолжительности операции параллельно производятся работы на нескольких рабочих местах, число которых определяется по формуле:

$$n = t_{\text{ш}} / \tau_{\text{в}}, \quad (23.1)$$

где $t_{\text{ш}}$ – штучное время на выполнение одной операции сборки, мин; $\tau_{\text{в}}$ – такт выпуска, мин/шт.

На основе исходных данных и составленного маршрута разрабатывают графические схемы технологических процессов общей и узловойборок. Схемы используют при разработке операционных карт технологического процесса сборки отдельных сборочных единиц, а затем и процесса общей сборки.

При разработке графической схемы общей сборки выделяют базовую сборочную единицу, с которой начинается ее построение. Построение графической схемы узловой сборки начинают с базовой детали.

На рис. 23.1 показаны графические схемы технологического процесса общей и узловой сборки.

Каждую сборочную единицу или деталь изображают на схеме в виде прямоугольника, разделенного на три части. В верхней части указывают наименование элемента изделия (детали, сборочной единицы), в левой нижней части – его индекс по спецификации, в правой нижней части – число собираемых элементов. Сборочные единицы и детали изображают на схеме сборки в последовательности их установки.

На рис. 23.2 и 23.3 в качестве примера показаны дисковый сошник и схема технологического процесса его сборки. Дисковый сошник в общей сборке сеялки является сборочной единицей первого порядка. Его сборку начинают с выделения базовой детали – корпуса сошника. Диск в сборе будет считаться сборочной единицей второго порядка. Базовой деталью для него будет фигурная шайба.

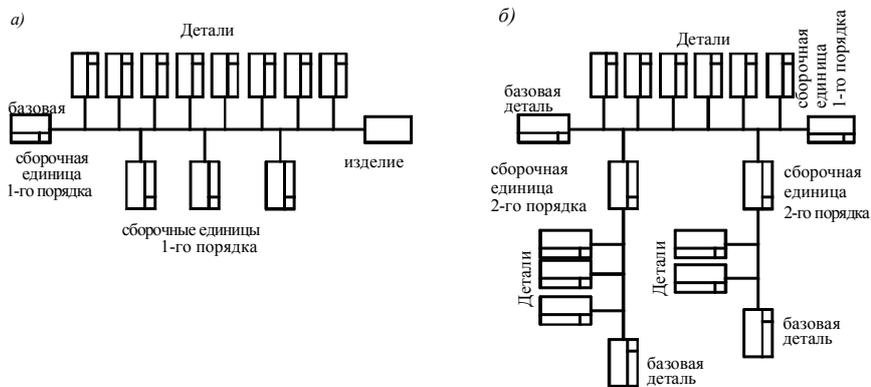


Рисунок 23.1 – Графические схемы технологического процесса общей (а) и узловой (б) сборок

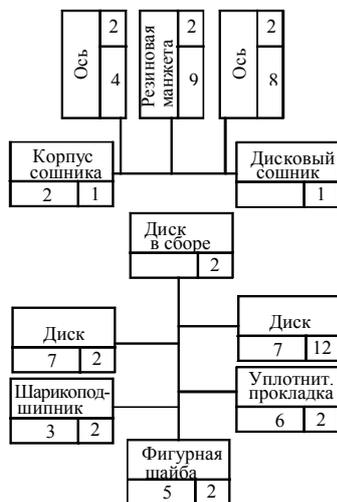


Рисунок 23.2 – Графическая схема технологического процесса узловой сборки дискового сошника сеялки

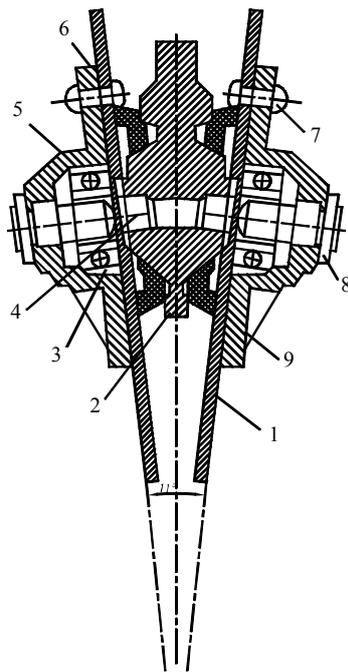


Рисунок 23.3 – Конструкция дискового сошника сеялки:
 1 – диск; 2 – корпус сошника; 3 – шарикоподшипник; 4 – ось; 5 – фигурная шайба;
 6 – уплотнительная прокладка; 7 – заклепки; 8 – пробка; 9 – резиновая манжета

Технологическая документация процесса сборки включает маршрутные и операционные карты технологического процесса, операционные карты технического контроля, ведомости оснастки, инструкции и т.п. в соответствии с требованиями ЕСТД.

2. Задание на проектирование

Задание на проектирование предприятия разрабатывается заказчиком при активном участии самого проектного института, выполняющего проектирование. Задание составляется в соответствии со схемой развития и размещения соответствующей отрасли народного хозяйства и промышленности, схемой развития и размещения производительных сил по экономическим районам, исходя из основных технических направлений в проектировании предприятий соответствующей отрасли, а по крупным и сложным предприятиям, кроме того, на основе ТЭО, которые должны быть составной частью указанного задания. До их утверждения задания согласовываются также с территориальными проектными институтами в части намечаемого кооперирования вспомогательных производств: энергоснабжения, водоснабжения, канализации, транспорта, а также возможности объединения проектируемых предприятий в промышленные узлы.

В задании на проектирование указываются: наименование предприятия; основание для проектирования; район, пункт и площадка строительства; программа выпуска на полную мощность и на первую очередь; режим работы; намечаемая специализация и кооперирование; источники обеспечения сырьем, водой, теплом, газом, электроэнергией; условия по очистке и сбросу сточных вод; направления проектирования по основным процессам и оборудованию; системы управления проектируемым предприятием; сроки строительства; намечаемый размер капитальных вложений и основные технико-экономические показатели, которые должны быть достигнуты; стадийность проектирования; данные для проектирования жилищного и культурного строительства; главные ответственные организации по проектированию и строительству.

Кроме задания на проектирование заказчик обязан выдать проектной организации чертежи и технические условия на изготовление, сборку и испытание изделий, а также необходимые материалы по действующему заводу при его реконструкции. Кроме этого, для проектирования необходимо иметь исходные данные по всему участку и району размещения предприятия, о чем было сказано выше.

Технический проект, который разрабатывается на основе задания на проектирование, имеет целью более точно определить техническую возможность и экономическую целесообразность предполагаемого строительства или реконструкции предприятия, а также установить основные технические решения проектируемых объектов, общую стоимость строительства завода и уточненные технико-экономические показатели. При этом разрабатывается и предварительная планировка оборудования, однако выбор типов оборудования и спецификация на него должны быть уже окончательными, так как после утверждения технического или технорабочего проекта производится заказ оборудования, необходимого проектируемому предприятию для обеспечения его нормальной производственной деятельности.

В начале проектирования по укрупненным показателям определяются размеры цехов и разрабатывается схема генерального плана завода на полное его развитие, что особенно важно для крупных и сложных предприятий. При этом по укрупненным показателям определяется стоимость всего строительства и в том числе его первой очереди. На строительство последующих очередей для крупных заводов также составляются технические проекты.

В техническом проекте приводятся: заказные спецификации на технологическое, энергетическое, подъемно-транспортное, насосно-компрессорное, специальное и другое оборудование; заявочные ведомости на общезаводское оборудование, в том числе на импортное и нестандартизированное, на приборы, арматуру и другие изделия; определяются технические задания (требования) на разработку нестандартизированного оборудования.

3. Разработка основных направлений по проектированию завода

Помимо учета действующих в настоящее время общих направлений в развитии машиностроения необходимо конкретно разработать технические направления применительно к данному проектируемому объекту, которые должны служить руководством для всех ведущих работников, участвующих в его проектировании.

В направлениях разрабатываются и указываются, например, такие вопросы, как:

а) технические требования к заготовкам, в частности к отливкам и поковкам;

б) виды термической обработки – должна ли применяться цементация в твердом карбюризаторе газовая или жидкостная, будет ли применяться нагрев и закалка деталей с помощью ТВЧ, соляных ванн или печей и для каких деталей и др.;

в) по механическим цехам (в зависимости от характера деталей и масштаба их выпуска) – следует ли ориентироваться на специальное или универсальное оборудование, а также в каких случаях следует делать экономические расчеты выбора вариантов; на какое прогрессивное оборудование необходимо ориентироваться;

г) по подъемно-транспортному оборудованию – на какие виды транспорта желательно ориентироваться (типы конвейеров, рольганги, катучие балки и т.д.);

д) по технологической оснастке – применять ли пневматику гидравлику для зажима обрабатываемых деталей и в каких случаях;

е) по инструменту – на какой характер инструментария следует ориентироваться;

ж) по оформлению документации – какие карты, ведомости, другие документы надо применять, какой справочной литературой пользоваться и т.д.;

з) по температурному режиму, климату и освещенности – какие помещения должны иметь кондиционирующие установки, какую освещенность в цехах надо обеспечить и т.д. Весьма важно в начале проектирования установить также некоторые важнейшие технико-экономические показатели, которые должны служить заданием проектантам. Такие показатели могут быть составлены на основе учета результатов ранее выполненных аналогичных проектов с введением поправочных коэффициентов на научно-технический прогресс в данной отрасли или новое оборудование, которое будет применено в проекте.

4. Основные положения по проектированию механосборочных цехов различных типов производства

Изготовление деталей, сборочных единиц и целых машин в массовом производстве издавна осуществляется поточными методами с синхронизацией операций по такту выпуска изделий, однако в настоящее время поточные методы работы находят все более широкое распространение в различных отраслях машиностроения и при крупносерийном производстве изделий. Так, например, поточные методы применяются в производстве универсальных станков, где выпуск по каждой модели исчисляется лишь несколькими тысячами станков в год, а не десятками и сотнями тысяч однотипных машин с одного завода, как это имеет место в тракторной и автомобильной промышленности.

Станкостроительные, да и другие подобные заводы, как правило, не могут проектироваться и строиться только на выпуск какой-либо одной модели универсального станка или другой машины-изделия, так как, кроме основной продукции, обычно они должны будут выпускать десятки типоразмеров различных специализированных машин-изделий малыми сериями.

Поэтому, естественно, становится целесообразным не производить все типы станков (универсальных, идущих крупными сериями, и специальных – мелкими сериями) в одном и том же механосборочном цехе, а разделить производство на: а) крупносерийное, организовав его в отдельном цехе работающем по поточному методу с конвейерной сборкой; б) мелкосерийное по выпуску специальных станков, организовав его в самостоятельном механосборочном цехе мелких серий со стационарной сборкой. Конечно, оба таких механосборочных цеха могут территориально быть расположены в одном корпусе, но все же они должны являться самостоятельными производственными подразделениями. В ряде случаев имеет место организация и целых заводов мелких серий, как, например, заводов по выпуску специальных станков и автоматических линий. Именно в результате такого организационного и технологического отделения мелкосерийного производства от крупносерийного удалось использовать поточные методы и в производстве универсальных станков при их крупносерийном выпуске.

Вначале будут рассмотрены методы проектирования крупносерийного и поточно-массового изготовления машин с конвейерной сборкой и автоматическими линиями изготовления деталей. После этого будут рассмотрены методы проектирования мелкосерийного производства с его характерными особенностями, включая стационарную сборку.

Не следует считать, что в мелкосерийном производстве не может иметься автоматизированных отделений, участков или автоматических линий по обработке крупных деталей. Развитие производства станков с числовым программным управлением, автоматических складов и различных автоматизированных транспортных устройств позволяет создавать автоматические участки при обработке деталей и мелкими сериями. Таким образом, применение современных станков улучшает возможности для создания и внедрения автоматизированных участков даже в мелкосерийном производстве. Однако следует особо подчеркнуть, что решения, принимаемые для

поточных методов массового производства с малым тактом выпуска изделий нельзя просто копировать и переносить без существенных их изменений в крупнесерийное производство с большим тактом выпуска одной или нескольких унифицированных моделей машин. В каждом типе производства имеются свои особенности в технологии, в компоновке цехов, подборе и планировке оборудования, а также во многих других элементах организации производства.

Для проектирования заводов и цехов массового и крупносерийного производства характерным является метод, основанный на учете точной поддетальной производственной программы и заданной величины такта выпуска деталей, сборочных единиц и изделий в целом. В этом его основное отличие от метода проектирования цехов многономенклатурного мелкосерийного производства со стационарной сборкой, которое проектируется без синхронизации операций по заданному такту.

Контрольные вопросы

1. Последовательность разработки технологического процесса сборки.
2. Что указывается в задании на проектирование производства?
3. Что собой представляет технический проект на проектирование производства?
4. Какие вопросы рассматриваются в технических направлениях?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература

1. Ткачев, А.Г. Типовые технологические процессы изготовления деталей машин: учеб. пособие / А.Г. Ткачев, И.Н. Шубин. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. – 112 с.
2. Ткачев, А.Г. Технология изготовления деталей технологических машин и оборудования: учеб. пособие / А.Г. Ткачев, И.Н. Шубин, В.А. Богуш. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. – 96 с.

Дополнительная литература

1. Горбачевич, А.Ф. Курсовое проектирование по предмету «Технология машиностроения» / А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред. – 4-е изд. перераб. и доп. – Минск: Высшая школа, 1983.
2. Журавлев, В.Н. Машиностроительные стали / В.Н. Журавлев, О.Н. Николаева. – 3-е изд. перераб. – М.: Машиностроение, 1981.
3. Допуски и посадки: справочник: в 2 т. / под ред. В.Д. Мягкова. – 5-е изд. перераб. и доп. – Л.: Высшая школа, 1978. – Ч. 1.
4. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1985. – Т. 2.
5. Антонюк, В.Е. Конструктору станочных приспособлений: справочное пособие / В.Е. Антонюк. – Минск: Беларусь, 1991.
6. Вардашкин, Б.Н. Станочные приспособления: справочник: в 2 т. / Б.Н. Вардашкин. – Минск: Беларусь, 1991. – Т.1. – 591 с.
7. Общемашинностроительные нормативы времени. Серийное производство. – 2-е изд. уточн. и доп. – М.: Машиностроение, 1974. – 410 с.
8. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин [и др.]; под общ. ред. В.Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
9. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении: учеб. пособие / В.В. Бабук, В.А. Шкред, Г.П. Кривко, А.И.Медведев; под ред. В.В. Бабука. – Минск: Высш. шк., 1987. – 255 с.
10. Обработка металла резанием: справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм [и др.]; под общ. ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение. 1988. – 736 с.
11. Косилова, А.Г. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении: справочник технолога / А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков, М.А. Калинин. – М.: Машиностроение, 1976.
12. Корсаков, А.Г. Основы конструирования приспособлений в машиностроении / В.С. Корсаков. – М.: Изд-во «Машиностроение», 1971. – 288 с.
13. Власов, А.Ф. Безопасность при работе на металлорежущих станках / А.Ф. Власов. – М.: Машиностроение, 1977.
14. Сачко, Н.С. Организация и планирование на машиностроительном предприятии / Н.С. Сачко, И.М. Бабук. – Минск: Высшэйшая школа, 1976.
15. Балакшин, Б.С. Основы технологии машиностроения / Б.С. Балакшин. – М.: Машиностроение, 1969. – 358 с.
16. Балакшин, Б.С. Теория и практика технологии машиностроения: в 2 кн. / Б.С. Балакшин. – М.: Машиностроение, 1982. – Кн. 1. – 283 с.; Кн. 2. – 269 с.
17. Грановский, Г.И. Резание металлов: учебник для машиностр. и приборостр. спец. вузов / Г.И. Грановский, В.Г. Грановский. – М.: Высшая школа, 1985. – 304 с.

18. Колесов, И.М. Основы технологии машиностроения: учебник для машиностроительных вузов / И.М. Колесов. – М.: Машиностроение, 1997. – 592 с.
19. Марков, Н.Н. Взаимозаменяемость и технические измерения: учебник / Н.Н. Марков. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 288 с.
20. Маталин, А.А. Технология машиностроения: учебник для машиностроительных вузов / А.А. Маталин. – Л.: Машиностроение, 1985. – 512 с.
21. Материаловедение: учебник для высших технических заведений / Б.Н. Арзамасов, И.И. Сидорин, Г.Ф. Косолапов [и др.]; под общ. ред. Б.Н. Арзамасова. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 786 с.
22. Митрофанов, С.П. Групповая технология машиностроительного производства: в 2 т. / С.П. Митрофанов. – Л.: Машиностроение, 1983. – 786 с.
23. Новиков, М.П. Основы технологии сборки машин и механизмов / М.П. Новиков. – М.: Машиностроение, 1980. – 592 с.
24. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / под ред. В.С. Корсакова. – 3-е изд. доп. и перераб. – М.: Машиностроение, 1977. – 416 с.
25. Подураев, В.Н. Технология физико-химических методов обработки / В.Н. Подураев В.Н. – М.: Машиностроение, 1985. – 264 с.
26. Пугачев, В.С. Теория вероятности и математическая статистика: учеб. пособие для вузов / В.С. Пугачев. – М.: Наука, 1979. – 496 с.
27. Размерный анализ технологических процессов / В.В. Матвеев, М.М. Тверской, Ф.И. Бойков [и др.]. – М.: Машиностроение, 1982. – 264 с.
28. Справочник инструментальщика / И.А. Ординарцев, Г.В. Филиппов, А.Н. Шевченко [и др.]; под общ. ред. И.А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение. – 1987. – 846 с.
29. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение. 1985.– Т1. – 656 с.; Т 2. – 496 с.
30. Технологичность конструкции изделий: справочник / под ред. Д. Адамирова. – М.: Машиностроение, 1985. – 368 с.
31. Технология машиностроения (специальная часть): учебник для машиностроительных специальностей вузов / А.А. Гусев, Е.Р. Ковальчук, И.М. Колесов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1986. – 480 с.
32. Цепи размерные. Основные понятия, методы расчета линейных и угловых цепей. Методические указания РД 50-635-87 / И.М. Колесов, Е.И. Луцков, А.И. Кубарев [и др.]. М.: Изд-во стандартов, 1987. – 42 с.
33. Якушев, П.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: учебник для вузов / А.И. Якушев, Л.Н. Воронцов, Н.М. Федотов. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987. – 352 с.
34. Методические указания по выполнению анализа вариантов базирования и выбору технологических баз для студентов спец. «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / ИЭИ им. В.И. Ленина; сост. Л.И. Птуха. – Иваново, 1982.
35. Размерный анализ конструкции изделия / ИЭИ им. В.И.Ленина; сост. Л.И. Птуха. – Иваново, 1999.
36. Прокат стальной горячекатаный круглый. Сортамент: ГОСТ 2590–88. – Изд-во стандартов, 1988. – 6 с.
37. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски: ГОСТ 7505–89. – Изд-во стандартов, 1990. – 54 с.
38. Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения: ГОСТ 21496–89. – Изд-во стандартов, 1989. – 35 с.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 3 |
| Лекция 1. Введение в предмет «Технология машиностроения»..... | 4 |
| 1. Введение. Содержание и сущность предмета «Технология машиностроения», его задачи, связь с другими предметами..... | 4 |
| 2. Основные понятия и определения. Связи в машине и производственном процессе ее изготовления. Основы технологии машиностроения. Производственный и технологический процессы. Типы производства..... | 5 |
| Лекция 2. Точность механической обработки..... | 12 |
| 1. Точность механической обработки. Качество поверхностей деталей машин..... | 12 |
| 2. Систематические и случайные погрешности..... | 13 |
| 3. Влияние различных технологических факторов на погрешность обработки резанием..... | 16 |
| Лекция 3. Основы базирования..... | 19 |
| 1. Основы базирования и теория размерных цепей. Выбор баз при обработке заготовок. | 19 |
| 2. Погрешность установки заготовки..... | 22 |
| 3. Принципы постоянства базы и совмещения баз..... | 24 |
| 4. Основы базирования. | 27 |
| 5. Базирование и базы..... | 28 |
| 6. Базирование призматической детали..... | 29 |
| 7. Базирование цилиндрической детали..... | 31 |
| 8. Базирование диска. | 32 |
| Лекция 4. Системы размерных связей..... | 35 |
| 1. Системы размерных связей..... | 35 |
| 2. Определение понятия «связь» | 35 |
| 3. Аналитическое выражение связей. Прямая и обратная задача..... | 36 |
| 4. Ограничение отклонений показателей связи допусками..... | 37 |
| 5. Свойства связей..... | 38 |
| Лекция 5. Заготовки деталей машин..... | 40 |
| 1. Заготовки деталей машин..... | 40 |
| 2. Исходные данные для выбора заготовки..... | 41 |
| 3. Припуски на обработку резанием..... | 42 |
| Лекция 6. Технологичность конструкции машин..... | 44 |
| 1. Технологичность конструкции машин..... | 44 |
| 2. Показатели оценки технологичности конструкции..... | 45 |
| 3. Методы достижения технологичности конструкции..... | 45 |
| Лекция 7. Припуски на механическую обработку..... | 50 |
| 1. Припуски на механическую обработку..... | 50 |
| 2. Классификация припусков..... | 50 |
| Лекция 8. Методика проектирования технологических процессов..... | 56 |
| 1. Основные принципы, методика проектирования технологических процессов и технические расчеты..... | 56 |

| | |
|---|-----------|
| 1.1. Разработка технологических процессов изготовления деталей..... | 56 |
| 1.2. Изучение служебного назначения детали. Анализ технических требований и норм точности..... | 57 |
| 1.3. Выбор вида и формы организации производственного процесса изготовления детали..... | 59 |
| 1.4. Выбор исходной заготовки и метода ее получения..... | 59 |
| 1.5. Выбор технологических баз и определение последовательности обработки заготовки..... | 60 |
| 1.6. Выбор способов обработки и определение количества необходимых переходов..... | 62 |
| Лекция 9. Технологическая документация..... | 64 |
| 1. Технологическая документация..... | 64 |
| 1.1. Оформление маршрутно-операционной карты..... | 64 |
| 1.2. Запись содержания технологических операций и переходов..... | 65 |
| Лекция 10. Обработка основных поверхностей типовых деталей..... | 71 |
| 1. Методы обработки основных поверхностей типовых деталей машин. Обработка заготовок на металлорежущих станках..... | 71 |
| 1.1. Обработка наружных поверхностей тел вращения..... | 71 |
| 1.2. Методы обработки наружных цилиндрических поверхностей..... | 72 |
| 1.3. Обработка внутренних поверхностей тел вращения..... | 73 |
| 1.4. Обработка резьбовых поверхностей детали..... | 79 |
| Лекция 11. Обработка заготовок на станках токарной группы..... | 85 |
| 1. Обработка заготовок на станках токарной группы..... | 85 |
| 1.1. Схемы точения заготовок на станках токарной группы..... | 85 |
| Лекция 12. Обработка заготовок на сверлильных и расточных станках..... | 89 |
| 1. Обработка заготовок на сверлильных и расточных станках..... | 89 |
| 1.1. Обработка за один установ..... | 89 |
| 1.2. Обработка за два установка..... | 89 |
| 1.3. Типовой маршрут изготовления дисков и фланцев..... | 90 |
| 1.4. Типовой маршрут изготовления дисков..... | 90 |
| Лекция 13. Обработка заготовок на шлифовальных станках..... | 92 |
| 1. Обработка заготовок на шлифовальных станках..... | 92 |
| 1.1. Разновидности шлифования..... | 92 |
| Лекция 14. Обработка заготовок на протяжных станках..... | 95 |
| 1. Обработка заготовок на протяжных станках..... | 95 |
| 1.1. Применение протягивания отверстий и виды работ, выполняемых на протяжных станках..... | 95 |
| Лекция 15. Обработка плоских поверхностей и пазов в заготовках..... | 98 |
| 1. Обработка плоских поверхностей и пазов в заготовках..... | 98 |
| 1.1. Фрезерование..... | 98 |
| 1.2. Протягивание..... | 99 |
| 1.3. Шабрение..... | 100 |
| 1.4. Шлифование..... | 100 |
| 1.5. Полирование поверхностей..... | 101 |

| | |
|--|------------|
| Лекция 16. Обработка шлицевых поверхностей..... | 102 |
| 1. Обработка шлицевых поверхностей..... | 102 |
| 1.1. <i>Виды центрирования.....</i> | <i>102</i> |
| 1.2. <i>Технологический процесс изготовления шлицев валов.....</i> | <i>103</i> |
| Лекция 17. Обработка зубчатых поверхностей..... | 106 |
| 1. Технологические задачи..... | 107 |
| 2. Основные методы формообразования зубьев зубчатых колес..... | 109 |
| 3. Нарезание зубчатых колес методом обкатки..... | 110 |
| 4. Зубонарезание червячными фрезами..... | 110 |
| 5. Зубодолбление..... | 111 |
| 6. Зубострогание..... | 111 |
| 7. Шевингование..... | 112 |
| 8. Шлифование..... | 113 |
| Лекция 18. Технология изготовления валов..... | 116 |
| 1. Основы разработки технологического процесса..... | 116 |
| 2. Материалы и заготовки валов..... | 120 |
| 3. Основные схемы базирования..... | 122 |
| Лекция 19. Методика выбора станочных приспособлений в техпроцессах..... | 127 |
| 1. Проектирование станочного приспособления..... | 127 |
| 2. Расчет силы зажима обрабатываемой заготовки..... | 128 |
| Лекция 20. Технология сборки машин. Точность при сборке..... | 130 |
| 1. Общие вопросы технологии сборки. Понятия и определения..... | 130 |
| 2. Точность и методы сборки..... | 131 |
| Лекция 21. Проектирование инструментов..... | 135 |
| 1. Основное назначение системы автоматического поиска и выбора режущего инструмента..... | 135 |
| 2. Внедрение современных систем автоматизированного проектирования..... | 135 |
| 3. Особенности 3D-моделирования режущих инструментов..... | 136 |
| Лекция 22. Технологический контроль и испытания..... | 137 |
| 1. Технологический контроль сборочных единиц..... | 137 |
| 2. Технология окрасочных работ..... | 138 |
| 2.1. <i>Основные понятия о разработке технологического процесса окрашивания.....</i> | <i>138</i> |
| 2.2. <i>Подготовка поверхности к окрашиванию.....</i> | <i>138</i> |
| 2.3. <i>Грунтование, шпатлевание и нанесение мастики.....</i> | <i>141</i> |
| 2.4. <i>Нанесение покрывных слоев.....</i> | <i>142</i> |
| 2.5. <i>Организация окраски изделий.....</i> | <i>143</i> |
| Лекция 23. Сборочное производство..... | 144 |
| 1. Разработка технологического процесса сборки..... | 144 |
| 2. Задание на проектирование..... | 147 |
| 3. Разработка основных направлений по проектированию завода..... | 148 |
| 4. Основные положения по проектированию механосборочных цехов различных типов производства..... | 149 |
| РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА..... | 151 |

Учебное издание

ЯКУШЕВИЧ Галина Богуславовна

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Курс лекций

Редактор *И.В. Сивакова*
Компьютерная вёрстка: *М.И. Верстак*
Дизайн обложки: *О.В. Канчуга*

Подписано в печать 25.03.2010. Формат 60x84/8.
Бумага офсетная. Ризография. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 18,14. Уч.-изд. л. 13,11. Тираж 120 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:
Учреждение образования «Гродненский государственный
университет имени Янки Купаль».
ЛИ № 02330/0549484 от 14.05.2009.
ЛП № 02330/0494172 от 03.04.2009.
Пер. Телеграфный, 15а, 230023, Гродно.

ISBN 978-985-515-262-1

