

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Кафедра управления качеством и технического регулирования

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОДУКЦИИ

Методические указания к курсовому проектированию

Составители:
М. П. РОМОДАНОВСКАЯ
Ю. А. ОРЛОВ
Д. Ю. ОРЛОВ
Е. В. АРЕФЬЕВ



Владимир 2018

УДК 621.002:658.5

ББК 34.42

О-75

Рецензент

Заместитель генерального директора

ООО Владимирский станкостроительный завод «Техника»

Н. В. Тюрин

Печатается по решению редакционно-издательского совета ВлГУ

Основы проектирования продукции : метод. указания к О-75 курсовому проектированию / сост.: М. П. Ромодановская [и др.] ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2018. – 60 с.

Основная цель методических указаний – изучение дисциплины «Основы проектирования продукции» и формирование навыков выполнения курсовой работы по этой дисциплине.

Предназначены для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 27.03.01 – Стандартизация и метрология.

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО.

Табл. 2. Ил. 28. Библиогр.: 13 назв.

УДК 621.002:658.5

ББК 34.42

ВВЕДЕНИЕ

Разработка технологического процесса механической обработки детали – задача сложная. Процесс разрабатывают для действующего или вновь создаваемого производства. Содержание и последовательность работ определены Р 50-54-93–88 «Рекомендации. Классификация, разработка и применение технологических процессов».

При планировании выпуска изделий возможности производства оцениваются по типу производства – классификационной категории, определяемой номенклатурой и объемом выпуска изделий.

При выборе действующего технологического процесса учитывается опыт производства аналогичных изделий в похожих производственных условиях. Важным этапом проектирования технологического процесса изготовления детали считается выбор материала и заготовки для будущего изделия.

Заготовка – это предмет труда, из которого путем изменения формы, размеров и свойств получается деталь. При выборе заготовки устанавливаются способ ее получения, припуски на обработку каждой поверхности, размеры заготовки, разрабатывается чертеж с техническими требованиями на изготовление. Для получения заготовок используют литье, методы пластической деформации, резку, сварку и другие способы. При выборе способа получения стремятся к максимальному приближению формы и размеров заготовки к форме и размерам готовой детали. Определение размеров и разработка чертежа заготовки могут быть выполнены только после предварительного формирования маршрута процесса обработки.

Порядок разработки чертежа и методы назначения основных видов заготовок установлены системой стандартов, например, ГОСТ Р 53464–2009 «Отливки из металлов и сплавов. Допуски, размеры, масса и припуски на механическую обработку», ГОСТ 7062–90 «По-

ковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой на прессах. Припуски и допуски», ГОСТ 7505–89 «Поковки стальные и штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски», ГОСТ 7829–70 «Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой на молотах. Припуски и допуски».

Требуемое качество отдельной поверхности при обработке детали может быть достигнуто различными методами. Выбираемая последовательность методов механической обработки заготовки должна обеспечить наиболее экономичный путь достижения требуемого качества. Выбор метода обработки зависит от производительности и экономичности его реализации.

1. СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРУЕМОЙ ПРОДУКЦИИ

Проектирование деталей начинается с выбора материала и режимов его обработки, которые зависят от конструктивных особенностей детали, типа производства (единичное, серийное, массовое) и экономических факторов. Правильный выбор конструктором материалов для изготовления машины и отдельных ее частей определяет качество будущей разработки и оптимальные технико-экономические показатели.

В качестве материалов в машиностроении широко используют стали и чугуны, сплавы на основе алюминия, меди и других цветных металлов, а также неметаллические материалы.

Металлы и их сплавы служат основными материалами для изготовления машин, станков, приборов, инструментов и сооружений. Отличительными признаками металлов являются металлический блеск, высокая электропроводность и теплопроводность, пластичность (способность изменять форму под воздействием давления).

Технически чистые металлы редко применяются в промышленности. Металлические сплавы обладают более ценными механическими, технологическими и другими свойствами, чем чистые металлы.

1.1. Свойства металлов

Физические свойства металлов

Плотность – количество вещества, содержащееся в единице объема.

Плавление – способность металла переходить из кристаллического (твердого) состояния в жидкое с поглощением теплоты.

Теплопроводность – способность металла с той или иной скоростью проводить тепло.

Электропроводность – свойство металла проводить электрический ток.

Тепловое расширение – способность металла увеличивать свой объем при нагревании.

Химические свойства металлов

Химические свойства характеризуют устойчивость металлов к химическим воздействиям активных сред.

Окисляемость – способность металла вступать в реакцию с кислородом под воздействием окислителей.

Коррозионная стойкость – устойчивость металла к коррозии.

Механические свойства металлов

Твердость – сопротивляемость проникновению в металл более твердого тела.

Прочность – сопротивляемость металла разрушению под действием внешних сил.

Вязкость – способность сопротивляться быстро возрастающим ударным нагрузкам.

Упругость – свойство восстанавливать свою первоначальную форму и размеры после снятия действующей нагрузки.

Пластичность – способность, не разрушаясь, изменять свою форму под действием нагрузки и сохранять полученную форму после снятия нагрузки.

Технологические свойства металлов

Ковкость – способность изменять свою форму в нагретом или холодном состоянии под действием внешних сил.

Свариваемость – способность двух частей металла при нагревании прочно соединяться друг с другом.

Жидкотекучесть – способность расплавленного металла легко растекаться и хорошо заполнять форму.

Прокаливаемость – способность закаливаться на ту или иную глубину.

Обработываемость резанием – способность подвергаться механической обработке режущим инструментом с определенной скоростью и усилием резания.

1.2. Черные металлы

Металлы и сплавы делятся на черные и цветные. К черным относят железо и сплавы на его основе, (чугуны и стали, представляющие собой сплавы железа с углеродом, в состав которых входят и другие элементы), к цветным – все остальные металлы и сплавы.

Чугуны

Чугун – нековкий, железоуглеродистый сплав, в котором содержание углерода превышает 2 %. В состав его также входят кремний, марганец, фосфор, сера.

Чугун обладает отличными литейными свойствами, что позволяет использовать его в качестве конструкционного материала, хорошо обрабатывается резанием, образуя высококачественную поверхность для узлов трения и неподвижных соединений.

Чугуны, в которых углерод присутствует в виде графита, имеют крупнозернистое строение и серый цвет на изломе. Эти чугуны называются *серыми*, или *литейными*. Они хорошо обрабатываются режущим инструментом, имеют высокие литейные качества, относительно невысокую температуру плавления (1100 – 1200 °С), небольшую усадку (1%) и применяются для изготовления многих деталей машин и механизмов.

Чугуны, в которых углерод содержится в виде химического соединения с железом, имеют на изломе белый цвет. Эти чугуны называются *белыми*, или *передельными*. Они плохо обрабатываются резанием и обычно используются для получения стали.

Ковкий чугун получается из белого чугуна специальным отжигом (томлением) в особых нагревательных печах при температуре 950 – 1000 °С. При этом чрезмерная хрупкость и твердость, характерные для белого чугуна, намного снижаются. Ковкий чугун, как и серый, не куется, а название «ковкий» указывает лишь на значительную его пластичность. Используется для отливки деталей в тракторной, автомобильной и других отраслях промышленности.

Для повышения прочности чугуны легируют, т. е. вводят в их состав никель, хром, молибден, медь и другие элементы (*легируемый чугун*), а также модифицируют, т. е. добавляют к ним магний, алюминий, кальций, кремний (*модифицированный чугун*).

Наибольшее применение имеют чугуны следующих марок:

– отливки из серого чугуна: СЧ-10, СЧ-15, СЧ-18, СЧ-20 и др. (ГОСТ 1412-79);

– отливки из ковкого чугуна: КЧ30-6, КЧ33-8, КЧ35-10, КС37-12 и др. (ГОСТ 1215-79).

Буквы и цифры марок чугуна обозначают: СЧ – серый чугун, КЧ – ковкий чугун. Цифры у серого чугуна указывают на предел прочности при растяжении.

Стали

Сталь – сплав железа с углеродом и другими элементами, содержащий не более 2 % углерода. По сравнению с чугуном сталь обладает значительно более высокими физико-механическими свойствами. Ее получают на металлургических заводах из передельного чугуна путем его переплавки и удаления избытка углерода, кремния, марганца и других примесей. Сталь плавят в мартенах, электропечах и конверторах.

Сталь в виде слитков поступает в прокатные, кузнечные или прессовые цехи, где перерабатывается на фасонный и листовой прокат, а также в поковки различной формы и размеров.

Стали классифицируются по следующим признакам:

- химическому составу: углеродистая, легированная;
- качеству: сталь обыкновенного качества, качественная, высококачественная;
- назначению: конструкционная, инструментальная.

Углеродистые стали

Углеродистая сталь широко используется в промышленности. Увеличение содержания углерода повышает прочность и твердость стали, но уменьшает вязкость и делает ее более хрупкой.

По назначению углеродистые стали делятся на конструкционные и инструментальные.

Различают углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества (ГОСТ 380-2005) и качественные (ГОСТ 1050-88). В зависимости от условий и степени раскисления различают спокойные стали (сп), полуспокойные (пс) и кипящие (кп). Стали обыкновенного качества маркируют буквами Ст (сталь) и цифрами 1, 2, 3, ..., 6 (Ст0, Ст1, Ст2 и т. д.). Чем больше это число, тем выше в ней содержание углерода.

По назначению эти стали делятся на три группы:

- группа А – стали, поставляемые по механическим свойствам без уточнения их химического состава (Ст0, Ст1кп, Ст2пс, Ст1сп, Ст2кп и др.);
- группа Б – стали, поставляемые с гарантийным химическим составом (БСт0, БСт1кп, БСт1сп, БСт2кп и др.);
- группа В – стали повышенного качества с гарантированным химическим составом и механическими свойствами (ВСт2, ВСт3, ВСт4, ВСт5).

Цифры, обозначающие марку стали, показывают среднее содержание в стали углерода в сотых долях процента (например, сталь марки 45 содержит в среднем 0,45 % углерода).

Низкоуглеродистые стали марок 05, 08, 10, 20, 25 применяются для малонагруженных деталей, изготовление которых связано со сваркой и штамповкой. Из среднеуглеродистых сталей марок 40, 45, 50, 55 изготавливают оси, валы, зубчатые колеса и другие детали. Высокоуглеродистые стали идут на изготовление спиральных пружин, тросов и других ответственных деталей.

Инструментальная качественная сталь обозначается буквой У, после которой ставится цифра, указывающая содержание углерода в десятых долях процента, например У7, У8, У10 и т. д.

Инструментальная высококачественная сталь содержит меньше, чем качественная, вредных примесей (серы, фосфора). Маркируют ее так же, как и качественную, но с добавлением буквы А, например У7А, У8А и т. д. Применяется инструментальная углеродистая сталь для изготовления различных инструментов (ударных, режущих, измерительных и др.).

Легированные стали

В состав легированной стали, кроме углерода, входят элементы, улучшающие ее свойства: хром, никель, кремний, вольфрам, марганец, ванадий, кобальт и др. По этому признаку стали делятся на хромистые, никелевые, кремнистые, хромоникелевые, хромованадиевые и др.

Хром способствует увеличению прочности стали, ее твердости и сопротивляемости износу. Никель увеличивает прочность, вязкость и твердость стали, повышает ее коррозионную стойкость и прокаливаемость. Кремний при содержании его более 0,8 % повышает прочность, твердость и упругость стали, снижая при этом ее вязкость. Марганец повышает твердость и прочность стали, улучшает ее свариваемость и прокаливаемость.

Легированная сталь по количеству введенных в нее легирующих элементов классифицируется на низколегированную (до 5 % легирующих элементов), среднелегированную (от 5 до 10 %) и высоколегированную (свыше 10 %).

По назначению легированные стали, как и углеродистые, подразделяются на конструкционные и инструментальные.

Легирующие элементы в составе стали обозначаются согласно стандарту: Х – хром, В – вольфрам, М – молибден, Ф – ванадий, К – кобальт, Г – марганец, Т – титан, С – кремний, Н – никель, Д – медь, Ю – алюминий, Р – бор, А – азот. Высококачественную сталь обозначают с добавлением в конце маркировки буквы А.

В маркировке легированных сталей первые две цифры обозначают среднее содержание углерода в сотых долях процента, буквы – легирующие элементы, последующие за буквами цифры – содержание в процентах этих элементов в стали. Например, марка 40Х обозначает хромистую сталь с содержанием 0,4 % углерода и 1 % хрома; 12ХН3А высококачественную хромоникелевую сталь, содержащую около 0,12 % углерода, 1 % хрома и 3 % никеля.

Конструкционные легированные стали применяются для изготовления металлоконструкций и ответственных деталей машин. Для улучшения механических свойств детали из этих сталей подвергаются термической обработке. К конструкционным легированным сталям относятся: хромистая (15Х, 20Х, 30Х и др.), хромованадиевая (15ХФ, 20ХФ, 40ХФА), хромкремнистая (33ХС, 38ХС, 40ХС), хромоникелевая (12ХН2, 12ХН3А и др.).

Инструментальная легированная сталь по сравнению с углеродистой обладает большей износоустойчивостью, она глубже прокаливается, обеспечивает повышенную вязкость в закаленном состоянии и менее склонна к деформациям и трещинам при закалке.

Режущие свойства легированных сталей примерно такие же, как и углеродистых, потому что у них низкая теплостойкость, равная 200 – 250 °С. Легированные инструментальные стали имеют следующее назначение: сталь 9ХС применяется для изготовления плашек, сверл, разверток, фрез, гребенок, метчиков; стали 11Х и 13Х – для напильников, бритвенных ножей, хирургического и гравировального инструмента; сталь ХВГ – для длинных метчиков, разверток и других инструментов.

Для изготовления режущего инструмента применяется быстрорежущая сталь, обладающая высокими режущими свойствами. Наличие вольфрама и ванадия в составе придает этой стали высокую теплостойкость и красностойкость (способность сохранять высокую твердость и износостойкость при повышенных температурах). Основные марки быстрорежущих сталей – Р9, Р12, Р18, Р6М5, Р9К5.

1.3. Термическая обработка стали

Термической обработкой называется процесс нагрева металла до определенной температуры, выдержки при этой температуре и последующего охлаждения с той или иной скоростью. В результате такого процесса не изменяется химический состав металла, но меняются его структура и механические свойства.

Структуру металла (его строение) можно определить по излому. На поверхности излома видно большое количество зерен, связанных между собой. Каждое такое зерно состоит из мельчайших частиц – атомов, которые, располагаясь в определенном порядке, образуют кристаллическую решетку.

Отжиг применяется в основном для снижения твердости, чтобы облегчить механическую обработку и снять в стали внутренние напряжения. Температура нагрева при отжиге зависит от содержания в стали углерода. Сталь с содержанием углерода более 0,8 % нагревают до температуры 750 – 760 °С, для стали с меньшим содержанием углерода температуру постепенно повышают до 930 – 950 °С. После нагрева металл медленно охлаждают в печи. В отожженном состоянии сталь приобретает перлитную структуру.

Нормализация предназначается для улучшения структуры стали, снятия внутренних напряжений и обеспечения лучших условий обработки резанием. Она отличается от отжига тем, что охлаждение производится не в печи, а на воздухе.

После нормализации сталь приобретает также перлитную, но более мелкозернистую и однородную структуру. Твердость и прочность стали при этом выше, чем после отжига.

Закалка – нагрев стали до определенной температуры, выдержка при этой температуре и последующее быстрое охлаждение в воде, масле, расплавленных солях или на воздухе. Закалка применяется в сочетании с отпуском для повышения твердости, прочности и износостойчивости стали.

Углеродистые и легированные стали под закалку нагреваются в электрических печах или в соляных ваннах. В результате закалки сталь получает мелкозернистую, самую твердую и хрупкую структуру. При быстром охлаждении во время закалки в металле возникают внутренние напряжения, которые могут вызвать трещины, коробление и хрупкость. Эти дефекты устраняют последующим отпуском.

Поверхностная закалка – нагрев до определенной температуры поверхностного слоя стального изделия с последующим быстрым охлаждением. Обеспечивает высокую твердость в относительно тонком слое (от 0,3 до 10 мм) без изменения структуры и твердости внутренней массы изделия. Такое свойство ценно для напряженно работающих деталей (коленчатые валы двигателей, зубчатые колеса и др.), которым необходима большая твердость трущихся рабочих частей и упругая (нехрупкая) основная масса металла изделия.

Поверхностная закалка осуществляется на специальных высокочастотных установках с помощью индукторов, через которые пропускают токи высокой частоты (ТВЧ). Высокочастотная поверхностная закалка обеспечивает хорошее качество металла и широко применяется в промышленности.

Отпуск – нагрев стали до температуры, значительно более низкой, чем при закалке, выдержке при этой температуре и охлаждении. Углеродистые и легированные стали нагревают до 150 – 250 °С, а быстрорежущие подвергаются трехкратному отпуску при температуре 550 – 580 °С. Охлаждение осуществляется на воздухе.

Обработка холодом выполняется для повышения твердости и износостойчивости стали на специальных установках, обеспечивающих температуру ниже нуля.

Цементация – насыщение поверхностного слоя стали углеродом при нагреве до 880 – 950 °С с последующей закалкой. Цель ее – получение высокой твердости и износостойчивости поверхности детали. Цементации подвергаются детали из низкоуглеродистой стали с содержанием углерода 0,1 – 0,25 %. При насыщении количество углерода может быть доведено до 1 – 1,25 %. Цементацию деталей обычно производят после их механической обработки с оставлением припуска на окончательную шлифовку.

2. НАЗНАЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ДЕТАЛЕЙ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

Тела вращения – геометрические тела, поверхность которых описывается какой-либо прямой или кривой (образующей) при её вращении вокруг неподвижной оси (например, конус, цилиндр, шар и т. п.).

Детали тела вращения (валы, оси, колеса, стаканы, втулки и др.) полностью выявляются в одной проекции. Для выявления конструкции более сложных деталей (корпус, крышка, фланец) требуется несколько проекций, разрезов и сечений.

Наиболее распространенными деталями тел вращения можно назвать валы. Валы служат для монтажа на них элементов передачи движения в механизмах машин. Различают валы гладкие и ступенчатые, сплошные и полые.

Оси предназначены для передачи крутящих моментов и монтажа на них различных деталей и механизмов. Они представляют собой сочетание гладких посадочных и непосадочных, а также переходных поверхностей. Почти все поверхности оси относятся к основным, потому что сопрягаются с соответствующими поверхностями других деталей машин или непосредственно участвуют в рабочем процессе машины. Это объясняет высокие требования к точности обработки детали.

Корпусные детали тел вращения представляют собой базовые детали, на которые устанавливаются различные присоединяемые детали и сборочные единицы, точность относительного положения которых должна обеспечиваться как в статике, так и в процессе работы машин под нагрузкой. Корпусные детали должны иметь требуемую точность, обладать необходимыми параметрами жесткости и виброустойчивости, что обеспечивает постоянство относительного положения соединяемых деталей и узлов, правильность работы механизмов и отсутствие вибраций.

Конструктивное исполнение корпусных деталей, применяемый материал и необходимые параметры точности определяют исходя из служебного назначения деталей, требований к работе механизмов и условий их эксплуатации.

К корпусным деталям с гладкими внутренними цилиндрическими поверхностями относятся блоки цилиндров двигателей и компрессоров, корпуса различных цилиндров и гидрораспределителей, пневмо- и гидроаппаратура, а также корпуса задних бабкок. В соответствии со служебным назначением к внутренним цилиндрическим поверхностям предъявляют повышенные требования по точности диаметральных размеров и формы. Эти цилиндрические поверхности обычно ра-

ботают на изнашивание. Поэтому к ним предъявляют высокие требования по шероховатости и износостойкости.

Корпусные детали типа крышек и фланцев наиболее просты по конструкции, они выполняют функции дополнительных опор для обеспечения требуемой точности относительного положения отдельных механизмов, валов, зубчатых колес.

Фланцы – наиболее распространенные разъемные соединения аппаратов и трубопроводов. Фланцевые соединения имеют, как правило, круглую форму – наиболее надежную и простую в изготовлении.

У большинства корпусных деталей имеются различные мелкие отверстия, предназначенные для подвода смазочного материала к трущимся поверхностям и фиксации присоединяемых сборочных единиц.

К деталям тел вращения относятся калибры – бесшкальные контрольно-измерительные инструменты, предназначенные для ограничения отклонений размеров, форм и взаимного расположения поверхностей изделий. Контроль калибрами не позволяет определить действительных отклонений изделия, но дает возможность установить, находятся или нет отклонения изделия в заданных пределах.

3. ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ, ЗАГОТОВОК И СПОСОБОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

Валы изготавливают в основном из конструкционных и легированных сталей, к которым предъявляются требования высокой прочности, хорошей обрабатываемости, малой чувствительности к концентрации напряжений, а также повышенной износостойкости. Этим требованиям отвечают стали марок 35, 40, 45, 40Г, 40ХН и др. Достаточно редко валы отливают из чугуна.

Оси выполняют из углеродистых и легированных конструкционных сталей, так как они обладают высокой прочностью, способностью к поверхностному и объемному упрочнению, легкостью получения прокаткой цилиндрических заготовок и хорошей обрабатываемостью на станках. Обычно применяют углеродистую сталь обыкновенного качества Ст3, Ст4, Ст5, 25, 30, 40, 45.

Заготовки корпусных деталей изготавливают литьем из серого и ковкого чугуна, например, из серого чугуна марок СЧ 15, СЧ 17. Заготовки корпусных деталей, работающих в условиях вибраций, ударных нагрузок, скручивающих и изгибающих моментов, выполняют из ковкого чугуна или стали, а деталей, работающих в условиях агрессивной среды, – из материалов, обладающих повышенным сопротивлением коррозии (коррозионно-стойкие стали марок 3Х13, 3Х17Н10Т и др.).

Материал для фланцев выбирают по ГОСТ 12816-80, при этом обращают внимание на условное давление, при котором он работает. Чаще всего выбирают прокат из стали 09Г2С благодаря высокой механической прочности, что позволяет использовать более тонкие элементы, чем при применении других сталей. Устойчивость свойств в широком температурном диапазоне позволяет применять детали из этой марки в диапазоне температур от -70 до $+450$ °С. Также марка широко используется для сварных конструкций. Сварка может производиться как без подогрева, так и с предварительным подогревом до $100 - 120$ °С. Так как углерода в стали мало, то сварка ее довольно проста, причем сталь не закаливается и не перегревается в процессе сварки, благодаря чему не происходит снижения пластических свойств или увеличения ее зернистости. К плюсам применения этой стали можно отнести ее вязкость, а также отсутствие отпускной хрупкости.

При выборе материала калибров обращают внимание на жесткость, необходимую для уменьшения погрешностей от деформаций при измерении, устойчивость к износу и коррозии, а также небольшая масса для повышения чувствительности контроля и облегчения работы контролера при проверке средних и общих размеров. Для снижения расходов на изготовление и периодическую проверку калибров необходимо принимать меры к повышению их износоустойчивости. Для изготовления калибров-пробок рекомендуется высококачественная инструментальная сталь марки У10А.

В технических требованиях на изготовление детали указывают твердость материала или необходимость соответствующей термической обработки.

Существуют несколько шкал для определения твердости материалов – по Бриннелю (НВ), Роквеллу (HRC), Виккерсу (HV) и Шору

(HSD). Твердость (*hardness*) материала по Бриннелю определяется по диаметру отпечатка, оставляемому стальным шаром диаметром 10 мм при испытательной нагрузке $P = 2943$ Н. Так, при диаметре отпечатка шара 2,5 мм твердость по Бриннелю $HB = 601$, что соответствует твердости по Роквеллу $HRC = 59,3$, по Виккерсу $HV = 750$, по Шору $HSD = 86,5$.

Если значение твёрдости не превышает $HB = 200 - 230$, то заготовки подвергают нормализации, отжигу или термически не обрабатывают. Для увеличения износостойкости изделий повышают твёрдость их рабочих поверхностей. Часто это достигается поверхностной закалкой токами высокой частоты, обеспечивающей твёрдость $HRC = 48 - 55$. Поверхности деталей из малоуглеродистых марок стали подвергают цементации на глубину $0,7 - 1,5$ мм с последующей закалкой и отпуском. Таким способом можно достичь твёрдости $HRC = 55 - 60$.

Производительность механической обработки детали во многом зависит от вида заготовки, материала, размера и конфигурации, а также характера производства.



Рис. 3.1. Прокат круглого сечения

В мелкосерийном и единичном производствах заготовки для деталей тел вращения 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 (рис. 3.1), из которых в заготовительных цехах нарезают заготовки необходимой длины.

Заготовки такого вида применяют также при изготовлении валов с небольшим количеством ступеней и незначительными перепадами их диаметров.

В производстве с более значительным масштабом выпуска, а также при изготовлении изделий 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, что значительно повышает производительность механической обработки и снижает металлоёмкость изделия.

Механическую обработку деталей тел вращения начинают с операций отрезки заготовки, подрезки торцов и их зацентровки (рис. 3.2).

На рис. 3.2, а вращательное движение отрезного круга обозначено символом D_r .

Вращательное движение фрез 1 и 2 (рис. 3.2, б) обозначено символами $D_{r\phi 1}$ и $D_{r\phi 2}$, а движение линейного перемещения фрез $D_{s\phi 1}$ и $D_{s\phi 2}$ соответственно.

Вращательное движение сверл 1 и 2 при зацентровке вала обозначено символами D_{rc1} и D_{rc2} на рис. 3.2, в.

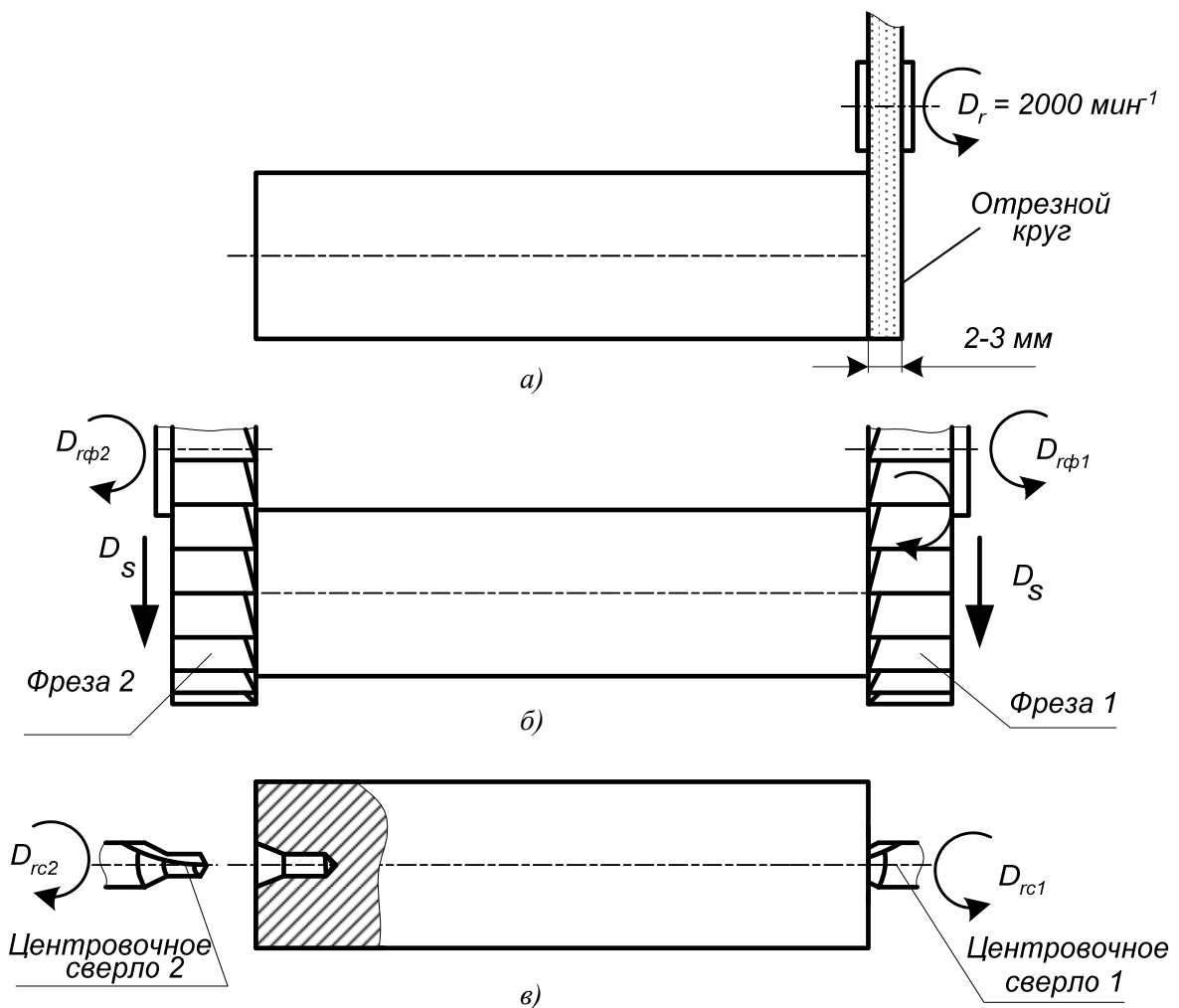


Рис. 3.2. Схемы начальных операций механической обработки вала:

а – отрезка заготовки; б – подрезка обоих торцов фрезами;

в – зацентровка обоих торцов сверлами

Типовой маршрут изготовления деталей тел вращения:

- обработка базовых поверхностей: двух торцов и центровых отверстий в торцах вала;
- черновая и чистовая токарная обработка вала с одной, а затем и с другой стороны;
- черновое шлифование шеек вала, служащих базами для следующих операций;
- черновая и чистовая обработка точных «фасонных» поверхностей (шлицев, зубьев, точных отверстий и др.);
- выполнение второстепенных операций (сверление и нарезание резьбы в мелких отверстиях, фрезерование шпоночных пазов, лысок и т. п.);
- термообработка;
- исправление центровых отверстий;
- шлифование внутренних и наружных поверхностей;
- шлифование шлицев, зубьев;
- балансировка;
- доводка основных отверстий.

При ***проектировании маршрута обработки*** изделия для каждой операции выбирают оборудование, приспособления, режущий и измерительный инструмент, тип которых зависит от типа производства. В единичном и мелкосерийном производствах используют универсальное оборудование с программным управлением, в крупносерийном и массовом – специализированное и специальное, которое можно встраивать в автоматические линии.

Каждая операция проектируется по принципу наименьшей трудоемкости. При определении нормы времени стремятся к её снижению за счёт, главным образом, основного и вспомогательного времени.

Наиболее точными поверхностями у валов являются посадочные шейки, для обработки которых используют точение, шлифование, суперфиниширование, обкатывание шариками или роликами, алмазное выглаживание.

Экспериментальные данные о достигаемой точности поверхностей при использовании различных способов обработки приведены в таблицах точности справочной литературы. Из нескольких возможных вариантов маршрута обработки поверхности выбирают наиболее эффективный путём их технико-экономического сравнения.

Токарная обработка деталей тел вращения

Токарные многорезцовые станки широко используют в серийном и массовом производствах. Применение многорезцовых станков и многорезцовых комбинированных инструментов повышает производительность труда за счет уменьшения основного времени обработки. На рис. 3.3 представлена схема многорезцовой токарной обработки ступенчатого вала.

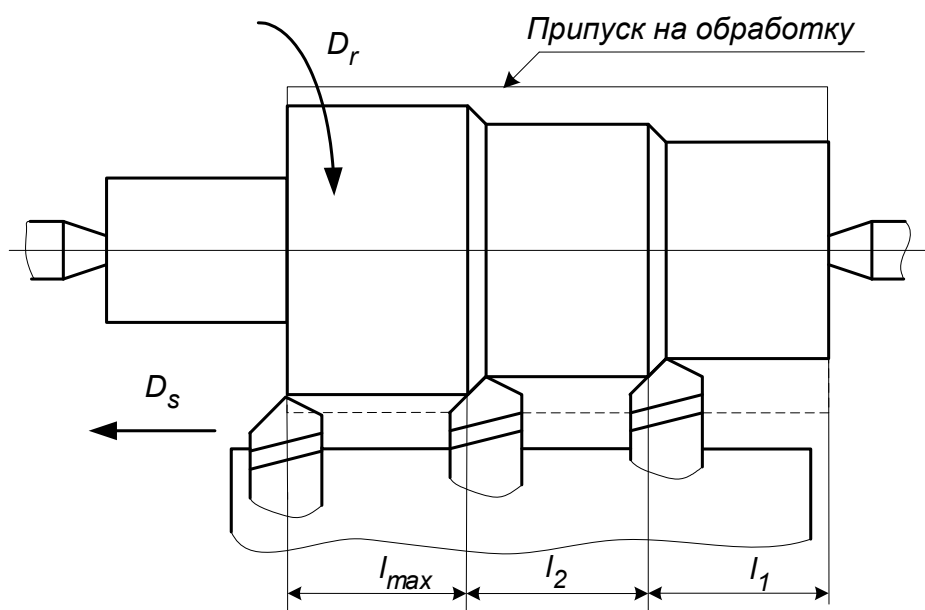


Рис. 3.3. Схема токарной многорезцовой обработки ступенчатого вала

Многорезцовые станки могут быть использованы для черновой и чистовой обработки поверхностей в основном 11-го и 12-го качества, очень редко 9-го качества. Окончательную чистовую обработку после многорезцовых станков производят на шлифовальных станках.

Для получения точных наружных и внутренних конических поверхностей относительно небольших диаметров с любым углом при вершине можно использовать метод поворота верхних салазок суппорта на требуемый угол (рис. 3.4).

Если образующая конуса детали составляет не более 50 – 70 мм, то ее можно получить точением с помощью **широкого специального резца** (рис. 3.5).

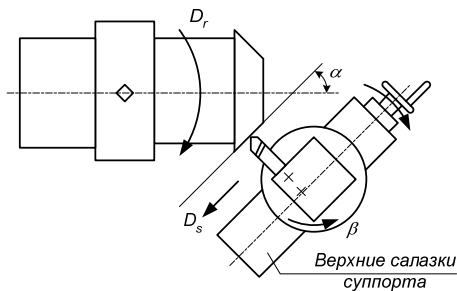


Рис. 3.4. Схема точения наружной конической поверхности с поворотом верхних салазок суппорта на требуемый угол

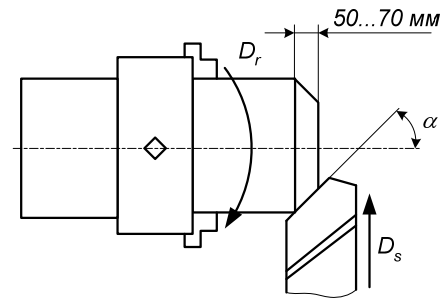


Рис. 3.5. Схема точения образующей конуса широким резцом

Фасонные поверхности деталей тел вращения можно обрабатывать двумя методами:

- точением фасонными резцами (рис. 3.6);
- точением резцами, направленными по копиру (рис. 3.7).

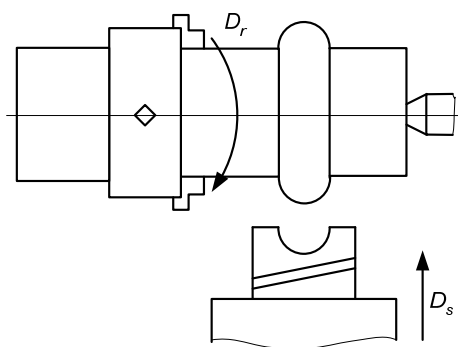


Рис. 3.6. Схема точения поверхности фасонным резцом

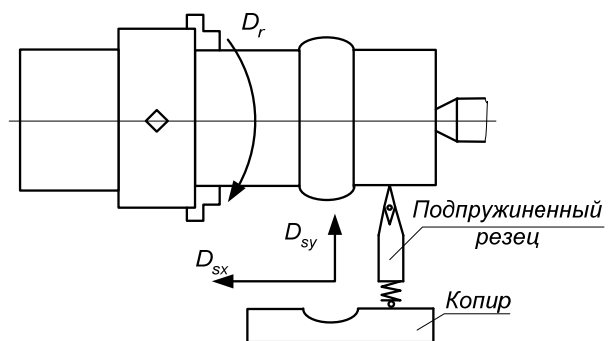


Рис. 3.7. Схема точения фасонной поверхности подпружиненным резцом, направленным по копиру

4. ТЕХНОЛОГИЯ ЧИСТОВОЙ ОТДЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

Наибольшее распространение получили следующие виды чистовой отделочной обработки:

- тонкое алмазное точение;
- шлифование наружных цилиндрических поверхностей в центрах;
- бесцентровое шлифование;
- притирка;
- хонингование абразивными брусками;
- механическая доводка абразивными колеблющимися брусками – суперфиниш;
- полирование;
- электрополирование и виброполирование;
- жидкостно-абразивная и дробеструйная обработка;
- отделочная обработка давлением (обкатка).

4.1. Тонкое алмазное точение

Тонкое алмазное точение чаще всего используется при обработке деталей из цветных сплавов (бронзы, латуни, алюминиевых и магниевых сплавов), а также чугуна и некоторых марок специальных сталей.

Необходимость этого метода обработки вызвана невозможностью эффективного шлифования из-за быстрого засаливания шлифовального круга. Частота вращения шпинделя $n_{ш} = 2000 - 8000$ об/мин (мин^{-1}).

В качестве инструмента используются алмазные резцы или резцы с пластинками из твердого сплава. При точении бронзы скорость резания составляет $V_б = 200 - 300$ м/мин. Для алюминия $V_а = 1000$ м/мин. Скорость резания можно определить по формуле, м/с,

$$V = \pi \cdot d \cdot n,$$

где d – диаметр резания, м;

n – частота вращения обрабатываемой детали, об/с (с^{-1}).

Подача инструмента составляет $S = 0,03 - 0,1$ мм/об при глубине резания $t = 0,05 - 0,15$ мм. На рис. 4.1 показана схема алмазного точения вала.

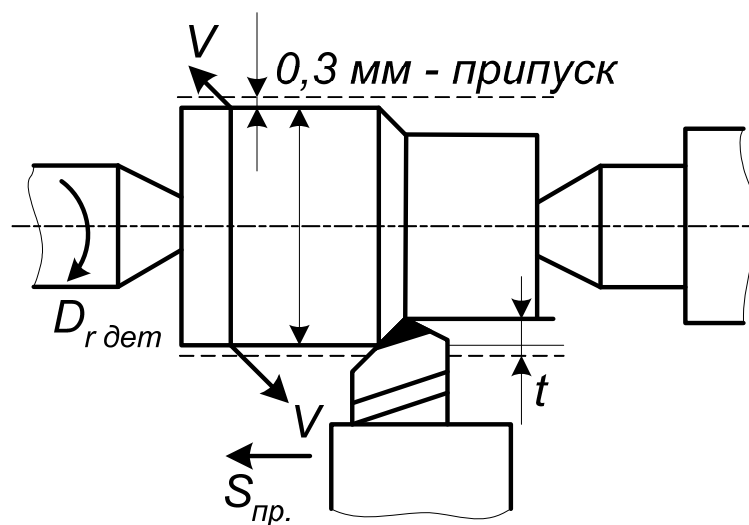


Рис. 4.1. Схема алмазного точения

Качество алмазного точения при оптимальных режимах соответствует 6-му качеству при параметре шероховатости $R_a = 0,32 - 0,16$ мкм.

4.2. Шлифование наружных цилиндрических поверхностей

Шлифование – основной метод чистовой отделки наружных поверхностей тел вращения. Величина припуска под шлифовку обычно не превышает 0,3 мм.

Виды шлифования:

- предварительное (обдирочное);
- точное.

При точном шлифовании обеспечивается 6-й класс точности и $R_a = 0,32 - 1,25$ мкм. Точное тонкое шлифование обеспечивает 5-й класс точности и $R_a = 0,08 - 0,16$ мкм.

Для тонкого шлифования необходимы мягкий мелкозернистый круг, большая скорость резания (40 м/с), малая частота вращения детали (до 10 об/мин), малая глубина резания ($t = 0,005$ мм), а также усиленное охлаждение обрабатываемой детали, например сульфозфрезолом. Иногда применяют дополнительные проходы без поперечной подачи (выхаживание) до прекращения появления искр.

Возможны два вида шлифования с продольной подачей:

- с перемещением заготовки (рис. 4.2);
- с перемещением инструмента (рис. 4.3).

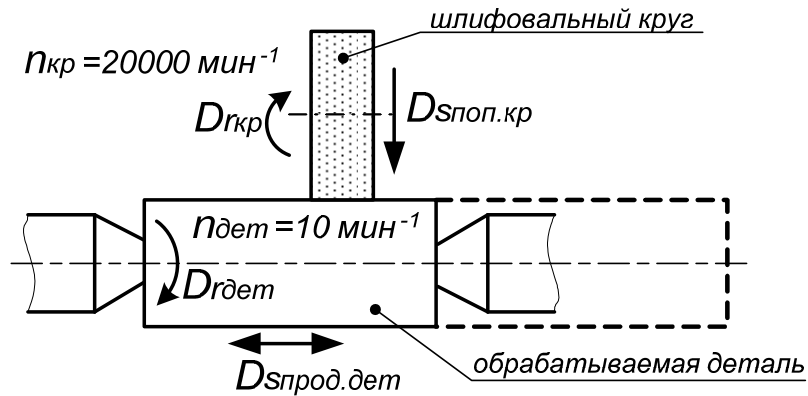


Рис. 4.2. Шлифование с перемещением заготовки

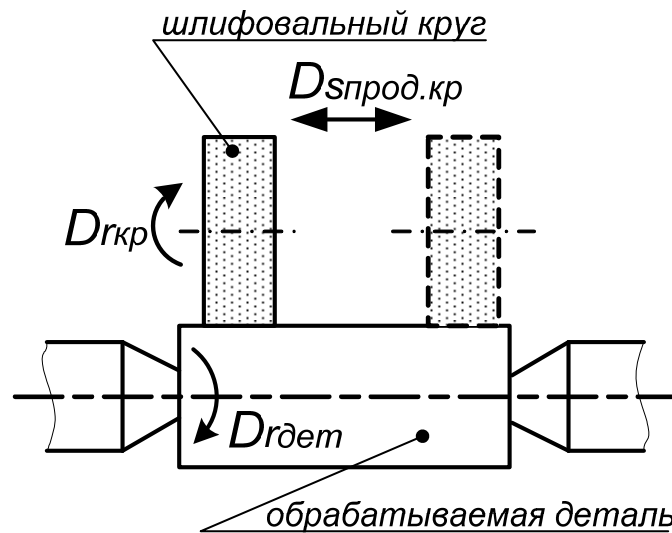


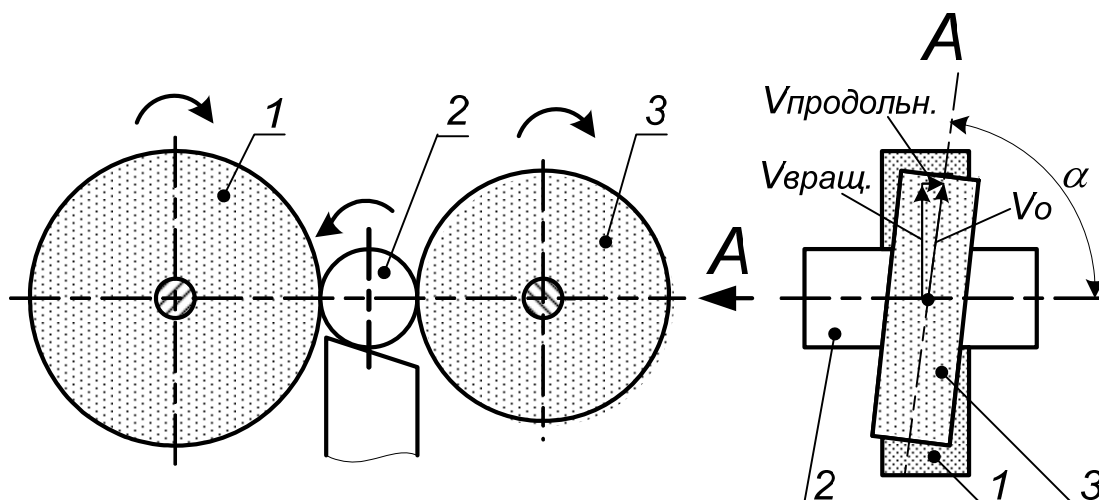
Рис. 4.3. Шлифование с перемещением инструмента

4.3. Бесцентровое шлифование

При бесцентровом шлифовании (рис. 4.4) деталь не закрепляется в центрах, как на круглошлифовальных станках, а перемещается без всякого крепления между двумя шлифовальными кругами.

Режимы резания при данном методе отличаются сравнительно большими глубинами резания (до 0,4 мм и выше в зависимости от диаметра детали) при малом количестве проходов. Ширина рабочего круга может достигать 800 мм (путем набора из отдельных кругов).

Шлифование таким кругом за один проход обеспечивает 7 – 8-й квалитеты точности при $R_a = 0,16 – 0,32$ мкм.



*Рис. 4.4. Применение метода бесцентрового шлифования:
1 – шлифующий рабочий круг; 2 – обрабатываемая деталь;
3 – ведущий (подающий) круг вращает деталь
и сообщает ей продольное перемещение*

4.4. Хонингование, или механическая доводка абразивными брусками

Высокая точность и удовлетворительная шероховатость наружных поверхностей детали достигается шлифованием. Для повышения качества по шероховатости обрабатываемых поверхностей и для придания специальной формы микронеровностям предусматривают операцию хонингования (рис. 4.5). Например, хонингованию подвергаются гильзы цилиндров ДВС и валы, совершающие возвратно-поступательные движения.

Обрабатываемая деталь охватывается двумя полуподшипниками при помощи шарнирных рычагов, и после этого ей сообщается одновременно вращательное и прямолинейное возвратно-поступательное движение.

Процесс хонингования длится 2 – 3 мин. После этого станок автоматически отключается и деталь освобождается. Доводка осуществляется с подачей на место обработки керосина. В процессе производства происходит нагрев детали до $t = 50 – 150$ °С. В результате хонингования поверхность получается сетчатой. Причина – наличие в технологическом процессе только двух движений.

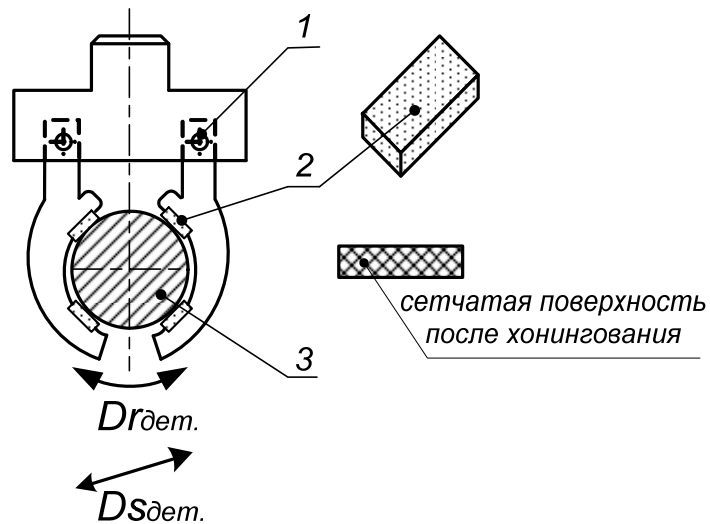


Рис. 4.5. Схема операции хонингования:
 1 – шарнирные рычаги; 2 – абразивные инструменты (хонеры); 3 – обрабатываемая деталь

4.5. Суперфиниширование

Внешне процесс суперфиниширования, или механической доводки абразивными колеблющимися брусками, похож на хонингование, так как в качестве обрабатывающего инструмента используются абразивные бруски.

В отличие от хонингования процесс суперфиниширования складывается из трех и более движений. Наряду с вращательным и продольным имеет место колебательное движение, являющееся главным рабочим движением (рис. 4.6).

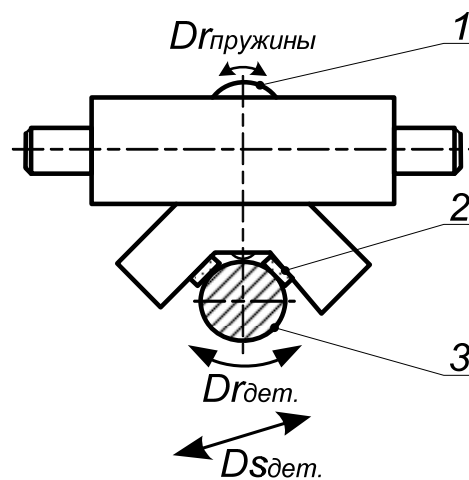


Рис. 4.6. Схема применения метода суперфиниширования: 1 – пружина; 2 – абразивные бруски (хонеры); 3 – обрабатываемая деталь

4.6. Притирка (доводка)

В машиностроении *притирка* применяется при изготовлении деталей газо- и гидрораспределительных устройств. Точность обработки достигает 5-го качества, а шероховатость поверхности $R_z = 0,05 - 0,63$ мкм.

Данный вид обработки осуществляется инструментом, который называется *притиром*. Притир изготавливают обычно из чугуна или бронзы, и на его поверхность наносят суспензию из абразивного микрораспределителя с величиной зерна от 3 до 22 мкм, смешанного с машинным маслом. Обработка детали практически не нагревается, поэтому структура поверхностного слоя получается высококачественной. Для предварительной притирки подбирают притиры из мягких материалов (красная медь, свинец), хорошо удерживающих крупные абразивные зерна от 80 до 120 мкм. Окончательную притирку осуществляют из перлитного чугуна.

Твердосплавные детали обрабатывают с помощью пылевидного карбида бора BC_3 . Алмазная пыль – самый хороший материал для притирки как по точности, так и по режущим свойствам, однако стоимость ее достаточно высокая.

Чтобы абразивный порошок прилипал к притиру, для улучшения процесса притирки используют различные смазывающие материалы. Для обработки стали и чугуна в качестве смазочного материала применяют смесь машинного масла с керосином, а для обработки легких сплавов – деревянное масло (оливковое).

В настоящее время для доводочных работ используются пасты ГОИ (государственный оптический институт). В состав этих паст входят окись хрома, жиры, олеиновая или стеариновая кислоты.

Пасты ГОИ могут быть:

- грубые – 40 мкм;
- средние – 16 мкм;
- тонкие – 7 мкм.

Параметр шероховатости обрабатываемой поверхности после притирки составляет $R_z = 0,05 - 0,32$ мкм, а точность достигает 5-го качества. Припуск на притирку – от 0,005 до 0,015 мм.

4.7. Полирование деталей

Полирование применяется как отделочная операция для уменьшения шероховатости поверхности. Хорошо отполированная поверхность более устойчива к коррозии. Поэтому полируют чаще всего детали, подвергающиеся воздействию атмосферы, например, детали велосипедов, бытовых и промышленных приборов.

Полирование производят с помощью кругов, изготовленных из войлока, фетра, парусины, кожи. На круги наносят слой абразивного порошка или пасты. В последнее время получили распространение полировальные круги с карандашным графитом в виде наполнителя.

5. ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ВНУТРЕННИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ (ОТВЕРСТИЙ)

Основные способы обработки отверстий:

- сверление;
- зенкерование;
- развертывание;
- растачивание;
- протягивание;
- прошивание;
- шлифование;
- доводка.

Необходимая точность при получении точных отверстий достигается труднее, чем для наружных поверхностей тел вращения из-за меньшей жесткости инструмента для обработки отверстий. Высокую точность обработки отверстий получают увеличенным числом проходов, при этом характерны большие затраты станочного времени и средств на инструмент.

5.1. Сверление и зенкерование отверстий

Сверление отверстий может осуществляться по трем схемам:

- сверло имеет вращательное движение и подачу вдоль оси. Обрабатываемую деталь неподвижно устанавливают на столе станка (рис. 5.1);
- обрабатываемую деталь размещают в патроне или цанге станка (рис. 5.2);

- обрабатываемая деталь вращается в противоположном направлении относительно вращения сверла (рис. 5.3).

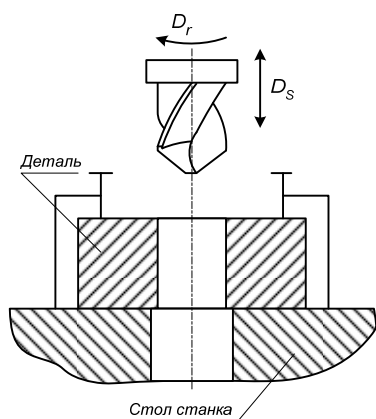


Рис. 5.1. Первая схема операции сверления: обрабатываемая деталь неподвижна; сверло вращается

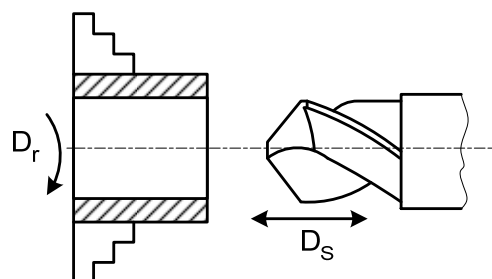


Рис. 5.2. Вторая схема операции сверления: обрабатываемая деталь вращается; сверло имеет осевую подачу

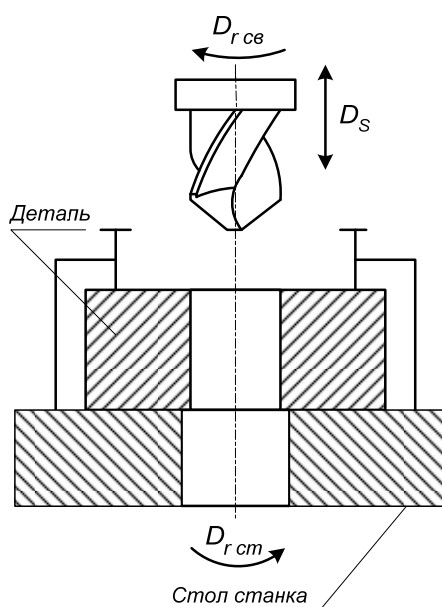


Рис. 5.3. Третья схема операции сверления: обрабатываемая деталь и сверло вращаются в противоположных направлениях

Третий способ позволяет достичь наивысшей точности сверления и способствует меньшему уводу сверла относительно геометрической оси.

Сверление обеспечивает 11 – 12-й квалитеты точности обработки поверхности; параметр шероховатости $R_z = 40 – 80$ мкм, диаметр сверл $d_{св} = 0,25 – 80$ мм. В сплошном материале применяют сверла диаметром не более 30 – 35 мм.

Операция **зенкерования** аналогична рассверливанию и обычно используется для увеличения диаметра ранее рассверленного отверстия. Зенкерование обеспечивает более чистую поверхность и наиболее производительно по сравнению с растачиванием. Режущим инструментом являются зенкеры с двумя, тремя и большим количеством режущих кромок. Схема зенкерования отверстия изображена на рис. 5.4.

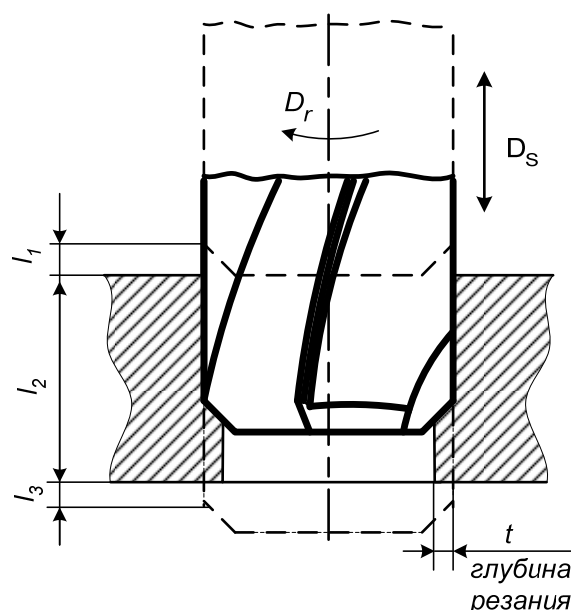


Рис. 5.4. Схема зенкерования отверстия

Основное время при зенкерании и развертывании определяют по формуле:

$$t_{\text{осн}} = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{n_{\text{зенк}} \cdot S_{\text{ос}}},$$

где $t_{\text{осн}}$ – основное время, мин;

l_1 – путь врезания, мин;

l_2 – путь резания;

l_3 – перебег инструмента (обычно $l_3 = 1 – 3$ мм);

$n_{\text{зенк}}$ – частота вращения зенкера, об/мин;

$S_{\text{ос}}$ – скорость осевой подачи зенкера, мм/об.

Штучное время (время обработки одной детали), мин:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{осн}} + t_{\text{всп}},$$

где $t_{\text{шт}}$, $t_{\text{осн}}$, $t_{\text{всп}}$ – штучное, основное и вспомогательное время соответственно.

5.2. Растачивание и развертывание отверстий

Растачивание применяется в качестве черновой или окончательной обработки отверстий $d_{\text{отв}} \geq 35$ мм. Осуществляют растачивание на горизонтально-расточных, вертикально-расточных, координатно-расточных станках. Параметр шероховатости поверхности после обработки $R_a = 1,25 - 2,5$ мкм.

Развертывание как окончательная операция механической обработки отверстий дает 6 – 7-й квалитеты точности и осуществляется инструментом – разверткой (рис. 5.5).

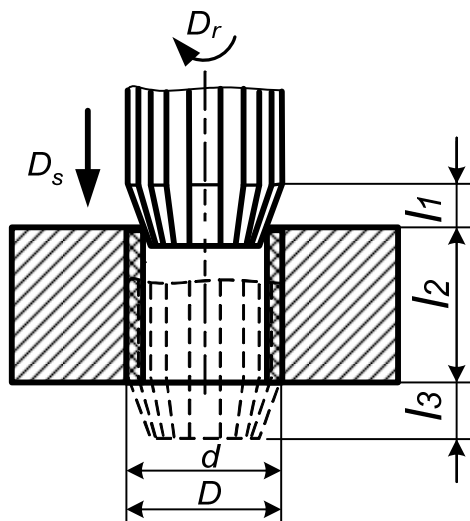
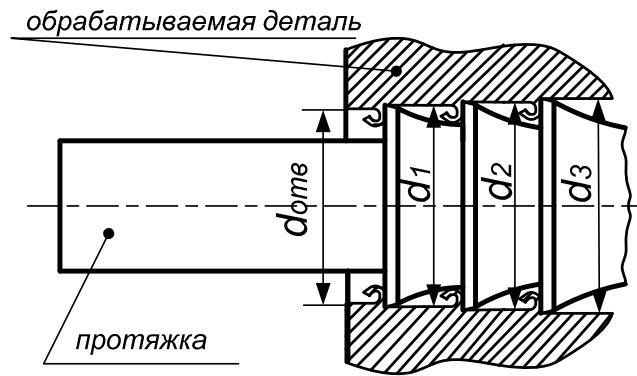


Рис. 5.5. Схема операции
развертывания отверстия

5.3. Протягивание и прошивание отверстий

Протягивание осуществляют на протяжном станке при помощи протаскивания через отверстие режущего инструмента – протяжки (рис. 5.6). Формы отверстий при протягивании показаны на рис. 5.7.



$$D_{\text{отв}} < d_1 < d_2 < d_3 < \dots < d_i$$

Рис. 5.6. Схема операции протягивания отверстия

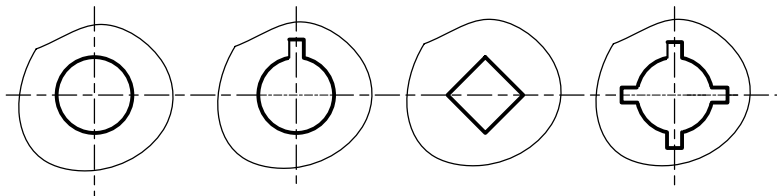


Рис. 5.7. Формы отверстий при протягивании

5.4. Шлифование отверстий

Шлифование проводится на универсальных круглошлифовальных станках. Обработку отверстий осуществляют по 5 – 6-му качествам точности. Операция относится к числу дорогостоящих. Диаметр шлифовального круга назначается в пределах $D_{\text{кр}} = (0,7 - 0,9) D_{\text{отв}}$.

Применяется шлифование с вращением детали, планетарное и бесцентровое. На рис. 5.8 изображена схема внутреннего шлифования.

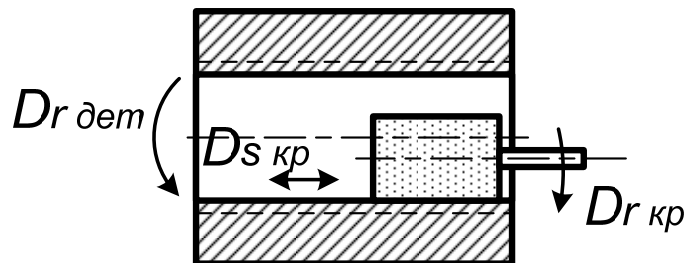


Рис. 5.8. Схема внутреннего шлифования

При бесцентровом шлифовании точность обработки до 8 мкм. Отклонение формы меньше, чем при внутреннем шлифовании. Область применения – крупносерийное производство.

Схема бесцентрового внутреннего шлифования представлена на рис. 5.9.

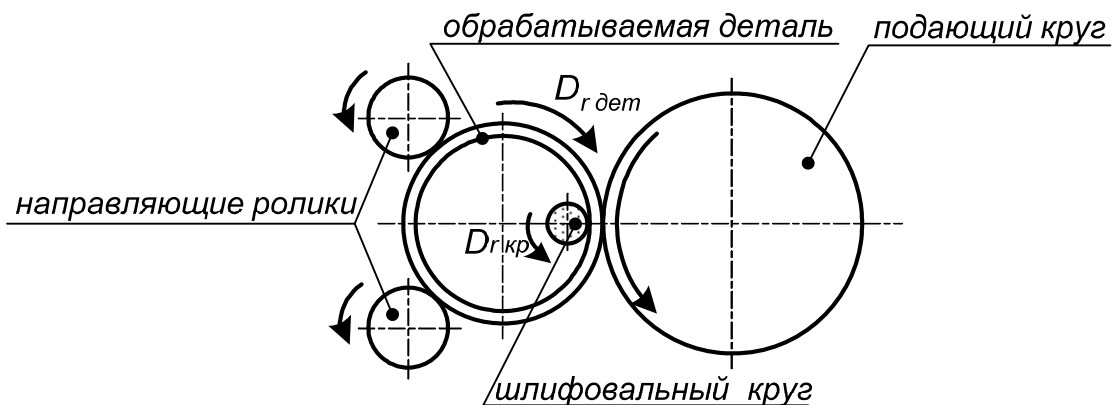


Рис. 5.9. Схема бесцентрового внутреннего шлифования

6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

Производственный процесс – процесс превращения сырья (предмета природы) в полезное для человека изделие.

Под производственным процессом понимается совокупность всех этапов, которые проходит исходный продукт по пути превращения в готовую машину (получение заготовок, механическая, термическая и химико-термическая обработки, контроль, транспортировка, хранение, сборка и т. д.). Производственный процесс – часть общего производственного процесса.

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

Технологическая операция – законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте.

Переход – законченная часть операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных режимах и установке заготовки.

Технологические процессы по уровню обобщения делятся на два вида: единичный и типовой.

Единый технологический процесс применим только для изготовления одного конкретного изделия; процесс для изготовления или ремонта изделия (детали) одного наименования, типоразмера и исполнения. К преимуществам единого технологического процесса относятся возможность учета всех особенностей данного изделия и конкретных производственных условий и многовариантность принимаемых решений, основным недостатком можно назвать большие затраты времени и труда.

Типовой технологический процесс применяется для изготовления группы схожих изделий. Он характеризуется единством содержания и последовательности большинства технологических операций для группы изделий (деталей) с общими конструктивными признаками. В основе типовой технологии лежит классификация изделий на классы – подклассы – группы – подгруппы – типы. Из группы конструктивно подобных изделий (деталей) выбирается типовой представитель, обладающий наибольшей совокупностью свойств изделий (деталей).

Рекомендуемая последовательность разработки маршрута механической обработки детали:

1. Определить назначение детали, установить соответствие технических требований и норм точности назначению детали.
2. Выявить число деталей, подлежащих изготовлению в единицу времени, тип и форму организации производственного процесса изготовления деталей.
3. Выбрать материал, форму и метод получения заготовки.
4. Выбрать методы обработки поверхностей заготовки и установить число переходов по обработке каждой поверхности, исходя из требований к качеству детали.
5. Указать последовательность обработки поверхностей заготовки.
6. Рассчитать припуски и установить межпереходные размеры и допуски на отклонения всех показателей точности детали.
7. Выполнить чертеж заготовки.

Задачей проектирования технологического процесса механической обработки детали можно назвать выбор методов, средств и последовательности обработки поверхностей детали, которые позволят

превратить заготовку в деталь с наименьшими затратами и обеспечением требуемого качества по всем показателям.

Определение необходимого набора методов обработки каждой поверхности детали является многовариантной задачей и предшествует этапу проектирования маршрута изготовления детали. Выбор методов обработки и количества переходов зависит от следующих факторов:

- качества готовой детали;
- качества заготовки;
- количества деталей, подлежащих изготовлению в единицу времени;
- технико-экономических показателей, характеризующих каждый метод обработки.

Рекомендуемая последовательность при выборе методов обработки и проектировании маршрута механической обработки детали:

1. Анализ служебного назначения поверхностей детали; выявление основных и вспомогательных базирующих и свободных поверхностей.

2. Изучение технических требований к поверхностям детали: точность размера и относительного расположения поверхностей, макрогеометрия, микрогеометрия (шероховатость); требуемое состояние поверхностного слоя детали, твердость и др.

3. Выбор по таблицам экономической (статистической) точности по каждой поверхности метода обработки, который обеспечит требуемую точность детали по чертежу (окончательный метод обработки).

4. Назначение по каждой поверхности набора методов обработки, который при реализации позволит получить из заготовки готовую деталь. Методы обработки выбирают **в направлении от детали к заготовке**.

5. Выявление одноименных методов обработки по различным поверхностям деталей.

6. Группировка одноименных методов обработки с учетом стадий (этапов) обработки (черновой, чистовой, окончательной, отделочной).

7. Формирование маршрута механической обработки детали (рис. 6.1).

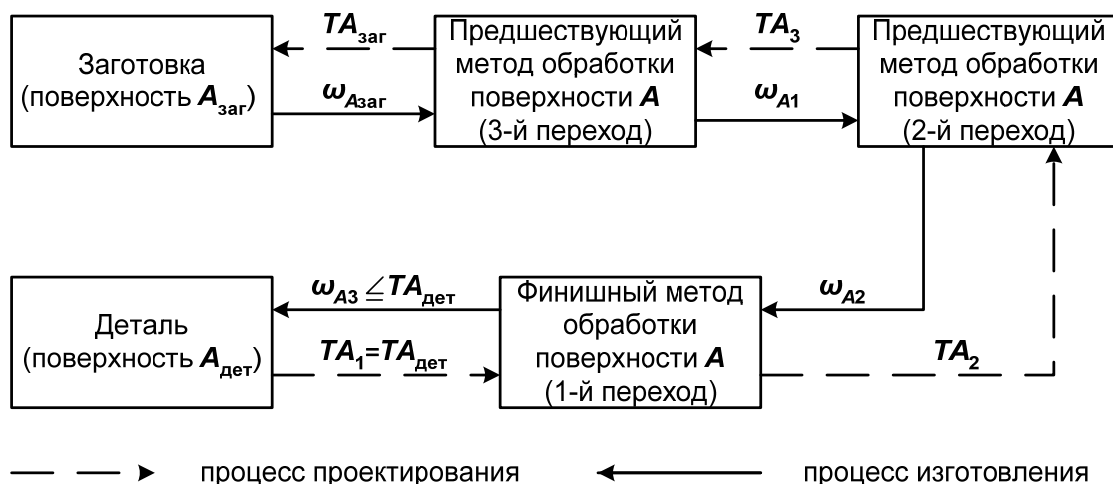


Рис. 6.1. Схема определения необходимого числа переходов (методов обработки) по обработке поверхности A детали: A – обозначение поверхности; $TA_{\text{заг}}$, TA_3 , TA_2 , TA_1 , $TA_{\text{дет}}$ – допуски на поверхность заготовки ($A_{\text{заг}}$) после выполнения третьего, второго, первого переходов, допуск на поверхность A детали соответственно; $\omega_{A_{\text{заг}}}$, ω_{A_1} , ω_{A_2} , ω_{A_3} – поля рассеяния погрешностей соответственно заготовки, после первой, второй, третьей технологической операции

Проектирование технологического процесса механической обработки фланца (единичное производство)

Рассмотрим этапы проектирования технологического процесса механической обработки детали тела вращения на примере фланца (рис. 6.2).

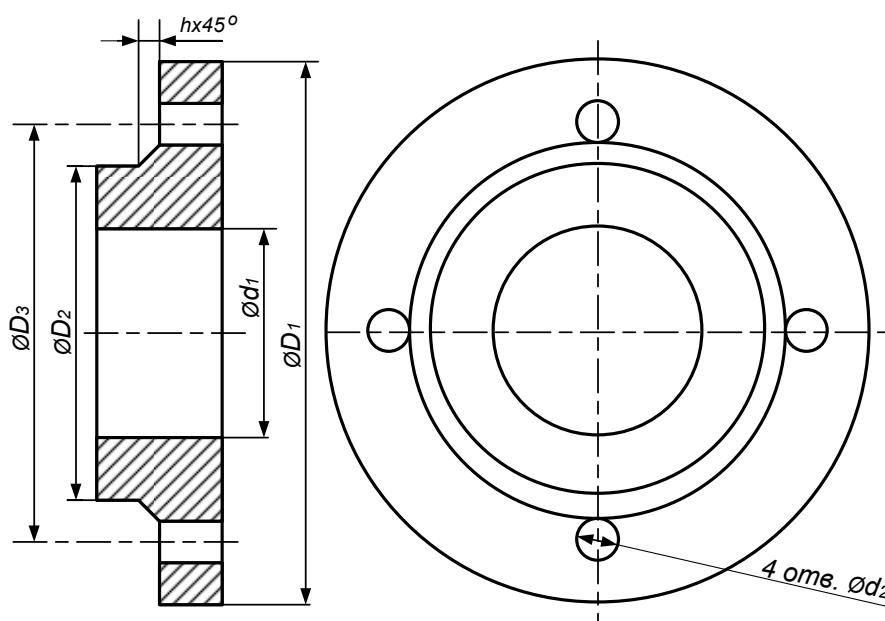


Рис. 6.2. Фланец

На эскизе фланца (рис. 6.3, а) обозначим поверхности, подлежащие механической обработке с требуемой точностью (табл. 6.1).

В качестве заготовки в целях экономии материала выбираем отливку. На эскизе заготовки (рис. 6.3, б) обозначены поверхности, подлежащие механической обработке. Точность размеров и шероховатость поверхностей заготовки приведены в табл. 6.2.

Таблица 6.1

Точность размеров и шероховатость поверхностей детали

A		B		C		E	
ΦD_1 , мм	Ra_A , мкм	ΦD_2 , мм	Ra_B , мкм	Φd_1 , мм	Ra_C , мкм	Φd_2 , мм	Ra_E , мкм
90 h11	3,2	70 h12	6,3	50 h9	1,6	5,5 h8	0,4

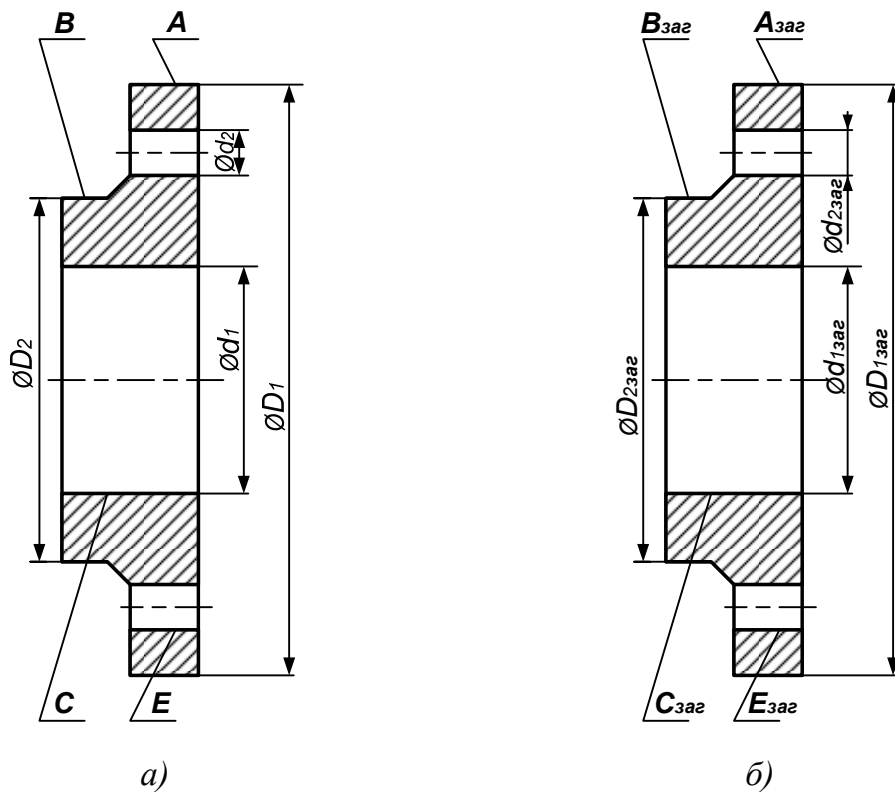


Рис. 6.3. Эскизы фланца (а) и заготовки (б)

Таблица 6.2

Точность размеров и шероховатость поверхностей заготовки

$A_{заг}$		$B_{заг}$		$C_{заг}$		$E_{заг}$	
$\Phi D_{1заг}$, мм	$Ra_{Aзаг}$, мкм	$\Phi D_{2заг}$, мм	$Ra_{Bзаг}$, мкм	$\Phi d_{1заг}$, мм	$Ra_{Cзаг}$, мкм	$\Phi d_{2заг}$, мм	$Ra_{Eзаг}$, мкм
95 h14	12,5	75 h14	12,5	46 h14	12,5	3,5 h14	12,5

Решение:

1. Наружная цилиндрическая поверхность детали $A \text{ } \varnothing 90\text{h}11$, шероховатость $Ra = 3,2$ мкм. Соответствующая поверхность заготовки $A_{\text{заг}} \text{ } \varnothing 95\text{h}14$, шероховатость $Ra = 12,5$ мкм.

Определяем по табл. Г.1 прил. Г допуск на размер детали

$TA_{\text{дет}} = 220$ мкм, допуск на размер заготовки $TA_{\text{заг}} = 870$ мкм.

Определим величину общего расчетного уточнения

$$\xi = \frac{TA_{\text{заг}}}{TA_{\text{дет}}} = \frac{870}{220} = 3,95.$$

В соответствии с требованиями к поверхности A детали (11-й квалитет точности, шероховатость $Ra = 3,2$ мкм) в качестве финишного метода обработки по табл. Г.2 прил. Г выбираем чистовое обтачивание (коэффициент уточнения ξ_1), которое обеспечит допуск 220 мкм. В качестве предыдущего метода обработки выбираем черновое обтачивание (коэффициент уточнения ξ_2), которое обеспечит допуск 350 мкм, соответствующий 12-му квалитету точности.

$$\xi_1 = \frac{TA_1}{TA_{\text{дет}}} = \frac{350}{220} = 1,6,$$

$$\xi_2 = \frac{TA_{\text{заг}}}{TA_1} = \frac{870}{350} = 2,5.$$

Найдем общее уточнение, получаемое при обработке указанными методами:

$$\xi' = \xi_1 \cdot \xi_2 = 1,6 \cdot 2,5 = 4,0.$$

Условие $\xi' \geq \xi$ выполняется. Таким образом, набор методов для обработки поверхности A по направлению от заготовки к детали будет следующий: черновое обтачивание, чистовое обтачивание.

2. Наружная цилиндрическая поверхность детали $B \text{ } \varnothing 75\text{h}12$, шероховатость $Ra = 6,3$ мкм. Соответствующая поверхность заготовки $B_{\text{заг}} \text{ } \varnothing 80 \text{ h}14$, шероховатость $Ra = 12,5$.

Определяем по табл. Г.1 прил. Г допуск на размер детали

$TB_{\text{дет}} = 300$ мкм, допуск на размер заготовки $TB_{\text{заг}} = 740$ мкм.

Определим величину общего расчетного уточнения

$$\xi = \frac{TB_{\text{заг}}}{TB_{\text{дет}}} = \frac{740}{300} = 2,46.$$

В соответствии с требованиями к поверхности B детали (11-й квалитет точности, шероховатость $Ra = 6,3$ мкм) в качестве метода

обработки по табл. Г.2 прил. Г выбираем черновое обтачивание, которое обеспечит допуск 300 мкм.

3. Внутренняя цилиндрическая поверхность *C*. Согласно табл. Г.1 прил. Г допуск на размер заготовки ($\varnothing 46h14$)

$$TC_{\text{заг}} = 620 \text{ мкм,}$$

готовой детали ($\varnothing 50h9$)

$$TC_{\text{дет}} = 62 \text{ мкм.}$$

Тогда общее расчетное уточнение

$$\xi = \frac{TC_{\text{заг}}}{TC_{\text{дет}}} = \frac{620}{62} = 10.$$

В соответствии с требованиями к поверхности *C* детали (9-й квалитет точности, шероховатость $Ra = 1,6$ мкм) в качестве финишного метода обработки выбираем по табл. Г.3 прил. Г рассверливание (коэффициент уточнения ξ_1), которое обеспечит допуск 62 мкм.

В качестве следующего (по направлению от детали к заготовке) метода обработки выбираем сверление (коэффициент уточнения ξ_2), которое обеспечит допуск 250 мкм, соответствующий 12-му квалитету точности (см. табл. Г.3 прил. Г). Таким образом, коэффициент уточнения финишной операции составит

$$\xi_1 = \frac{250}{62} = 4,$$

а сверления

$$\xi_2 = \frac{620}{250} = 2,5.$$

$$\text{Проверка: } \xi' = \xi_1 \cdot \xi_2 = 4 \cdot 2,5 = 10.$$

Так как $\xi' \geq \xi$, для обработки поверхности *B* принимаем следующие методы обработки: сверление, рассверливание.

4. Внутренняя цилиндрическая поверхность *E*. Согласно табл. Г.1 прил. Г. допуск на размер заготовки ($\varnothing 3,5h14$)

$$TE_{\text{заг}} = 300 \text{ мкм,}$$

готовой детали ($\varnothing 5,5h8$)

$$TE_{\text{дет}} = 18 \text{ мкм.}$$

Общее расчетное уточнение

$$\xi = \frac{TE_{\text{заг}}}{TE_{\text{дет}}} = \frac{300}{18} = 16,7.$$

В качестве финишного метода обработки выбираем (см. табл. Г.3 прил. Г) точное развертывание (коэффициент уточнения ξ_1), которое

обеспечит допуск 18 мкм и 8-й квалитет точности. В качестве предыдущего метода обработки выбираем рассверливание (коэффициент уточнения ξ_2), которое обеспечит допуск 48 мкм, соответствующий 10-му квалитету точности. В качестве черного метода обработки выберем сверление (коэффициент уточнения ξ_3), обеспечивающее допуск 75 мкм, соответствующий 11-му квалитету:

$$\xi_1 = \frac{TE_1}{TE_{\text{дет}}} = \frac{48}{18} = 2,7,$$

$$\xi_2 = \frac{TE_2}{TE_1} = \frac{75}{48} = 1,6,$$

$$\xi_3 = \frac{TE_{\text{заг}}}{TE_2} = \frac{300}{75} = 4.$$

Проверка: $\xi' = \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \xi_3 = 2,7 \cdot 1,6 \cdot 4 = 17.$

Так как $\xi' \geq \xi$, для обработки поверхности E принимаем следующие методы обработки: сверление, рассверливание, точное развертывание.

7. ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа по дисциплине «Основы проектирования продукции» представляет собой заключительный этап ее освоения. Курсовая работа бакалавра представляет собой законченную разработку, в которой решается задача по проектированию и оптимизации технологий и оборудования для обеспечения качества и сертификации продукции.

Выполнение, оформление и защита курсовой работы входят в состав оценочных средств дисциплины «Основы проектирования продукции» в соответствии с требованиями основной профессиональной образовательной программы высшего образования направления подготовки 27.03.01.

Цели выполнения, оформления и защиты курсовой работы:

– систематизация, закрепление, расширение и обобщение теоретических знаний и практических умений по направлению подготовки, их применение при решении профессиональных задач;

- формирование навыков самостоятельной проектно-конструкторской деятельности;
- приобретение опыта представления и публичной защиты результатов своей деятельности;
- оценка уровня подготовленности студента к профессиональной деятельности, степени формирования компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

7.1. Задание на курсовую работу

В начале семестра каждому студенту выдается индивидуальное задание на курсовую работу (КР). Оно включает тему, перечень вопросов, которые требуется разработать в курсовой работе, эскиз детали с указанием размеров, требуемой точности обработки поверхностей, твердости материала, а также календарный план выполнения работы.

Тема курсовой работы: «Проектирование маршрута механической обработки деталей тел вращения».

Основные направления задания:

1. Назначение и свойства детали.
2. Выбор материала с учетом заданной твердости поверхности.
3. Выбор заготовки с учетом типа производства.
4. Проектирование маршрута механической обработки детали.
5. Выполнение чертежа детали (вычертить).

7.2. Содержание курсовой работы

Объем курсовой работы без учета приложений должен составлять примерно 20 страниц печатного текста, включая иллюстрационный материал (рисунки, графики).

Курсовая работа по дисциплине «Основы проектирования продукции» должна содержать ряд структурных элементов, следующих в определенном порядке:

- титульный лист (прил. А);
- задание на курсовую работу – один лист формата А4 (прил. Б);
- календарный план выполнения работы (прил. В);
- пояснительная записка;
- содержание;

- введение (задачи проектирования продукции);
- основная часть (четыре раздела и чертеж детали в соответствии с заданием на КР);
- заключение (краткое описание того, что сделано в работе);
- список использованных источников;
- приложения (при необходимости).

7.3. Оформление курсовой работы

Курсовая работа оформляется на листах формата А4 с рамками и малым штампом. На всех страницах курсовой работы, кроме титульного листа, задания на КР и календарного плана, должны быть выполнены рамки и основная надпись в соответствии с требованиями ГОСТ 2.104.2006 «Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Основные надписи».

На листе «СОДЕРЖАНИЕ» и чертежах выполняется рамка с большой основной надписью (рис. 7.1), на листах с текстом курсовой работы – рамки с малой основной надписью (рис. 7.2).

					Поле 8			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.	Поле 1				Поле 7	Лит.	Лист	Листов
Пров.	Поле 2		Поле 5	Поле 6		У	Поле 9	Поле 10
Н. контр.	Поле 3				Поле 11			
Утв.	Поле 4							

Рис. 7.1. Основная надпись листа «СОДЕРЖАНИЕ»

					Поле 8		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			Поле 9

Рис. 7.2. Основная надпись листов с текстом КР

Обозначения в основной надписи должны быть нанесены шрифтом без засечек (*Arial*, *Calibri* и т. д.), установленным ГОСТ 2.304-81 «Единая система конструкторской документации. Шрифты чертежные». При заполнении основной надписи допускается уменьшение шрифта до 8 пт.

Слово «СОДЕРЖАНИЕ» записывают в виде заголовка (с выравниванием по центру прописными (заглавными) буквами. Содержание включает наименования всех структурных частей КР, а также приложений с указанием номеров страниц, с которых начинаются эти элементы курсовой работы.

Поля рамки на листе «СОДЕРЖАНИЕ» и на листах с КР заполняют следующим образом. В поле 1 указывают фамилию обучающегося, в поле 2 – руководителя КР, в поле 3 – ответственного за нормоконтроль (зав. кафедрой), в поле 4 – заведующего кафедрой. В графе «Подп.» ставят подпись напротив фамилии (в поле 5) и дату (в поле 6). В поле 7 указывают тему КР, в поле 11 – шифр группы учащегося. В поле 9 проставляется текущая страница КР, в поле 10 – общее число страниц КР без приложений.

В поле 8 указывают буквенно-цифровое обозначение КР, включающее:

- четырехзначный буквенный код организации-разработчика (ВлГУ);

- шестизначный код направления (27.03.01);

- наименование учебной группы (СМ-115);

- двухзначный порядковый номер студента в группе;

- однозначный код вида работ для КР бакалавра (5);

- порядковый регистрационный номер, который присваивается всем документам, входящим в состав выполняемой работы: текстовым – пояснительной записке, графическим – чертежам и схемам, а также иллюстративным листам. Пояснительной записке присваивают нулевой регистрационный номер, т. е. запись имеет вид «00». Далее по порядку, начиная с регистрационного номера «01», нумеруют все документы графического материала, а затем все листы иллюстративного материала;

- код (шифр) документа: пояснительная записка имеет код «ПЗ»; сборочный чертеж – «СБ»; чертеж общего вида – «ВО»; теоретический чертеж – «ГЧ»; габаритный чертеж – «ГЧ»; иллюстративный графический материал – листы имеют код «ДИ». На указанных листах, как правило, представляются графики, таблицы, диаграммы, рисунки, дизайнерские решения и другие иллюстративные и справочные материалы, которые необходимы для пояснения и более полного и наглядного представления разработанной темы.

Пример оформления кода (шифра) пояснительной записки КР бакалавра по направлению 21.03.01 «Стандартизация и метрология»: ВЛГУ.27.03.01.СМ-115.02.5.00.ПЗ.

7.4. Запись заголовков и основного текста

Текст КР следует разделять на разделы, подразделы и пункты, которые должны иметь заголовки. Заголовки структурных элементов КР: «АННОТАЦИЯ», «СОДЕРЖАНИЕ», «ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ», «ВВЕДЕНИЕ», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ», «ПРИЛОЖЕНИЕ» следует располагать в середине строки без точки в конце и печатать прописными (заглавными) буквами без подчеркивания.

Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов и подразделов. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Разделы основной части пояснительной записки КР должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацного отступа, а подразделы – нумерацию в пределах каждого раздела. В конце номера подраздела точка не ставится.

Пример нумерации пунктов в пределах подраздела:

- 1 Анализ объекта исследований
 - 1.1 Производственная деятельность и организационная структура предприятия
 - 1.2 Производимая продукция
 - 1.3 Основной технологический процесс

Если раздел или подраздел состоит из одного пункта, нумеровать его не следует.

Каждый раздел КР следует начинать с нового листа (страницы). Расстояние между заголовками раздела и подраздела 1,5 – 2 см, между заголовком раздела (подраздела) и текстом 2 – 2,5 см. Расстояние от рамки формы до границ текста в начале и в конце строк не менее 3 мм.

Оформление заголовков раздела (1-го уровня):

- междустрочный интервал – 1,5;
- шрифт *Times New Roman*;
- написание – прописные (заглавные) буквы;

- полужирный шрифт не применяется;
- размер шрифта 14 пт;
- режим выравнивания – по центру;
- отступ в начале абзаца – 15 – 17 мм.

Оформление заголовков подраздела и подпункта (2 и 3-го уровней):

- междустрочный интервал – 1,5;
- шрифт *Times New Roman*;
- написание – первая заглавная, остальные строчные буквы;
- полужирный шрифт не применяется;
- размер шрифта 14 пт;
- режим выравнивания – слева;
- отступ в начале абзаца – 15 – 17 мм.

Оформление основного текста курсовой работы:

- междустрочный интервал – 1,5;
- шрифт *Times New Roman*;
- размер шрифта 14 пт (для основного текста таблиц допускается 12 пт);
- режим выравнивания – по ширине;
- отступ в начале абзаца – 15 – 17 мм;
- полужирный шрифт не применяется.

7.5. Оформление списков

Внутри пунктов или подпунктов раздела могут быть приведены перечисления, которые записываются с абзацного отступа. Перед каждой позицией перечисления следует ставить дефис, а при необходимости ссылки в тексте КР на один из элементов перечисления вместо дефиса ставятся строчные буквы в порядке русского алфавита, начиная с буквы а (за исключением букв ё, з, й, о, ч, ь, ы, ь). Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа.

Примеры списков:

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - сырье и материалы; - оборудование; - приспособления. | <ul style="list-style-type: none"> а) сырье и материалы <ul style="list-style-type: none"> 1) цемент; 2) песок; б) оборудование; в) приспособления. |
|--|---|

7.6. Правила написания формул

Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не умещается в одну строку, то оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (–, умножения (×), деления (:) или других математических знаков, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке, символизирующем операцию умножения, применяют знак «×».

Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснение каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

Формулы, за исключением формул, помещаемых в приложении, нумеруют сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы в крайнем положении справа в круглых скобках. Одну формулу обозначают (1).

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках, например, ... в формуле (1).

Формулы, помещаемые в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения, например формула (В.1).

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например (2.1).

Пример оформления формулы

Плотность каждого образца ρ , кг/м³, вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (2.11)$$

где m – масса тела, кг;

V – объем тела, м³.

7.7. Оформление таблиц

Таблицу следует располагать в КР непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые. При ссылке следует писать слово

«таблица» с указанием ее номера. Таблицу в зависимости от ее размера помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице, а при необходимости в приложении к документу.

Все таблицы должны иметь название и порядковую нумерацию. Их нумеруют арабскими цифрами сквозной нумерацией в пределах всей работы (за исключением таблиц приложений). Номер таблицы следует проставлять в левом верхнем углу над заголовком после слова Таблица без знака №, например, Таблица 1. Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой, например, Таблица 1.1. В приложениях таблицы обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения, например, Таблица В.1, если она приведена в приложении В.

Название таблицы при его наличии должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Наименование таблицы следует помещать над таблицей слева без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире.

Таблицы выравнивают по центру страницы. Выше и ниже каждой таблицы должно быть оставлено не менее одной свободной строки.

В каждой таблице следует указывать единицы измерения показателей и период времени, к которому относятся данные. Если единица измерения в таблице является общей для всех числовых данных, то ее приводят в заголовке таблицы после ее названия.

Заголовки (подзаголовки) граф и строк таблицы следует писать с прописной (заглавной) буквы. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе.

Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не разрешается. Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет пользование таблицей.

Таблицу с большим количеством строк можно переносить на другой лист (страницу), при переносе слово «Таблица», ее номер и наименование указывают один раз слева над первой частью таблицы, а над другими частями также слева пишут слова «Продолжение таблицы» и указывают ее номер (Таблица 1.1). Таблицу с большим коли-

чеством граф допускается делить на части и помещать одну часть под другой в пределах одной страницы. Если строки и графы таблицы выходят за формат страницы, то в первом случае в каждой части таблицы повторяется головка, во втором случае – боковик. При делении таблицы на части допускается ее головку или боковик заменять соответственно номером граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и (или) строки первой части таблицы. Если цифровые или иные данные в какой-либо строке таблицы не приводят, то в ней ставят прочерк.

Пример оформления заголовка таблицы

Таблица 1.1 – Механические свойства материала

7.8. Рекомендации по подготовке рисунков и чертежей

Допускается выполнение чертежей, графиков, диаграмм, схем посредством использования компьютерной печати.

Весь графический материал (схемы, диаграммы, фотографии, чертежи и т. п.), расположенный по тексту работы (не включая приложения), следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается Рисунок 1. Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например, Рисунок 1.1. Графики, схемы, диаграммы располагают в работе непосредственно после текста, имеющего на них ссылку, или на следующей странице. Поясняющие данные помещают под иллюстрацией, а ниже по центру печатают слово «Рисунок», его номер, а через знак «→» и его наименование. Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например, Рисунок А.3 – Деталь.

При ссылках на иллюстрации следует писать «... в соответствии с рисунком 2» при сквозной нумерации и «... в соответствии с рисунком 1.2» при нумерации в пределах раздела.

Выше и ниже каждого рисунка должно быть оставлено не менее одной свободной строки.

При построении графиков и диаграмм следует руководствоваться Р 50-77-88 «Рекомендации. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения диаграмм». При построении графиков и диаграмм по осям координат вводятся соответствующие показатели, буквенные обозначения которых выносятся на концы координатных осей. Для каждой величины должны быть указаны единицы измерения.

Чертежи выполняют в оптимальных масштабах по ГОСТ 2.302-68 «Единая система конструкторской документации. Масштабы».

Надписи на чертежах выполняют стандартным чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304-81 «Единая система конструкторской документации. Шрифты чертежные».

Чертежи, графики, диаграммы, схемы, иллюстрации, помещаемые в КР, должны соответствовать требованиям стандартов ЕСКД и СПДС. Допускается выполнение чертежей, графиков, диаграмм, схем посредством использования компьютерной печати по ГОСТ 2.004-88 «Единая система конструкторской документации. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ».

Чертежи выполняются в рамке с основной надписью (рис. 7.3), где в поле 1 указывают фамилию обучающегося, в поле 2 – руководителя КР, в поле 3 – консультанта, ответственного за нормоконтроль, в поле 4 – заведующего кафедрой. В графе «Подп.» напротив фамилий ставят подпись (поле 5) и дату (поле 6). В поле 7 указывают наименование чертежа и с новой строки вид чертежа (согласно ГОСТ), в поле 8 – буквенно-цифровое обозначение чертежа. В поле 9 проставляют номер чертежа, а в поле 10 – общее количество чертежей, в поле 11 – шифр группы обучающегося.

					Поле 8				
					Поле 7	Арт.		Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		у			1:1
Разраб.	Поле 1								
Пров.	Поле 2	Поле 5	Поле 6						
Т. контр.							Лист Поле 9	Листов Поле 10	
Н. контр.	Поле 3					Поле 11			
Уте.	Поле 4								

Рис. 7.3. Основная надпись чертежей

7.9. Оформление приложений

Материал, дополняющий текст документа, возможно помещать в приложения. Приложениями могут быть графический материал, таблицы большого формата, расчеты, описания аппаратуры и приборов, алгоритмов и программ задач, решаемых ЭВМ и т. д. Приложения располагаются в порядке ссылок на них в тексте документа. На все приложения должны быть ссылки в тексте КР.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «ПРИЛОЖЕНИЕ» (без знака №) и его обозначения.

Приложения обозначаются заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. После слова «ПРИЛОЖЕНИЕ» следует его буквенное обозначение. Если в документе одно приложение, оно обозначается «ПРИЛОЖЕНИЕ А».

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста (выравнивание по центру) с прописной (заглавной) буквы с новой строки.

7.10. Оформление списка используемой литературы

Список используемой литературы содержит перечень источников, используемых обучающимся при работе над темой КР.

Список используемой литературы составляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления» и ГОСТ 7.82-2001 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов. Общие требования и правила составления».

Список используемой литературы нумеруется арабскими цифрами, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа. Сведения об источниках располагаются в порядке появления ссылок на источники в тексте КР.

В тексте курсовой работы даются ссылки на источники, библиографическое описание которых приводится в списке используемых источников. Порядковый номер ссылки в тексте КР заключают в квадратные скобки.

Ссылки на список используемой литературы в тексте КР оформляют согласно ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов по информации, по библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».

7.11. Организация выполнения работы

Курсовая работа выполняется строго в соответствии с заданием, которое должно быть подписано студентом, руководителем КР и утверждено заведующим кафедрой.

К защите допускается КР, содержащая все необходимые подписи на титульном листе, календарном плане, листе содержания и на листах графической части: обучающегося, руководителя КР, заведующего кафедрой, а также консультантов (если таковые имеются).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В методических указаниях рассмотрены процессы механической обработки деталей тел вращения, методика проектирования последовательности методов механической обработки с учетом требуемой точности изготовления поверхностей изделия, а также требования к оформлению и содержанию курсовой работы на тему «Проектирование маршрута механической обработки деталей тел вращения».

Книга дает представление о свойствах материалов, применяемых в машиностроении, назначении деталей тел вращения, выборе материалов, заготовок и способов механической обработки наружных и внутренних цилиндрических поверхностей деталей тел вращения.

Приложения к методическим указаниям содержат допуски на изготовление деталей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Расчет и проектирование деталей машин / А. А. Андросов [и др.]. – М. : Феникс, 2006. – 288 с. – ISBN 5-222-09012-4.

2. *Безъязычный, В. Ф.* Основы технологии машиностроения: учеб. пособие / В. Ф. Безъязычный, В. Д. Корнеев, С. А. Волков. – Рыбинск : РГАТА, 2008. – 88 с.

3. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А. М. Дальский [и др.]. – М. : Машиностроение, 2003. – 912 с. – ISBN 5-217-03083-6.

4. *Кожевников, Д. В.* Резание материалов : учеб. для студентов высш. учеб. заведений / Д. В. Кожевников, С. В. Кирсанов ; под ред. С. В. Кирсанова. – М. : Машиностроение, 2007. – 304 с. – ISBN 5-217-03357-6.

5. *Орлов, Ю. А.* Технология и организация производства продукции и услуг: учебное пособие / Ю. А. Орлов, М. П. Ромодановская, Д. Ю. Орлов ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2014. – 52 с. – ISBN 978-5-9984-0505-1.

6. *Рыжкин, А. А.* Обработка материалов резанием : учеб. пособие / А. А. Рыжкин, К. Г. Шучев, М. М. Климов. – Ростов н/Д. : Феникс, 2008. – 411 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-222-14019-2.

7. *Рыжкин, А. А.* Режущий инструмент : учеб. пособие / А. А. Рыжкин [и др.]. – Ростов н/Д. : Феникс, 2009. – 405 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-222-15232-4.

8. *Солоненко, В. Г.* Резание металлов и режущие инструменты : учеб. пособие для вузов / В. Г. Солоненко, А. А. Рыжкин. – М. : Высш. шк., 2007. – 414 с. – ISBN 978-5-06-005349-4.

9. Справочник конструктора-инструментальщика / под общ. ред. В. А. Гречишникова и С. В. Кирсанова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2006. – 542 с. – (Библиотека конструктора). – ISBN 5-217-03353-3.

10. Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов. В 2 кн. Кн. 1. Основы технологии машиностроения / Э. Л. Жуков [и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина. – 2-е изд., доп. – М. : Высш. шк., 2005. – 278 с. – ISBN 5-06-004367-3.

11. Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов. В 2 кн. Кн. 2. Производство деталей машин / Э. Л. Жуков [и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина. – 2-е изд., доп. – М. : Высш. шк., 2005. – 295 с. – ISBN 5-06-004368-1.

12. Основы технологии машиностроения. Проектирование технологических процессов : учеб. пособие / А. В. Трофимов [и др.]. – СПб. : СПбГЛТУ, 2013. – 72 с. – ISBN 978-5-9239-0619-6.

13. *Черепяхин, А. А.* Технология обработки материалов : учеб. для студентов учреждений сред. проф. образования / А. А. Черепяхин. – 4-е изд., стер. – М. : Академия, 2009. – 272 с. – ISBN 978-5-7695-6367-6.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«Владимирский государственный университет имени
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)**

Институт машиностроения и автомобильного транспорта

Кафедра – Управление качеством и техническое регулирование

КУРСОВАЯ РАБОТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОДУКЦИИ»

**Тема: «Проектирование маршрута механической обработки деталей
тел вращения»**

Выполнил:

Студент группы _____

Фамилия И. О.

Принял:

доцент Ромодановская М. П.

г. Владимир 20__ г.

Приложение Б

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«Владимирский государственный университет имени
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**
(ВлГУ)

Кафедра – Управление качеством и техническое регулирование

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой УКТР

_____ Орлов Ю. А.

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

Студент _____ Курс _____

_____ Институт машиностроения и автомобильного транспорта

Группа _____

Тема работы: «Проектирование маршрута механической обработки деталей тел вращения»

Срок сдачи законченной работы _____

1. Исходные данные к проекту: ГОСТ 2.103-2013. «Единая система конструкторской документации. Стадии разработки»; ГОСТ Р 15.201-2000. «Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство»; ГОСТ 25347-82 «Единая система допусков и посадок. Поля допусков и рекомендуемые посадки».

2. Объем работы

2.1. Разработать следующие вопросы:

1. Назначение и свойства детали
2. Выбор материала с учетом твердости поверхности
3. Выбор заготовки с учетом типа производства
4. Проектирование маршрута механической обработки детали

2.2. Конструктивно разработать (вычертить):

Чертеж детали (1 лист).

Рекомендуемая литература

1. Безъязычный, В. Ф. Основы технологии машиностроения : учеб. пособие / В. Ф. Безъязычный, В. Д. Корнеев, С. А. Волков. – Рыбинск : РГАТА, 2008. – 88 с.

2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / под. ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1985. – 496 с.

Приложение В

Календарные сроки выполнения

1.		%		недели
2.		%		
3.		%		
4.		%		
5.		%		
6.		%		
7.		%		
8.		%		
9.		%		
10.		%		
11.		%		
12.		%		

Дата выдачи задания _____

Руководитель работы _____

_____ Ромодановская М. П.
(подпись) (ФИО)

Ход выполнения

Дата													
Процент выполнения													
Подпись руководителя													

Задание к исполнению принял _____

(подпись)

(ФИО)

Приложение Г

Таблица Г.1

Таблица допусков

Номинальные размеры, мм		Допуски для полей допусков, мкм											
		H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16
свыше	до	h5	h6	h7	h8	h9	h10	h11	h12	h13	h14	h15	h16
3	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
6	6	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
10	10	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
18	18	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
30	30	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
50	50	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
80	80	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
120	120	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
180	180	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
250	250	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900

Таблица Г.2

Точность и параметры поверхностного слоя при обработке наружных цилиндрических поверхностей

Метод обработки	Шероховатость поверхности R_a , мкм	Глубина дефектного поверхностного слоя, мкм	Технологические допуски (мкм) на размер при номинальных диаметрах поверхности, мм												
			Квалитет допуска	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500
Обтачивание: черновое	50 – 6,3	120 – 60	14	–	–	–	–	620	740	870	1000	1150	1300	1400	1550
			13	180	220	270	330	390	460	540	630	720	810	890	970
			12	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570	630
получистовое, или однократное	25 – 1,6	50 – 20	13	180	220	270	330	390	460	540	630	720	810	890	970
			12	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570	630
чистовое	6,3 – 0,4	30 – 20	11	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360	400
			10	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250
			9	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155
			8	18	22	27	33	39	46	57	63	72	81	89	97
тонкое	1,6 – 0,2	10 – 5	9	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155
			8	18	22	27	33	39	46	57	63	72	81	89	97
			7	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63
			6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
Шлифование: предварительное	6,3 – 0,4	20	9	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155
			8	18	22	27	33	39	46	57	63	72	81	89	97
чистовое	3,2 – 0,2	15 – 5	7	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63
			6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
тонкое	1,6 – 0,1	5	6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
			5	5	6	8	9	11	13	15	18	20	13	25	27
Притирка, супер-финиш-рование	0,8 – 0,1	5 – 3	5	5	6	8	9	11	13	15	18	20	13	25	27
			4	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20

Таблица Г.3

Точность и параметры поверхностного слоя при обработке
внутренних цилиндрических поверхностей

Метод обработки	Шероховатость поверхности R_a , мкм	Глубина дефектного поверхностного слоя, мкм	Технологические допуски (мкм) на размер при номинальных диаметрах поверхности, мм																										
			Квалитет допуска	Св. 3 до 6		Св. 6 до 10		Св. 10 до 18		Св. 18 до 30		Св. 30 до 50		Св. 50 до 80		Св. 80 до 120		Св. 120 до 180		Св. 180 до 250		Св. 250 до 315		Св. 315 до 400		Св. 400 до 500			
				13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0		
Сверление и рассверливание	25 – 0,8	70 – 15	13	–	–	270	330	390	460	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
			12	–	–	180	210	250	460	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
			11	75	90	110	130	160	190	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			10	48	58	70	84	100	120	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			9	30	36	43	52	62	74	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Зенкерование: черновое	25 – 6,3	50 – 20	13	–	–	270	330	390	460	540	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		
			12	–	–	180	210	250	300	350	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
однократное литого или прошитого отверстия чистовое после черного или сверления	25 – 0,4	50 – 20	13	–	–	270	330	390	460	540	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		
			12	–	–	180	210	250	300	350	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		
			11	–	–	110	130	160	190	220	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
			10	–	–	70	84	100	120	140	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	–	–	–	9	–	–	43	52	62	74	87	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		
–	–	–	8	–	–	27	33	39	46	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–			
Развертывание: нормальное	12,5 – 0,8	25 – 15	11	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		
			10	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
точное	6,3 – 0,4	15 – 5	9	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		
			8	18	22	27	33	39	46	57	63	72	81	89	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		
			7	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		
тонкое	3,2 – 0,1	10 – 5	6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		
			5	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		

Окончание табл. Г.3

Метод обработки	Шероховатость поверхности R_a , мкм	Глубина дефектного поверхностного слоя, мкм	Технологические допуски (мкм) на размер при номинальных диаметрах поверхности, мм												
			Квалитет допуска												
				Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500
Протягивание: черновое литого или прошитого отверстия	12,5 – 0,8	25 – 10	11	–	–	–	–	160	190	220	250	–	–	–	–
			10	–	–	–	–	100	120	140	160	–	–	–	–
чистовое после чер- нового или сверления	6,3 – 0,2	10 – 5	9	–	–	43	52	62	74	87	100	–	–	–	–
			8			27	33	39	46	57	63				
			7			18	21	25	30	35	40				
			6			11	13	16	19	22	25				
Растачивание: черновое	25 – 1,6	50 – 20	13	180	220	270	330	390	460	540	630	720	810	890	970
			12	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570	630
			11	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360	400
чистовое	6,3 – 0,4	25 – 10	10	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250
			9	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155
			8	18	22	27	33	39	46	57	63	72	81	89	97
тонкое	3,2 – 1,6	10 – 5	7	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63
			6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
			5	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
Шлифование: предвари- тельное	6,3 – 0,4	25 – 10	9	–	–	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155
			8	–	–	27	33	39	46	57	63	72	81	89	97
чистовое	3,2 – 0,2	20 – 5	7	–	–	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63
			6	–	–	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
тонкое	1,6 – 0,1	10 – 5	5	–	–	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
Притирка, хонингование	1,6 – 0,1	5 – 3	5	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
			4	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРУЕМОЙ ПРОДУКЦИИ.....	5
1.1. Свойства металлов.....	5
1.2. Черные металлы.....	6
1.3. Термическая обработка стали.....	11
2. НАЗНАЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ДЕТАЛЕЙ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ.....	12
3. ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ, ЗАГОТОВОК И СПОСОБОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ.....	14
4. ТЕХНОЛОГИЯ ЧИСТОВОЙ ОТДЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ.....	21
4.1. Тонкое алмазное точение.....	21
4.2. Шлифование наружных цилиндрических поверхностей.....	22
4.3. Бесцентровое шлифование.....	23
4.4. Хонингование, или механическая доводка абразивными брусками.....	24
4.5. Суперфиниширование.....	25
4.6. Притирка (доводка).....	26
4.7. Полирование деталей.....	27
5. ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ВНУТРЕННИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ (ОТВЕРСТИЙ).....	27
5.1. Сверление и зенкерование отверстий.....	27
5.2. Растачивание и развертывание отверстий.....	30
5.3. Протягивание и прошивание отверстий.....	30
5.4. Шлифование отверстий.....	31
6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ.....	32
7. ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	39
7.1. Задание на курсовую работу.....	40
7.2. Содержание курсовой работы.....	40
7.3. Оформление курсовой работы.....	41

7.4. Запись заголовков и основного текста.....	43
7.5. Оформление списков.....	44
7.6. Правила написания формул.....	45
7.7. Оформление таблиц.....	45
7.8. Оформление рисунков и чертежей.....	47
7.9. Оформление приложений.....	49
7.10. Оформление списка используемой литературы.....	49
7.11. Организация выполнения работы.....	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	50
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	51
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	53

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОДУКЦИИ

Методические указания
к курсовому проектированию

Составители:
РОМОДАНОВСКАЯ Мария Павловна
ОРЛОВ Юрий Анатольевич
ОРЛОВ Дмитрий Юрьевич
и др.

Ответственный за выпуск – зав. кафедрой профессор Ю. А. Орлов

Редактор А. П. Володина
Технический редактор А. В. Родина
Корректор В. С. Теверовский
Компьютерная верстка Е. А. Кузьминой
Выпускающий редактор А. А. Амирсейидова

Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 3,49. Тираж 50 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.