

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ивановский государственный энергетический университет
имени В.И. Ленина»

Н.А. МОЖИН, И.И. ВЕДЕРНИКОВА, С.А. ЕГОРОВ

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Учебное пособие

Иваново 2016

УДК 621.96: 621.002.2 (03)
М74

Можин Н.А., Ведерникова И.И., Егоров С.А. Технологии машиностроения
Учебное пособие /ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический
университет имени В.И. Ленина», Иваново, 2016. – 288 с.
ISBN 978-5-00062-180-6

В учебном пособии рассмотрены основные положения, цели и задачи курсового проектирования по технологии машиностроения. Отмечены содержание и общие требования к оформлению пояснительной записки и графической части проекта. Даны подробные методические указания к выполнению каждого раздела проекта с представлением большого объема справочного материала и указанием необходимых литературных источников. Приведены формы расчетных таблиц, а также примеры расчетов по каждому разделу. Подробно изложены требования стандартов Единой системы технологической документации: виды, комплектность и правила оформления технологической документации, используемой при проектировании технологических процессов механической обработки и сборки изделий. Приведены необходимые справочные данные и примеры оформления операционных эскизов и карт технологических наладок.

Учебное пособие предназначено для студентов направления подготовки 15.04.05 *Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств*, а также 15.03.02 *Технологические машины и оборудование* при выполнении ими курсового проекта по дисциплине «Технология машиностроения» и технологической части дипломного проекта.

Табл. 140. Ил23. Библиогр. 5бназв.

Печатается по решению редакционноиздательского совета ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»

Научный редактор кандидат технических наук Л.И. Птуха
Рецензент

А.Г. Наумов, доктор технических наук, профессор кафедры «Экспериментальная и техническая и экспериментальной физика» (ФГБОУВО «Ивановский государственный университет»)

ISBN 978-5-00062-180-6

©

Н.А. Можин
И.И. Ведерникова
С.А.Егоров

Введение

Машиностроение представляет собой комплекс отраслей промышленности, изготавливающих орудия труда, транспортные средства, а также предметы потребления, поэтому оно является материальной основой технического перевооружения всего народного хозяйства страны.

«Технология машиностроения» изучает основы и методы производства машин, которые изготавливаются в различных отраслях машиностроения. Она тесно связана со многими фундаментальными и прикладными науками, а также с производством, поэтому при изготовлении деталей машин необходимо использовать научные и практические достижения, имеющиеся на данный момент времени.

Особенностью современного машиностроения является ужесточение требований к качеству и себестоимости выпускаемых машин. В связи с ускоряющимися темпами смены изделий и необходимостью обеспечения их конкурентоспособности требования к технологии машиностроения как науки резко возрастают. Все это требует применения новых высокопроизводительных и экономичных процессов при производстве изделий.

Одной из важнейших задач, стоящих перед машиностроением, является всемерное повышение технического уровня производства. Решение этой задачи определяется требованиями качественного изготовления постоянно усложняющихся конструкций проектируемых технологических и транспортных машин, необходимостью повышения производительности труда и рационального использования материальных, трудовых и стоимостных ресурсов.

Одним из определяющих видов производства в машиностроении является механическая обработка.

Учебное пособие призвано оказать помощь студентам в изучении дисциплины «Технология машиностроения» и выполнении курсового проекта, содержанием которого является разработка технологического процесса изготовления детали.

В настоящее время в условиях жесткой конкуренции необходимо усилить на предприятиях технологическую дисциплину, повышать технический уровень и качество выпускаемых изделий, всесторонне совершенствовать технологию, методы организации и управления процессами производства. Широкому применению прогрессивных, типовых технологических процессов, оснастки и оборудования, средств механизации и автоматизации содействует Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП), обеспечивающая для всех предприятий системный подход к оптимизации выбора метода и средств технологической подготовки производства (ТПП). Технологическая подготовка производства, осуществляемая по ЕСТПП, создает условия для максимальной экономии времени, эффективного освоения новой техники, всестороннего совершенствования технологии и организации производства.

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ О КУРСОВОМ ПРОЕКТЕ

1.1. Цели и задачи курсового проектирования

Курсовое проектирование проводится с целью закрепления знаний, полученных при изучении дисциплины «Основы технологии машиностроения» и развития навыков самостоятельного решения технологических задач при проектировании технологических процессов изготовления деталей.

Курсовой проект дает возможность определить степень усвоения студентом учебного материала и его умение применять знания, полученные при прохождении учебной и производственной практик, а также подготовить его к выполнению дипломного проекта и дальнейшей работе.

Во время проектирования студент должен показать умение пользоваться справочной литературой, нормативами, компьютерными технологиями, а также использовать новейшие достижения науки и техники в области технологии машиностроения. Особое внимание необходимо обратить на то, чтобы при выполнении курсового проекта были внесены предложения по усовершенствованию существующей технологии изготовления, оснастки и организации производства деталей машин. Поэтому при работе над курсовым проектом студент должен изучить прогрессивные направления в технологии машиностроения и на основе всестороннего анализа существующих технологических процессов дать свои предложения по совершенствованию технологии изготовления выбранной детали.

Работа над проектом должна вестись студентом самостоятельно и систематически. Принятые им решения согласовываются с руководителем проекта на консультациях, которые обычно проводятся один раз в неделю. На консультации студент получает от руководителя проектирования конкретные замечания, указания и вносит все необходимые поправки и уточнения в чертежи и пояснительную записку.

Свои предварительные разработки студенты представляют руководителю в электронном или распечатанном виде и после его утверждения оформляют их окончательно по частям или в целом.

При выдаче задания на проектирование руководитель проекта доводит до студентов график выполнения и дату защиты проекта. Соблюдение графика работы над курсовым проектом учитывается на текущих аттестациях, результаты которых влияют на конечную оценку проекта.

В качестве объекта проектирования выбираются детали, процесс обработки которых включает 6...8 технологических операций механической обработки (20...25 технологических переходов), а конструкция содержит разнообразные поверхности и элементы, такие как отверстия, шпоночные пазы, шлицы, резьбы, зубья, и требует применения специальной оснастки, разрабатываемой или существенно модернизируемой в курсовом проекте. Требования к точности и качеству части поверхностей должны быть высокими (6, 7 качества, $Ra = 0,4... 1,25$).

1.2. Задание на проектирование

Каждому студенту выдается задание на проектирование, которое содержит следующие данные:

- формулировку темы курсового проекта с конкретным указанием заданной для проектирования детали;
- годовую программу выпуска;
- формулировку специального вопроса;
- состав графической части;
- сроки выдачи задания и защиты курсового проекта.

Форма бланка задания приведена в прил. П.1.2.

В процессе прохождения производственной практики на предприятиях студенты должны:

- ознакомиться с технологическими процессами обработки аналогичных или похожих деталей;
- ознакомиться с оборудованием, станочными и контрольными приспособлениями и инструментальной оснасткой;
- провести анализ фактической точности и производительности технологических операций;
- продумать вопросы модернизации технологических процессов и конструкций оснастки.

Содержание курсового проекта

Курсовой проект состоит из пояснительной записки и графической части.

Пояснительная записка имеет следующую структуру:

- титульный лист;
- задание на проектирование;
- содержание;
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения

Основная часть пояснительной записки включает:

1. Введение.
2. Анализ исходных данных для разработки технологического процесса (описание служебного назначения детали и технических требований, предъявляемых к ней, состав и свойства материала).
3. Отработка конструкции детали на технологичность.
4. Определение типа производства данной детали.
5. Выбор вида и метода изготовления исходной заготовки.
6. Выбор технологических баз.
7. Составление технологического маршрута обработки детали.
8. Расчет припусков на обработку и предельных размеров заготовки по тех-

нологическим переходам (для одной поверхности припуски определяют расчетно-аналитическим методом, для остальных - табличным).

9. Разработка рабочего чертежа исходной заготовки и расчет коэффициента использования материала.

10. Разработка технологических операций.

10.1. Уточнение последовательности переходов в операциях.

10.2. Выбор средств технологического оснащения (оборудования, приспособлений, режущих, измерительных и вспомогательных инструментов).

10.3. Расчет и назначение режимов резания (примеры аналитического и табличного методов определения режимов резания, сводные ведомости расчетных значений режимов резания, сводная ведомость корректировки режимов резания).

10.4. Нормирование технологического процесса (расчеты основного, штучного и штучно-калькуляционного времени, сводные ведомости нормирования технологического процесса).

11. Оформление технологической документации (титульного листа, маршрутной и операционной карт, карты эскизов).

12. Разработка конструкции приспособления для установки заготовки.

12.1. Разработка схемы базирования заготовки, описание конструкции приспособления, выбор нормализованных элементов приспособления с указанием их назначения, конструктивных особенностей, материала, посадок и термообработки.

12.2. Силовой расчет приспособления.

12.3. Спецификация к сборочному чертежу приспособления.

Объем пояснительной записки - 35...40 страниц печатного текста.

Графическая часть имеет следующее тематическое содержание листов:

- рабочие чертежи детали и заготовки – 0,5...1 лист;
- схемы технологических наладок изготовления детали - 1 лист;
- сборочный чертеж станочного приспособления - 1 лист.

Пояснительная записка оформляется в соответствии с общими требованиями к текстовым документам по ГОСТ 2.105-95 и ГОСТ 2.106-96. [9, 10]

Нумерация страниц сквозная от титульного листа до последней страницы, включая приложения. На титульном листе номер страницы не ставится.

Разделы записки излагаются согласно заданию на проектирование. Все разделы, таблицы, схемы и рисунки должны нумероваться в пределах глав, например: «Таблица 1.2» (вторая таблица первого раздела). Таблицы, рисунки и схемы должны иметь краткие пояснительные надписи. Ссылки на литературные источники указываются в квадратных скобках в виде номера источника из списка литературы, приведенного в записке.

2. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

2.1. Пояснительная записка

2.1.1. Общие положения

Структура пояснительной записки должна обеспечивать максимальную доступность информации, содержащейся в проекте.

Оформленная пояснительная записка должна иметь следующие составные части: титульный лист; задание; содержание; введение; основная часть; список использованных источников; приложения.

Титульный лист оформляется на бланках, выдаваемых кафедрой.

Задание на проектирование содержит название курсового проекта, исходные данные для проектирования и сроки выполнения.

Содержание указывает точное название всех разделов и подразделов пояснительной записки с их нумерацией и номером страницы, с которой они начинаются.

2.1.2. Требования к оформлению пояснительной записки

Пояснительная записка печатается на принтере (только в отдельных случаях допускается написание от руки) на листах размером 210 x 297 мм (А4) на одной стороне листа, соблюдая при этом следующие размеры полей: правое – 15 мм, верхнее и нижнее – 20 мм, левое – 30 мм. Ее объем должен быть 35...40 страниц. Текст печатается через полтора интервала, шрифт «Times New Roman», 14 кегль. Все листы записки необходимо пронумеровать и аккуратно переплести. Номер страницы указывается в правой нижней её части без точки. При этом титульный лист включается в нумерацию страниц, но номер страницы на нем не проставляется; задание не включается в нумерацию страниц. Обложкой может служить папка или ватман с наклеенным титульным листом.

Все страницы записки начиная с введения должны содержать рамку с основной надписью (форма 2 и 2а по ГОСТ 2.104–68). Пояснительная записка должна быть краткой, четкой. Терминология и определения должны быть едиными и соответствовать установленным стандартам или общепринятым в технической литературе.

Условные буквенные обозначения механических, математических величин, а также условные графические обозначения должны соответствовать установленным стандартам.

Единица измерения одного и того же параметра должна быть постоянной в пределах всего текста. Необходимо применять только Международную систему единиц измерения СИ.

Построение основной части пояснительной записки. При написании текста необходимо выделить абзацами связанные по смыслу положения, объединенные общей темой и изложенные в нескольких предложениях.

Основная часть пояснительной записки делится на разделы, составляющие структуру курсового проекта, с обязательной нумерацией каждого раздела арабскими цифрами – без точки после цифры, и записаны с абзаца.

Разделы делятся на подразделы, которые нумеруются последовательно в пределах каждого раздела. Разделы должны иметь заголовки. Переносы слов в заголовках не допускаются. Точку в конце заголовка не ставят.

Оформление иллюстраций. Иллюстрации в пояснительной записке – схемы, диаграммы и т.д. – обозначаются словом «Рисунок» и нумеруются последовательно арабскими цифрами в пределах текста пояснительной записки. Иллюстрации выполняют на белой бумаге и размещают после первого упоминания о них в тексте записки. Слово «Рисунок» и его наименование помещают под рисунком после пояснительных данных.

Формулы. Формулы в тексте пояснительной записки имеют сквозную нумерацию и приводятся только те, на которые в тексте имеются ссылки. Номер формулы ставится в круглых скобках с правой стороны листа на уровне формулы. Значения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, должны быть приведены непосредственно под формулой. Значение каждого символа дается с новой строки в той последовательности, в какой они приводятся в формуле. Первая строка расшифровки формулы должна начинаться со слова «где», без двоеточия после него.

Построение таблиц. Цифровой материал оформляют в виде таблиц. Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Табличная информация носит обобщающий характер или включает статистический материал, на источник информации которого необходимо давать ссылку.

Таблицу следует располагать непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

Название таблицы должно отражать ее содержание, быть точным и кратким. Нумерация таблиц аналогична нумерации формул и рисунков. Над левым верхним углом таблицы помещают надпись с указанием порядкового номера таблицы, например, «Таблица 1», даже если таблица одна.

Заголовки граф (столбцов) и строк таблицы нужно писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят.

Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями. Допускается применять размер шрифта в таблице меньший, чем в тексте.

На все таблицы должны быть ссылки в тексте. При ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера.

Если все параметры, размещенные в таблице, имеют только одну размерность (например, миллиметры), обозначение единицы измерения помещают над таблицей без сокращения, например, «Размеры в миллиметрах».

Числовые величины в одной графе должны иметь одинаковое количество десятичных знаков.

Ссылки Повторения в пояснительной записке не допускаются, при необходимости делается ссылка.

Ссылки в тексте выполняются следующим образом:

- на стандарты – ГОСТ 2.403–75;
- страницу текста – с. 34;
- пункт или подраздел текста – п. 3.2.6 или п.3. 2;
- формулу в тексте – в формуле (2.5);
- таблицу в тексте – таблица 2.4;
- рисунок в тексте – в соответствии с рисунком 2.5;
- приложение – приложение А;
- используемую литературу – [8, с. 14].

В список источников включается только та литература, которая использовалась непосредственно при разработке курсовой работы и на которую есть ссылки в тексте пояснительной записки. Библиографические сведения об источниках следует располагать в порядке появления ссылок на источники в тексте пояснительной записки и нумеровать арабскими цифрами без точки (ГОСТ 7.1– 03).

Разрабатываемая технологическая документация приводится в приложении к пояснительной записке. В курсовом проекте, как правило, разрабатываются маршрутно-операционные технологические процессы. При этом составляются маршрутные карты (МК) и карты технологического процесса (КТП).

Маршрутная карта при операционном описании технологического процесса (в этом случае на каждую операцию составляется КТП) выполняет роль сводного документа, в котором указывается адресная информация: номер цеха, операции, наименование операции, технологическое оборудование, трудозатраты (см. Приложение П.8.2).

При маршрутном и маршрутно-операционном описании технологического процесса, когда на все или часть операций не разрабатываются КТП, МК является основным документом, в котором подробно описываются технологический процесс от начала до конца или те операции, на которые не составляются КТП. Пример оформления МК в соответствии с ГОСТ 3.1118-82 приведен в приложении П.8.3.

Карты технологического процесса служат для подробного описания технологического процесса и заполняются по ГОСТ 3.1404-86 (формы 1 и 1а), а основные надписи в них - по ГОСТ 3.1103-82.

Карта эскизов (КЭ) механической обработки заполняется и оформляется по аналогии с технологическими эскизами графической части проекта. К специфическим особенностям оформления КЭ следует отнести: то, что в случае одноинструментальной обработки на эскизе не изображается режущий инструмент, не записываются содержание операции или перехода и режимы обработки во всех случаях; при многоинструментальной обработке, когда в одной наладке работает несколько инструментов, на операционных эс-

кизах необходимо показывать режущий инструмент в конечном при обработке положении. При выполнении операции на многопозиционных станках нужно составлять эскизы на каждую рабочую позицию с указанием «Позиция №...». Выполняются КЭ по формам 7 и 7а ГОСТ 3.1105-84.

Пример оформления карты технологического процесса показан в приложении П.8.5, карты эскизов - в приложении П.8.6.

2.1.3. Требования к оформлению графической части

Чертежи должны быть выполнены с помощью компьютерных графических редакторов на чертёжной бумаге в соответствии с требованиями ЕСКД, ЕСТД и ГОСТ:

- ГОСТ 2.301-68...2.399-68 «Общие правила оформления чертежей»;
- ГОСТ 2.701-68...2.799-68 «Правила выполнения схем».

Рабочий чертёж детали. При разработке чертежа детали следует соблюдать требования ГОСТ 2.109–73. Чертеж детали выполняется на отдельном листе формата, установленного ГОСТ 2.301–68. Рабочий чертёж должен содержать все данные, необходимые для изготовления, контроля и испытания изделия. Общее количество изображений (видов, разрезов, сечений) на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделий. Размеры и предельные отклонения указывают на рабочем чертеже в соответствии с ГОСТ 2.307–68. Предельные отклонения формы и расположения поверхностей указывают на чертеже условными обозначениями по ГОСТ 2.308–79. Шероховатость поверхностей на чертеже назначают для всех выполняемых по данному чертежу поверхностей изделия независимо от способов их обработки.

На чертежах детали технические требования должны указываться графически или в виде текста (предпочтительнее графический способ). Требования, которые нельзя или трудно изобразить графически, указываются в правой части чертежа над основной надписью. Порядок нанесения технических требований регламентирует ГОСТ 2.316-68.

На чертежах отливок, поковок указывается вид термообработки и твёрдость поверхностей, способ очистки, погрешности относительного расположения поверхностей (смещение стержней, эксцентриситеты отверстий, кривизна поверхностей), в соответствующей графе основной надписи под названием детали нужно указать вид получения заготовки (штамповка; отливка).

Шероховатость поверхностей обозначают условными знаками и наносят их на чертежах деталей в соответствии с ГОСТ 2.309 -73 с учетом изменений, внесенных в него в последующие годы.

В обозначении шероховатости поверхности применяют один из знаков, изображённых на рис. 2. 1..

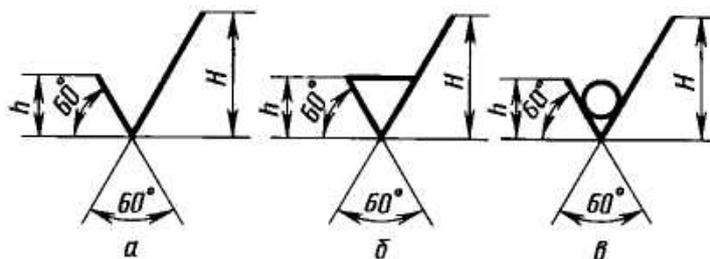


Рис.2.1. Знаки, применяемые в обозначении шероховатости поверхности

Высота h должна быть приблизительно равна применяемой на чертеже высоте цифр размерных чисел. Высота $H = (1,5 \div 5)h$. Толщина линий знаков должна быть приблизительно равна половине толщины сплошной основной линии, применяемой на чертеже.

В обозначении шероховатости поверхности, способ обработки которой конструктором не устанавливается, применяют знак, изображённый на рис.2.1 а.

В обозначении шероховатости поверхности, которая должна быть образована только удалением слоя материала, применяют знак, изображённый на рис.2.1 б.

В обозначении шероховатости поверхности, которая должна быть образована без удаления слоя материала, применяют знак, изображённый на рис.2.1 в, с указанием значения параметра шероховатости.

Поверхности детали, изготовляемой из материала определённого профиля и размера, не подлежащие по данному чертежу дополнительной обработке, должны быть отмечены знаком, изображённым на рис.2. 1 в, без указания параметра шероховатости.

Если требуется указание одного или нескольких параметров шероховатости и способа обработки поверхности, то структура обозначения шероховатости поверхности должна соответствовать рис.2.2.

Обозначение шероховатости поверхностей на изображении изделия располагают на линиях контура, выносных линиях или на полках линий-выносок.

Допускается при недостатке места располагать обозначение шероховатости на размерных линиях или на их продолжениях, на рамке допуска формы. При указании одинаковой шероховатости для всех поверхностей изделия обозначение шероховатости помещают в правом верхнем углу чертежа и на изображении не наносят.



Рис. 2. Структура обозначения шероховатости поверхности с указанием параметров шероховатости и способа обработки поверхности

Обозначение шероховатости, одинаковой для части поверхностей изделия, может быть помещено в правом верхнем углу чертежа.

На чертеже помещают необходимые данные, характеризующие свойства материала готовой детали и материала, из которого деталь должна быть изготовлена. Для деталей, подвергаемых термической и другим видам обработки, указывают показатели свойств материалов, полученных в результате обработки, например: твердость HRC_3 , HB. Величина глубины обработки h и твердости материалов указывается предельными значениями «от...до», например: $h\ 0,7...1,0$; $HRC_3\ 52...56$.

Поверхности деталей, подвергаемых термической, электрохимической, гальванической обработке, отмечают штрихпунктирной утолщенной линией на той проекции, на которой они ясно определены.

Условные обозначения материала должны соответствовать обозначениям, установленным стандартом или техническими условиями на материал.

Обозначения материала должно содержать наименование, марку и номер стандарта, например: Сталь 45 ГОСТ 1050–88; СЧ20 ГОСТ 1412-89; Сталь 18ХГТ ГОСТ 4543–71.

Если в условное обозначение материала входит сокращенное его наименование «Ст», «СЧ», «КЧ», «Бр» и другие, то полные наименования не указывают, например: Ст. 3 ГОСТ 380–94.

При изготовлении детали из сортового проката определенного профиля и размера материал записывают в соответствии с присвоенным в стандарте обозначением, например: сталь 45 горячекатаная, круглого сечения, диаметром 50 мм, обычной точности В:

Круг $\frac{50-B\ \text{ГОСТ}\ 2590-06}{45\ \text{ГОСТ}\ 1050-88}$.

В условной записи металлопроката используются буквенные обозначения: НД - немерной длины, МД – мерной длины, КД – кратной длины, ТО – термически обработанное состояние, НГ – нагартованный,

ТВ – твердость, Т – травление, НR – твердость по Роквеллу,
М – механические свойства, В – обычной точности прокатки,
Б – повышенной точности прокатки, А – высокой точности прокатки.

В основной надписи чертежа наименование детали должно соответствовать принятой терминологии и быть по возможности кратким. Наименование детали записывается в именительном падеже, например: Вал, Крышка, Корпус и т.д.

В наименовании детали, состоящем из нескольких слов, на первом месте помещают имя существительное, например: Колесо зубчатое, Вал выходной и т.д.

Чертеж приспособления. Сборочный чертеж должен давать представление о конструкции, принципе работы, расположении и взаимной связи составных частей изделия.

Правила выполнения сборочных чертежей устанавливает ГОСТ 2.109–79. Сборочный чертеж должен содержать:

- изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей и обеспечивающее возможность сборки и контроля этой сборочной единицы;

- количество видов, разрезов, сечений должно быть минимальным, но достаточным для того, чтобы дать полное представление о конструкции изделия и компоновке основных узлов и деталей; на главном виде необходимо указывать изображение, дающее максимальную информацию о существовании изделия, его форме, в положении, соответствующем установке его на объекте;

- размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены и проконтролированы по этому чертежу (габаритные размеры сборочной единицы, установочные, присоединительные и другие необходимые справочные и исполнительные размеры);

- указания о характере сопряжения и способе соединения неразъемных соединений;

- техническую характеристику или технические требования;

- номера позиций составных частей; спецификацию.

Номера позиций наносят на полках линий-выносок, проводимых от изображений составных частей, располагают параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группируют в колонку или строчку. Линии-выноски заканчивают точкой. Размер шрифта позиций должен быть на один-два номера больше размера шрифта, принятого для размерных чисел. Текст на чертеже, таблицы и надписи должны быть краткими и точными, без сокращений слов, за исключением общепринятых или установленных в стандартах.

Текстовую часть, помещенную на поле чертежа, располагают над основной надписью.

Спецификация заполняется по разделам: документация, комплексы, сборочные единицы, детали, стандартные изделия, прочие изделия, материа-

лы, комплекты. Название каждого раздела указывается в виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивается.

В разделе «Детали» все изделия должны иметь свои наименования и позиции. Для деталей, не имеющих рабочего чертежа, в графе «Формат» пишется «БЧ» (без чертежа), а в графе «Наименование» указывается материал, из которого изготовлена данная деталь, со всеми обозначениями и указанием ГОСТ.

В разделе «Стандартные изделия» на все детали приводятся позиция и условные обозначения с указанием ГОСТ, например:

Болт М20-г6 x 70.58.С. ГОСТ 7798-70;

Гайка М12 x 1,25 – 7Н.05.40Х ГОСТ 5915–70.

На каждом листе схем технологических наладок (формат А1) вычерчиваются четыре схемы. На листе располагается одна основная надпись. На поле каждой схемы в левом верхнем углу арабскими цифрами указывается номер операции, перехода (позиции). Например: «Операция 010. Токарная с ЧПУ».

Под номером операции записывается краткое содержание выполняемого перехода. В правом нижнем углу поля каждой наладки помещается таблица, в которой указываются модель станка, номера переходов, режимы обработки, нормы времени (см. прил. П.2 и П.3).

Деталь на схеме изображается в том положении, которое она занимает на станке при обработке. Установочные и зажимные элементы приспособлений изображаются в натуральном виде. На схемах также изображаются режущие инструменты в конечном положении при обработке, получаемые размеры с предельными отклонениями, параметры шероховатости обработанных поверхностей.

Сборочный чертеж станочного приспособления выполняется на листе формата А1. Чертеж выполняется в необходимом количестве проекций с простановкой габаритных и присоединительных размеров, а также размеров, выдерживаемых при сборке. Деталь в приспособлении показывается условно прозрачной. Над основной надписью записываются технические требования на изготовление приспособления. На отдельном листе формата А4 составляется спецификация приспособления, которая помещается в приложение к пояснительной записке.

3. Термины и определения основных понятий

Термины и определения основных понятий, применяемых в науке, технике и производстве в области технологических процессов изготовления и ремонта изделий машиностроения и приборостроения, устанавливает ГОСТ 3.1109 - 82. Термины, определенные стандартом, обязательны для применения в документации всех видов, научно-технической, учебной и справочной литературе.

Для каждого понятия установлен стандартизованный термин.

3.1. Общие понятия

Технологический процесс (ТП) – часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда. К предметам труда относятся заготовки и изделия.

Согласно ГОСТ 3.1109-82 технологический процесс делится на следующие составные элементы: технологические операции, установы, технологические и вспомогательные переходы, рабочие и вспомогательные ходы, позиции и приёмы.

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

Технологическая операция является основной частью технологического процесса. По ее продолжительности определяют станкоемкость и трудоемкость, количество рабочих, оборудования, инструмента и др. Она является основной расчетной единицей при проектировании, планировании и калькуляции технологического процесса изготовления или восстановления детали.

Рабочее место – часть производственной площади цеха, оборудованной применительно к выполняемой операции. На рабочем месте размещены один или несколько исполнителей работы и обслуживаемая ими технологическая единица оборудования или часть конвейера, а также оснастка и (на ограниченное время) предметы производства. Заготовка может быть передвинута, переставлена, но все действия, связанные с обработкой этой заготовки на данном рабочем месте, относятся к одной операции. Например, если партию деталей типа валов нужно шлифовать по цилиндрическим поверхностям с двух концов вала, то обработка может быть выполнена на круглошлифовальных станках за одну или две операции. При шлифовании за *одну операцию* каждую деталь шлифуют в центрах с одного конца (стороны), а затем её переставляют на станке и шлифуют с другого конца. Шлифование вала за *две операции* производится на одном или двух станках: вначале *все валы* шлифуют только с одного конца, а затем с другого на этом или другом станке.

Технологический метод – совокупность правил, определяющих последовательность и содержание действий по выполнению формообразования, обработки или сборки, перемещения, включая технический контроль, испытания в технологическом процессе изготовления или ремонта, установленных безотносительно к наименованию, типоразмеру или исполнению изделия.

Технологическая база – это база, используемая для определения положения заготовки или изделия в процессе изготовления или ремонта. Согласно ГОСТ 3.1109-82, технологическая база - поверхность, сочетание поверхностей, ось или точка, используемые для определения положения изделия в процессе изготовления.

Обрабатываемая поверхность – поверхность, подлежащая воздействию в процессе обработки.

Технологический документ – графический или текстовый документ, который отдельно или в совокупности с другими документами определяет технологический процесс или операцию изготовления изделия.

3.2. Технологическая документация

Комплект документов технологического процесса – совокупность технологических документов, необходимых и достаточных для выполнения технологического процесса.

Комплект технологической документации – совокупность комплектов документов технологических процессов и отдельных документов, необходимых и достаточных для выполнения технологических процессов при изготовлении или ремонте изделия и его составных частей.

Стандартный комплект документов – комплект технологических документов, установленных в соответствии с требованиями стандартов государственной системы стандартизации.

3.3. Технологические процессы и операции

Единичный технологический процесс – технологический процесс изготовления или ремонта изделия одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от типа производства.

Типовой технологический процесс – технологический процесс изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками.

Групповой технологический процесс – технологический процесс изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками. Главной технологической единицей групповой обработки является группа, в которую объединяются детали, имеющие общность видов оборудования, необходимого для обработки заготовки.

Типовая технологическая операция – технологическая операция, характеризующаяся единством содержания и последовательности технологических переходов для группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками.

Групповая технологическая операция – технологическая операция совместного изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками.

3.4. Элементы технологических операций

Технологический переход – законченная часть технологической операции, которая характеризуется постоянством применяемого инструмента и поверхностей, образуемых обработкой или соединяемых при сборке. При этом чаще всего режим работы станка не меняется. При работе на станках с ЧПУ, а также с использованием адаптивных систем режим работы станка может

меняться. При изменении одного из этих элементов появляется новый технологический переход.

При многоинструментальной обработке одновременно нескольких поверхностей имеет место один технологический переход.

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

Установ – часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок или собираемой сборочной единицы.

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

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

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

Прием – законченная совокупность действий человека, применяемых при выполнении перехода или его части и объединенных одним целевым назначением.

Наладка – подготовка технологического оборудования и технологической оснастки к выполнению технологической операции. К наладке относится установка приспособления, режима обработки и др.

3.5. Средства технологического оснащения

Средства технологического оснащения – совокупность орудий производства, необходимых для осуществления технологического процесса.

Технологическое оборудование – средства технологического оснащения, в которых для выполнения части технологического процесса размещают материалы или заготовки, средства воздействия на них, а также технологическую оснастку.

Технологическая оснастка – средства технологического оснащения, дополняющие технологическое оборудование для выполнения определенной части технологического процесса. Примерами технологической оснастки являются режущий инструмент, приспособления, измерительный инструмент и т.д.

3.6. Виды технологических процессов

Технологические процессы механической обработки проектируются с целью представления подробного описания процессов изготовления деталей требуемого служебного назначения с необходимыми технико-экономическими расчетами и обоснованиями принятого варианта. Из технологической документации инженерно-технический персонал и рабочие получают все данные и инструкции, требуемые для реализации разработанного технологического процесса. Технологические процессы определяют необходимые средства для изготовления деталей (оборудование, приспособления, режущий и измерительный инструмент и др.), трудоемкость и себестоимость выпуска изделий.

В зависимости от условий производства и назначения применяют различные виды ТП, что зависит от количества изделий, охватываемых процессом (одно изделие, группа однотипных или разнотипных изделий).

Единичные ТП в основном разрабатывают индивидуально для конкретных оригинальных деталей, не имеющих общих конструктивных и технологических признаков с другими изделиями. Структуру и содержание такого процесса устанавливают на основании конструктивно-технологических параметров детали и исходной заготовки.

Типовой ТП разрабатывают для группы деталей, обладающих общностью конструктивных признаков. В группе деталей выделяют типовую деталь. Под типом подразумевается совокупность объектов (заготовок, деталей) одного класса, имеющих в определенных производственных условиях общий маршрутный ТП изготовления, осуществляемый одинаковыми методами (однородное оборудование, приспособления, инструменты). В пределах типа возможны некоторые отклонения в порядке изготовления изделия (исключение или добавление нехарактерных переходов и даже операций).

Групповой ТП используется для совместного изготовления группы деталей различной конфигурации в конкретных производственных условиях на специализированных рабочих местах. Главной технологической единицей групповой обработки является группа, в которую объединяются детали, имеющие общность видов оборудования, необходимого для обработки заготовки полностью или отдельных ее поверхностей.

Групповую технологическую операцию проектируют для выполнения технологически однородных работ при изготовлении группы деталей на специализированном рабочем месте с возможной частичной подналадкой средств технологического оснащения. Групповые ТП могут разрабатываться для всех типов производства только на уровне предприятия в соответствии со стандартами.

Принципиальное различие между типовыми и групповыми процессами заключается в том, что типовая технология характеризуется общностью технологического маршрута, а групповая – общностью оборудования и оснаст-

ки, необходимых для выполнения определенной операции или полного изготовления детали.

3.7. Виды описания технологических процессов

Описание технологических процессов по степени детализации подразделяют на маршрутное, операционное, маршрутно-операционное. Определения этих терминов устанавливает ГОСТ 3.1109–82.

Маршрутное описание технологического процесса – это сокращенное описание всех технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения без указания переходов и техно-логических режимов.

Операционное описание технологического процесса – это полное описание всех технологических операций в последовательности их выполнения с указанием переходов и технологических режимов.

Маршрутно-операционное описание технологического процесса – это сокращенное описание технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения с полным описанием отдельных операций в других технологических документах.

Выбор степени детализации описания технологического процесса зависит от типа производства и сложности изделия.

Маршрутное описание технологического процесса применяется в единичном и мелкосерийном типах производства.

Иногда в единичном и мелкосерийном типах производства применяют также маршрутно-операционное описание технологического процесса: когда наиболее простые операции представляются в маршрутном описании, а сложные – в операционном, т.е. с указанием переходов и технологических режимов. Такое описание характерно для различных видов технологических процессов, в том числе и для процессов механической обработки, в которых обеспечение определенной последовательности выполнения действий и строгое соблюдение технологических режимов оказывают решающее влияние на качество изделий.

Операционное описание технологического процесса применяется при среднесерийном, крупносерийном и массовом типах производства.

3.8. Виды технологических документов

Оформление технологической документации является заключительным этапом разработки технологического процесса. Стандартами Единой системы технологической документации (ЕСТД) предусмотрены следующие виды технологических документов.

Маршрутная карта (МК) – технологический документ, содержащий перечень всех технологических операций в последовательности их выполнения без указания переходов и технологических режимов. МК применяют в еди-

ничном, мелкосерийном и серийном производстве в качестве основного самостоятельного документа.

Операционная карта (ОК) содержит полное описание единичных, типовых и групповых операций с указанием переходов и технологических режимов. Операционное описание применяется в серийном и массовом производстве, а для особо сложных деталей – в мелкосерийном и даже единичном.

Карта эскизов (КЭ) – документ, содержащий графическую информацию о технологическом процессе в целом и отдельных его элементах.

Карта технологического процесса (КТП) предназначена для операционного описания единичных и типовых технологических процессов.

Карта типового технологического процесса (КТТП) используется для операционного описания типовых технологических процессов.

Ведомость деталей к типовому технологическому процессу или операции (ВТП/ВТО) – для указания переменной информации к типовому или групповому технологическому процессу по каждой детали, входящей в соответствующий ТП.

Карта наладки инструмента (КН / П) - для указания полного состава режущего и вспомогательного инструмента в технологической последовательности его применения.

Карта кодирования информации (ККИ) – для кодирования информации при разработке управляющих программ.

При использовании станков с числовым программным управлением (ЧПУ) можно применять карту заказа на разработку управляющей программы (КЗ / П) и ведомость обрабатываемых на станке с ЧПУ деталей (ВОД). На специальные и стандартные приспособления и инструменты, необходимые для выполнения технологического процесса изготовления деталей, составляют ведомость оснастки (ВО).

В состав технологической документации также могут входить: комплектовочная карта (КК), ведомость операций (ВОП), карта технологической информации (КТИ).

Выбор состава технологических документов на процессы и операции обработки резанием зависит от степени детализации описания технологического процесса и применяемых видов оборудования (универсальное, специализированное, специальное) в соответствии с [17. с.11].

3.9. Правила оформления текстовых технологических документов

Оформление технологических документов зависит от вида описания технологического процесса. При маршрутном и маршрутно-операционном описании техпроцесса маршрутная карта является одним из основных документов, в котором отражается весь процесс в технологической последовательности выполнения операции. При операционном описании техпроцесса МК играет роль сводного документа, в котором указывается адресная ин-

формация (номер цеха, участка, рабочего места, операции), наименование операции, перечень документов, применяемых при выполнении операции, технологическое оборудование и трудозатраты.

Для изложения технологических процессов в МК используют способ заполнения, при котором информацию вносят построчно несколькими типами строк. Каждому типу строки соответствует свой служебный символ. Служебные символы условно выражают состав информации, размещаемой в графах данного типа строки документа, и предназначены для обработки содержащейся информации средствами механизации и автоматизации.

Для обозначения служебных символов используют прописные буквы русского алфавита, проставляемые перед номером соответствующей строки, например: M02, A10 и т.д.

Указывать требуемые служебные символы для типов строк, в зависимости от размещаемого состава информации, в графах МК для форм с горизонтальным расположением поля подшивки следует в соответствии с [16, табл. 2].

Для операционного описания технологических процессов рекомендуется применять не маршрутную карту, а карту технологического процесса. Описание содержания операций в КТП и ОК и указание данных по материалу, технологической оснастке и режимам следует приводить построчно в порядке описания информации с привязкой к соответствующему служебному символу, как и в маршрутных картах, с использованием дополнительных служебных символов.

Информацию по применяемой на операции технологической оснастке записывают в следующем порядке: приспособления; вспомогательный инструмент; режущий инструмент; средства измерения. Запись выполняется по всей длине строки с возможностью переноса информации на последующие строки.

Для оформления текстовой технологической документации необходимо использовать хорошо зарекомендовавшие себя САПР ТП «Вертикаль», «Спрут», «Технопро». Эти системы позволяют отразить структуру технологического процесса: последовательность операций и переходов, оборудование и технологическую оснастку, а также технологические межпереходные размеры, режимы резания и нормы времени.

После наполнения дерева технологического процесса техническими решениями переходят к этапу автоматического формирования документов. Перед печатью в электронную таблицу вносятся необходимые коррективы.

3.10. Правила оформления операционных эскизов

Одним из наиболее важных и трудоемких этапов работы над технологическим процессом является разработка операционных (переходных) карт эскизов и технологических схем обработки детали. Они помогают читать технологический процесс и создают ясное представление о

замысле технолога, облегчают рабочему процесс наладки и настройки оборудования. Эскизы, как операционные, так и для переходов, должны содержать все данные, необходимые для изготовления, контроля и испытания изделия.

Эскизы обработки выполняются на карте эскизов (ГОСТ 3.1105-11 форма 7) или на операционной карте (ГОСТ 3.1404-86 форма 2). Карта эскизов (КЭ) используется в том случае, когда операция содержит достаточно большое количество переходов или обрабатываемая деталь сложна по конструкции.

Карту эскизов следует выполнять в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1105-84. На карте эскизов помещают эскиз обработки, схемы и таблицы, поясняющие содержание операции.

На одной КЭ допускается выполнять несколько эскизов к нескольким операциям. В этом случае в основной надписи в графе «Номер операции» проставляются номера операций, для которых представлены эскизы.

Операционные эскизы необходимо выполнять с полным соблюдением правил черчения и с применением чертежного инструмента. Эскизы следует выполнять с соблюдением или без соблюдения масштаба, но с примерным сохранением пропорций. Принятый масштаб обрабатываемой детали желательно выдерживать на всех эскизах данного технологического процесса. Отступления следует допускать только в особых случаях, например, при расточке выточек, фасок, галтелей и т.д., когда для наглядности целесообразно эскиз представлять в укрупненном масштабе.

Количество изображений (видов, разрезов, сечений) на эскизе обрабатываемой детали должно быть достаточным для наглядного и ясного представления об обрабатываемых поверхностях и возможности простановки размеров, технологических баз и зажимных устройств.

При разработке и выполнении эскизов обработки необходимо соблюдать следующие требования:

1. На операционном эскизе обрабатываемая деталь указывается в рабочем положении, то есть в том положении, в каком она устанавливается и закрепляется на станке. При разработке схемы установки изделия на операции допускается применять упрощение изделия без указания его отдельных конструктивных элементов, которые не влияют на установку и закрепление изделия. Деталь показывается в том состоянии, которое она должна приобрести в результате выполнения данной операции (перехода).

2. На операционном эскизе должны быть указаны размеры, предельные отклонения, обозначения шероховатости, достигнутой в результате выполнения данной операции, баз, опор, зажимов, установочных устройств, необходимых для выполнения операции, для которой разработан эскиз, технические требования и другие данные, обязательные для выполнения операции и технического контроля изделия в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и ЕСТД.

Условные обозначения баз, опор, зажимов и установочно-зажимных устройств, а также примеры их простановки в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1107-81 приведены в прил. П.6.2.

3. На эскизах к операциям все размеры или конструктивные элементы обрабатываемых поверхностей условно нумеруются арабскими цифрами. Номер размера или конструктивного элемента обрабатываемой поверхности проставляют в окружности диаметром 6...8 мм и соединяют с размерной или выносной линией. Нумерацию следует производить в направлении движения часовой стрелки. Размеры и предельные отклонения обрабатываемой поверхности в тексте содержания операции или перехода не указываются.

Допускается в тексте содержания операции или перехода номер размера или конструктивного элемента не обводить окружностью, например: «Развернуть отверстие, выдерживая размер 1».

При выполнении в одном документе нескольких эскизов к разным операциям одного технологического процесса допускается сквозная нумерация обрабатываемых поверхностей или конструктивных элементов. При этом номера одной и той же обрабатываемой поверхности или конструктивного элемента, встречаемые в различных операциях, могут быть неодинаковыми. Примеры оформления операционных эскизов на операционной карте (ОК) приведены в прил. П.6.3.

4. Обрабатываемые в данной операции поверхности изделия на эскизе обработки следует обозначать линией толщиной 2S.

При разработке одного эскиза обработки на технологический процесс или на несколько операций допускается обрабатываемые поверхности не выделять линией толщиной 2S.

5. При указании номера операции следует исходить от начальной цифры отсчета. При выполнении в одном документе нескольких эскизов к разным операциям одного технологического процесса допускается свободная нумерация обрабатываемых поверхностей или конструктивных элементов.

6. Если изображение изделия на эскизе относится к нескольким операциям технологического процесса, то номера этих операций следует указывать над изображением изделия и подчеркивать. Допускается не записывать все номера операций, если изображение относится к нескольким последовательным операциям. Например, изображение изделия на эскизе относится к 005, 010, 015 и 020 операциям, в этом случае можно записать 005...020.

Карты эскизов, отражающие графическую информацию в составе технологической документации, можно формировать с помощью различных САПР ТП, например, «Вертикаль».

3.11. Правила оформления технологических наладок

Помимо операционных эскизов, размещаемых на операционных картах или картах эскизов, которые входят в состав пояснительной записки, по указанию руководителя проекта разрабатываются 3...4 технологические наладки. Количество наладок устанавливает руководитель проекта в зависимости

от объема задания и сложности разрабатываемого технологического процесса механической обработки.

Технологические наладки выполняются на листах формата А2, А3, А4.

Разработку и оформление технологических наладок осуществляют в соответствии с определенными требованиями.

1. Обрабатываемая деталь показывается закрепленной в рабочем положении в установочно-зажимном приспособлении.

2. Установочно-зажимное приспособление конструктивно не прорабатывается. На эскизе наладки конструктивно должны быть проработаны только установочные (базирующие) элементы приспособления и элементы, раскрывающие принцип работы самого приспособления.

3. Инструмент также указывается в упрощенном виде (без конструктивной проработки) в исходном или конечном положении.

При многоинструментальной обработке на наладке должен быть показан весь применяемый в данной операции инструмент. Около каждого инструмента проставляется номер перехода, для выполнения которого он используется.

Невидимые контуры инструмента, закрываемые другими средствами технологического оснащения (или их частями), в упрощенном изображении указывать не следует.

4. Деталь на эскизе технологической наладки выполняется линиями видимого контура толщиной S . Обрабатываемые поверхности обозначаются линиями толщиной $2S$. Приспособление и инструмент выполняются линиями толщиной $S/2$.

5. Для технологической наладки указываются номер и наименование операции, а также приводится таблица, в которой даются сведения о модели станка, элементах режима резания и об основном и вспомогательном времени на каждый переход. Номера операциям присваиваются по правилам арифметической прогрессии, например: 05, 10, 15 и т.д. или 010, 020, 030 и т.д. Такая нумерация предусматривает возможность внесения в технологический процесс при необходимости дополнительных операций. Наименование операции обработки резанием должно отражать применяемый вид технологического оборудования и записываться именем прилагательным в именительном падеже. В единичном и мелкосерийном производствах учитывается только группа станка, например: токарная, сверлильная, фрезерная. В среднесерийном, крупносерийном и массовом производствах учитывается не только группа, но и тип станка, например: токарно-винторезная, вертикально-сверлильная, горизонтально-фрезерная.

Остальные требования при выполнении эскизов технологических наладок идентичны требованиям, предъявляемым к выполнению операционных эскизов.

Первым листом технологического документа является титульный лист, на котором указывают наименование министерства, наименование учебного заведения, тему курсового проекта, наименование изделия, фамилии и подписи разработчика и руководителя курсового проекта.

В содержании технологической операции необходимо указывать все элементы операции, выполняемые в технологической последовательности по обработке заготовки. При записи содержания операции допускается полная или сокращенная форма записи. При наличии графических изображений, которые достаточно полно отражают всю необходимую информацию по обработке заготовки, следует использовать сокращенную запись, например: «Развернуть 2 отв. Ø16H8 согласно чертежу».

Полную запись следует применять при отсутствии графических изображений. В текстовой записи информации допускаются сокращения слов и словосочетаний. Примеры оформления технологических документов приведены в Прил. 8.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗДЕЛОВ ПРОЕКТА

4.1. Введение

Во введении излагаются общие положения о состоянии, перспективах и основных направлениях развития машиностроения вообще, а также отрасли, к которой относится заданная деталь в свете введения международных стандартов качества продукции. Необходимо указать объект проектирования, поставить задачи проектирования и указать пути их решения и ожидаемые результаты.

4.2. Технологическая часть

4.2.1. Анализ исходных данных для разработки технологического процесса

На данном этапе разработки технологического процесса решаются следующие задачи:

- 1) предварительное ознакомление с назначением и конструкцией детали и требованиями к её изготовлению и эксплуатации;
- 2) составление перечня дополнительной справочной информации, необходимой для разработки технологического процесса;
- 3) подбор справочной информации.

При ознакомлении с конструкцией детали по её рабочему чертежу проверяются достаточность изображений (видов, разрезов, сечений), правильность простановки размеров, требований точности и шероховатости поверхностей, другие технические требования, предъявляемые к детали.

Нередко конструкторы завышают требования к точности и шероховатости поверхностей, что приводит к усложнению и удорожанию технологического процесса изготовления детали. В других случаях, наоборот, для высоких качеств точности размеров поверхностей назначаются низкие па-

раметры шероховатости этих поверхностей, не обеспечивающие получение требуемых посадок. В таких случаях технолог должен предложить соответствующие коррективы и на основе консультаций с конструктором найти правильные решения.

При анализе заданной детали необходимо определить, в какую сборочную единицу она входит и какие функции в ней выполняет. Для этого необходимо изучить сборочный чертеж изделия.

Следует охарактеризовать общую конструкцию детали, форму всех ее элементов и поверхностей и установить функциональную роль каждого элемента и поверхности. При этом следует иметь в виду, что с конструкторской точки зрения различаются исполнительные поверхности, основные и вспомогательные базы и свободные поверхности.

К исполнительным поверхностям, например, относятся рабочие поверхности зубьев зубчатых колес, поверхности резьбы в винтовых передачах и т.д. К ним, как правило, предъявляются жесткие требования по точности исполнения, шероховатости поверхности, свойствам поверхностного слоя.

Базы по своему назначению делятся на конструкторские, технологические и измерительные. Конструкторские базы детали по ГОСТ 21495-76, подразделяются на основные и вспомогательные. Основные базы определяют положение данной детали в сборочной единице, вспомогательные – положение сопрягаемых с данной деталью других деталей. Между основными и вспомогательными базами одной детали существуют размерные связи в виде линейных и угловых размеров, определяющие их взаимное расположение.

Свободные поверхности детали не выполняют никаких функций (служат для завершения формы детали) и чаще всего не обрабатываются. Каждой поверхности присваивается свой номер, например: отверстие 1 или плоскость 2.

При выявлении условий работы детали необходимо дать общую характеристику среды, в которой работает деталь, выявить лимитирующие с точки зрения долговечности поверхности.

На основании проведенного анализа необходимо определить, какие параметры качества должны быть обеспечены в процессе изготовления детали для достижения требуемого ресурса ее работы. К таким параметрам относятся: характеристики размерной и геометрической точности, качества поверхностей (шероховатость, твердость, остаточные напряжения), физико-механические свойства материала детали.

В данном разделе также приводятся сведения о материале детали (химический состав, механические свойства) и делается заключение о том, в какой мере материал удовлетворяет служебному назначению детали, или о целесообразности его замены. Химический состав и физико-механические свойства материала следует представлять в отдельных таблицах.

Пример представления в таблицах состава и свойств материала детали. Корпус, предназначенный для установки в нем подшипника качения,

изготовлен из серого чугуна марки СЧ 15 ГОСТ 1412-89; твердость –НВ 130-241.

Химический состав чугуна СЧ15

Марка чугуна	Массовая доля элементов, %				
	Углерод	Кремний	Марганец	Фосфор	Сера
				Не более	
СЧ15	3,5 ... 3,7	2,0 ...2,4	0,5 ... 0,8	0,2	0,15

Физические свойства чугуна СЧ15

Марка чугуна	Плотность кг/м ³	Линейная усадка, %	Модуль упругости при растяжении, Ех10 ² Н/мм ²	Удельная теплоемкость G, Дж(кгхК)	Коэффициент линейного расширения α, 1/°С	Теплопроводность при 20 °С, Вт(мхК)
СЧ15	7,0 x 10 ³	1,1	От 700 до 1100	460	9,0 x 10 ⁻⁶	59

Механические свойства для отливок из серого чугуна

Марка чугуна (ГОСТ 1412-89)	Временное сопротивление σ _в	Предел прочности			Предел выносливости	
		При изгибе	при сжатии	при кручении	при изгибе	при кручении
	Н / мм ²					
СЧ15	150	320	650	240	70	50

Пример анализа условий работы и требований, предъявляемых к материалу детали.

Объект анализа - наружное кольцо 409 АК.01 шарикового однорядного подшипника. В наиболее распространенных конструкциях подшипниковых узлов вращается внутреннее кольцо подшипника, сопряжённое с валом, как правило, по посадке с натягом. Наружное кольцо, смонтированное в корпусе, под действием трения качения шариков о поверхность дорожки кольца очень медленно проворачивается в корпусе, «подставляя» под нагрузку новые участки дорожки качения.

Наружное кольцо подшипника имеет в качестве исполнительной поверхности сферическую дорожку качения. Эта же поверхность является вспомогательной конструкторской базой, так как на неё опираются шарики. Основными конструкторскими базами являются наружная цилиндрическая

поверхность и одна из торцевых поверхностей, так как они определяют положение подшипника в корпусе. Остальные поверхности свободные.

Дорожка качения работает при больших контактных напряжениях вследствие точечного контакта шариков и является лимитирующей с точки зрения долговечности кольца. Поверхность дорожки качения в зависимости от условий эксплуатации может подвергаться различным видам разрушения. Вследствие попадания в рабочую зону подшипника абразивных материалов в виде пыли может наблюдаться абразивный износ. Из-за некачественной смазки или попадания влаги может возникать коррозия рабочей поверхности. Вследствие высоких циклических напряжений растяжения и сжатия в поверхностных слоях может происходить усталостное разрушение в виде выкрашивания рабочей поверхности.

Таким образом, основными задачами при обработке кольца являются: обеспечение размерной точности, высокой твёрдости и усталостной износостойкости дорожки качения. С этой целью необходимо проведение термообработки до твёрдости не ниже HRC₃ 60 и в качестве финишной обработки – полирование для создания в поверхностном слое остаточных напряжений сжатия.

В связи с неблагоприятным воздействием на кольцо силовых и других факторов к материалу предъявляются следующие требования:

- высокий предел упругости;
- высокий предел усталости;
- пониженная хрупкость;
- однородность структуры и физических свойств.

Подшипниковая сталь ШХ15 удовлетворяет этим требованиям.

4.2.2. Анализ технологичности конструкции детали

В этом разделе рабочий чертёж детали подвергается технологическому контролю в соответствии с ГОСТ 14.201-83. Студент может представить предложения по изменению тех конструктивных элементов детали, которые необоснованно увеличивают трудоёмкость ее изготовления.

Технологичность детали определяется минимумом трудозатрат при изготовлении и в процессе эксплуатации (ремонт и техническое обслуживание).

Следует помнить, что технологичность конструкции одного и того же изделия будет разной для различных типов производства. Изделие, достаточно технологичное в единичном производстве, может быть малотехнологичным в других видах производства.

При технологическом анализе рабочего чертежа детали выявляются возможности улучшения технологичности её конструкции. При этом обращается внимание на решение следующих задач:

- 1) уменьшение размеров обрабатываемых поверхностей с целью снижения трудоёмкости механической обработки детали;
- 2) повышение жёсткости детали с целью повышения режимов обработ-

ки и степени концентрации операций;

3) удобство подвода в зону обработки и отвода из неё высокопроизводительных режущих инструментов с целью уменьшения времени обработки детали;

4) унификация формы и размеров отверстий, канавок, галтелей, шпоночных пазов и других конструктивных элементов детали с целью сокращения номенклатуры используемых при обработке детали режущих, вспомогательных и измерительных инструментов и снижения затрат времени на обработку детали;

5) обеспечение надёжного и удобного базирования заготовки при её обработке на станке с целью повышения безопасности труда станочника, удобства обслуживания станка, уменьшения времени обработки детали.

При качественной оценке технологичности конструкции детали рассматриваются:

- рациональность принятого материала детали с точки зрения его обрабатываемости, стоимости и возможности получения заготовки наиболее эффективными методами;

- рациональность формы и качества обрабатываемых поверхностей с учётом возможности обработки наиболее экономичными методами;

- рациональность простановки размеров с учётом возможности совмещения технологических и измерительных баз при обработке;

- наличие удобных технологических баз или необходимость введения искусственных баз для обеспечения надёжного базирования.

Частные рекомендации для анализа технологичности некоторых классификационных групп деталей приведены в [53].

Количественная сравнительная оценка технологичности конструкции проводится при условии внесения изменений в конструкцию детали по результатам качественного анализа технологичности. В курсовом проекте сравнение проводится по таким количественным показателям, как:

- масса детали M_d , кг;

- коэффициент использования материала.

$$K_{и.м} = M_d / M_з, \quad (4.1)$$

где $M_з$ – масса заготовки, кг;

- коэффициент точности обработки.

$$K_T = 1 - 1 / IT_{cp}, \quad (4.2)$$

где IT_{cp} – средний квалитет точности.

$IT_{cp} = \sum(IT_i \cdot n_i) / \sum n_i$, где IT_i – квалитет точности;

n_i – количество размеров данного квалитета.

- коэффициент шероховатости поверхностей.

$$K_{ш} = 1 - 1 / R_{z\,cp}, \quad (4.3)$$

где $R_{z\,cp}$ – среднее значение параметра R_z

$R_{z\,cp} = \sum(R_{z\,i} \cdot n_i) / \sum n_i$, где $R_{z\,i}$ – шероховатость поверхности;

n_i – количество поверхностей с соответствующей шероховатостью.

На основании предложений о повышении технологичности конструкции по согласованию с руководителем проекта вносятся изменения в чертёж детали.

На данном этапе работы над проектом в графической части выполняется чертёж детали с внесёнными изменениями.

4.2.3. Определение типа производства

В условиях массового производства размер программы выпуска изделия служит основанием для определения такта выпуска продукции, обеспечивающего изготовление заданной программы в срок. На этапе проектирования тип производства можно определить только ориентировочно.

Тип производства данной детали определяется в зависимости от программы выпуска и характера детали путём сопоставления такта выпуска детали и ориентировочно установленной средней длительности характерных операций её обработки или на основании ориентировочных статистических сведений.

Такт выпуска – это интервал времени, через который периодически производится выпуск изделий определённого наименования, типоразмера и исполнения.

Такт выпуска детали t_g определяется по формуле

$$t_g = \frac{60 F}{N} \text{ мин/шт.} \quad (4.4)$$

где F – годовой фонд времени работы оборудования в часах;

N – годовая программа выпуска деталей в штуках;

60 – переводной коэффициент часов в минуты.

При односменной работе металлорежущих станков $F = 2030$ ч. с учётом потерь из-за простоев на плановом ремонте 2 % от номинального фонда времени работы станка.

При двухсменной работе $F = 4015$ ч для простых станков и $F = 3890$ ч для сложных станков с учётом потерь из-за простоев на плановом ремонте соответственно 3 и 6 % от номинального фонда времени работы станков.

После определения такта выпуска деталей делается приближённый расчёт длительности наиболее характерных операций её обработки по следующей формуле.

$$T_{шк.i} = \varphi_k \sum T_{oi}, \quad (4.5)$$

где φ_k – коэффициент, зависящий от вида оборудования;

t_{oi} – основное время i -того перехода.

Основное время на выполнение переходов определяется по эмпирическим формулам, приведенным в прил. П.1.3, значение коэффициента φ_k – в прил. П.1.4.

Определяем коэффициент серийности:

$$K_c = t_v / T_{ш.к.ср}, \quad (4.6)$$

где $T_{ш.к.ср}$ – среднее штучно-калькуляционное время на операцию.

В соответствии со стандартом принимается:

- для массового производства – $K_c = 1$;
- для крупносерийного – $1 < K_c < 10$;
- для среднесерийного – $10 < K_c < 20$;
- для мелкосерийного – $20 < K_c < 40$.

Пример определения типа производства:

Исходные данные: деталь – Вал ступенчатый, годовая программа

$N = 12000$ шт. / год.

Маршрут изготовления детали:

Операция 1 – фрезерно-центровальная;

Операция 2 – токарная с ЧПУ;

Операция 3 – шпоночно-фрезерная;

Операция 4 – круглошлифовальная.

Определяем основное технологическое время:

Операция 1 (фрезерно-центровальная), станок МР71:

1. Фрезерование торцов $\varnothing 28$ и $\varnothing 35$:

$$T_{o1} = 0,006 \cdot l = 0,006 \cdot 35 = 0,21 \text{ мин.}$$

2. Центрование торцов $\varnothing 28$ и $\varnothing 35$:

$$T_{o2} = 0,00052 \cdot dl = 0,00052 \cdot 3 \cdot 6 = 0,01 \text{ мин.}$$

Суммарное основное время $\Sigma T_o = 0,22$ мин.

Операция 2 (токарная с ЧПУ), станок 16К20Ф3:

1. Черновое точение поверхности $\varnothing 28h7$, $l = 60$ мм:

$$T_{o1} = 0,00017 \cdot dl = 0,00017 \cdot 28 \cdot 60 = 0,28 \text{ мин.}$$

2. Черновое точение поверхности $\varnothing 35k6$, $l = 36$ мм:

$$T_{o2} = 0,00017 \cdot dl = 0,00017 \cdot 35 \cdot 36 = 0,22 \text{ мин.}$$

3. Черновое точение поверхности $\varnothing 48$, $l = 10$ мм:

$$T_{o3} = 0,00017 \cdot dl = 0,00017 \cdot 48 \cdot 10 = 0,08 \text{ мин.}$$

4. Черновое точение поверхности $\varnothing 35k6$, $l = 32$ мм:

$$T_{o4} = 0,00017 \cdot dl = 0,00017 \cdot 35 \cdot 32 = 0,19 \text{ мин.}$$

5. Чистовое точение поверхности $\varnothing 28h7$, $l = 60$ мм:

$$T_{o5} = 0,00017 \cdot dl = 0,00017 \cdot 28 \cdot 60 = 0,28 \text{ мин.}$$

6. Чистовое точение поверхности $\varnothing 35k6$, $l = 36$ мм:

$$T_{o6} = 0,00017 \cdot dl = 0,00017 \cdot 35 \cdot 36 = 0,22 \text{ мин.}$$

7. Чистовое точение поверхности $\varnothing 35k6$, $l = 32$ мм:

$$T_{o7} = 0,00017 \cdot dl = 0,00017 \cdot 35 \cdot 32 = 0,19 \text{ мин.}$$

Суммарное основное время $\Sigma T_o = 1,46$ мин.

Операция 3 (шпоночно-фрезерная), станок 6Д92:

1. Фрезерование шпоночного паза $h = 5$, $b = 12h9$, $l = 40$:

$$T_{o1} = 0,0105 \cdot l = 0,0105 \cdot 40 = 0,42 \text{ мин.}$$

2. Фрезерование шпоночного паза $h = 4$, $b = 8h9$, $l = 43$:

$$T_{o2} = 0,0105 \cdot l = 0,0105 \cdot 43 = 0,45 \text{ мин.}$$

Суммарное основное время $\Sigma T_o = 0,87$ мин.

Операция 4 (круглошлифовальная), станок 3В110

1. Чистовое шлифование поверхности $\text{Ø}28\text{h}7$, $l = 60$ мм:

$$T_{o1} = 0,00015 \cdot dl = 0,00015 \cdot 28 \cdot 60 = 0,25 \text{ мин.}$$

2. Чистовое шлифование поверхности $\text{Ø}35\text{k}6$ на $l = 36$ мм:

$$T_{o2} = 0,00015 \cdot dl = 0,00015 \cdot 35 \cdot 35,5 = 0,19 \text{ мин.}$$

3. Чистовое шлифование поверхности $\text{Ø}35\text{k}6$ на $l = 32$ мм:

$$T_{o3} = 0,00015 \cdot dl = 0,00015 \cdot 35 \cdot 32 = 0,17 \text{ мин.}$$

Суммарное основное время $\Sigma T_o = 0,61$ мин.

Определяем штучно-калькуляционное время $T_{\text{шк.}i}$ и $T_{\text{шк.ср.}}$:

$$T_{\text{шк.}1} = \varphi_{k1} \cdot \Sigma T_{o1} = 1,51 \cdot 0,22 = 0,33 \text{ мин,}$$

$$T_{\text{шк.}2} = \varphi_{k2} \cdot \Sigma T_{o2} = 1,26 \cdot 1,46 = 1,84 \text{ мин,}$$

$$T_{\text{шк.}3} = \varphi_{k3} \cdot \Sigma T_{o3} = 1,51 \cdot 0,87 = 1,31 \text{ мин,}$$

$$T_{\text{шк.}4} = \varphi_{k4} \cdot \Sigma T_{o4} = 1,55 \cdot 0,61 = 0,95 \text{ мин,}$$

$$T_{\text{шк.ср.}} = \Sigma T_{\text{шк.}i} / n = 4,43 / 4 = 1,11 \text{ мин.}$$

Определяем такт выпуска:

$$T_B = 60 \cdot F / N = 60 \cdot 4015 / 12000 = 20 \text{ мин / шт.}$$

Определяем коэффициент серийности:

$$K_c = t_B / T_{\text{шк.ср.}} = 20 / 1,11 = 18.$$

Полученное значение коэффициента серийности соответствует средне - серийному производству.

В серийном производстве запуск изделий в производство осуществляется партиями с определённой периодичностью.

Количество деталей в партии для одновременного запуска можно определить упрощённым способом по формулам:

$$n = \frac{N \cdot a}{D}, \quad (4.7)$$

$$n = \frac{N \cdot t}{D}, \quad (4.8)$$

где N – годовая программа выпуска деталей, шт.;

a – периодичность запуска, дн.;

D – число рабочих дней в году;

t – число дней, на которое должен быть запас деталей для обеспечения непрерывной сборки изделий.

В отдельных случаях тип производства по согласованию с руководителем проекта можно определить упрощённым способом с учетом массы детали и годовой программы выпуска по таблицам, приводимым в учебной и справочной литературе по технологии машиностроения.

Таблица 4.1

Годовая программа выпуска деталей для производств

различного типа

Тип производства	Годовая программа выпуска деталей, шт.		
	крупных (М >50 кг)	средних (М=5...20 кг)	мелких (М< 5 кг)
Единичное	<5	<10	<100
Мелкосерийное	5...100	10...200	100...500
Среднесерийное	100...300	200...500	500...5000
Крупносерийное	00...1000	500...5000	5000...50000
Массовое	>1000	>5000	>50000

4.2.4. Обоснование и выбор вида и метода получения исходной заготовки

4.2.4.1. Выбор вида исходной заготовки

Заготовкой называется предмет производства, из которого изменением формы и размеров, свойств материала и шероховатости поверхности изготавливают деталь или неразъёмную сборочную единицу.

Исходной заготовкой называется заготовка в том виде, который она имеет перед первой технологической операцией.

В машиностроении различают следующие основные виды исходных заготовок:

- 1) отливки;
- 2) кованные заготовки;
- 3) штампованные заготовки;
- 4) прокат;
- 5) комбинированные заготовки;
- 6) заготовки, получаемые методом порошковой металлургии.

При выборе вида исходной заготовки учитывают технологические свойства материала заготовки (литейные свойства, пластичность, структуру и др.), конструктивные формы и размеры заготовки, требуемую точность размеров и взаимного расположения поверхностей, шероховатость и физико-механические свойства поверхностного слоя, объём выпуска изделий, срок их изготовления, время, отводимое на подготовку технологической оснастки для изготовления заготовок.

Выбор вида исходной заготовки осуществляют по 2 направлениям:

1) применение точных заготовок, приближающихся по форме и размерам к готовым деталям;

2) применение грубых заготовок, форма и размеры которых значительно отличаются от формы и размеров готовых деталей, причём грубые заготовки упрощены по форме по сравнению с готовыми деталями.

Применение **точных заготовок** требует наличия специального оборудо-

вания и технологической оснастки. Поэтому оно целесообразно в основном в массовом и крупносерийном производствах и реже используется в среднесерийном производстве.

Грубые заготовки изготавливают на универсальном оборудовании с применением минимального количества технологической оснастки в заготовительном цехе. Поэтому грубые заготовки применяются в основном в единичном и мелкосерийном производствах и реже – в среднесерийном производстве.

4.2.4.2 Выбор метода изготовления отливок

В машиностроении отливки изготавливают следующими методами:

- 1) литьём в разовые земляные (песчано-глинистые) формы;
- 2) литьём в постоянные металлические формы (кокили);
- 3) центробежным литьём;
- 4) литьём в оболочковые формы;
- 5) литьём по выплавляемым моделям;
- 6) литьём под давлением.

Литьё в земляные формы применяют для изготовления исходных заготовок с размерами от нескольких миллиметров до нескольких метров для всех материалов, обладающих литейными свойствами, во всех типах производства.

Этот метод литья нашёл наибольшее распространение для изготовления отливок в машиностроении ($\approx 80\%$). Он обладает универсальностью и дешёвизной.

Требуемая точность и качество поверхностного слоя отливок, полученных литьём в земляные формы, зависят от способа формовки (ручная или машинная), материала модели (деревянная или металлическая), состава формовочной смеси.

Отливки имеют равномерную структуру и характеризуются хорошей обрабатываемостью резанием. Литейные уклоны составляют: $1\dots3^\circ$ – для деревянных моделей, $1\dots2^\circ$ – для металлических моделей при ручной формовке, при машинной – $0,5\dots1^\circ$. Минимальная толщина стенок отливки зависит от ее размеров и материала. Для чугунных отливок, имеющих габаритный размер до 250 мм, толщина стенок составляет 3...5 мм, а для стальных отливок – 5... 8 мм.

Точность размеров отливок, полученных литьём в земляные формы, не превышает 14 квалитета точности, а высота неровностей поверхности по 10 точкам $R_z > 320$ мкм.

Для литья в земляные формы характерны большие припуски на механическую обработку поверхностей. Поэтому коэффициент использования материала исходной заготовки обычно составляет 75...85 %.

Литьём в земляные формы получают заготовки рам, корпусов машин, корпусов и крышек редукторов и коробок скоростей, зубчатых колес, маховиков, подшипников, рычагов, муфт и т.п.

Литьё в постоянные металлические формы (кокили) позволяет полу-

чить отливки с точностью размеров до 12 квалитета точности для чёрных металлов и сплавов и до 11 квалитета точности – для цветных металлов и сплавов. Высота неровностей поверхности по 10 точкам таких отливок может быть получена $R_z \geq 40$ мкм.

Стойкость кокилей зависит от температуры заливаемого металла, материала кокиля, размеров, формы и массы отливки, наличия или отсутствия охлаждения кокиля.

При литье в кокиль происходит быстрое охлаждение заливаемого расплава и снижение его текучести. Поэтому толщина стенок отливки должна быть большой (для чёрных металлов и сплавов – не менее 8 мм, а для цветных металлов и сплавов – не менее 3 мм).

Материал отливки, полученной литьём в кокиль, имеет мелкозернистую структуру. Поэтому его физико-механические свойства повышаются на 15...30 % по сравнению с отливками, полученными литьём в разовые земляные формы. При этом устраняется пригар и увеличивается выход годных заготовок.

Литьё в кокиль исключает трудоёмкие операции формовки, сборки и выбивки форм, легче автоматизируется, но стоимость кокилей высокая. Метод применяется в массовом, крупносерийном и среднесерийном производствах.

Центробежное литьё применяют для изготовления отливок типа тел вращения (заготовок втулок, дисков, труб) из чугуна, стали, цветных металлов, твёрдых литейных сплавов в основном в массовом, крупносерийном и среднесерийном производствах. Точность размеров таких отливок – до 12 квалитета, а высота неровностей поверхности по 10 точкам $R_z \geq 40$ мкм.

На центробежных машинах с вертикальной осью вращения, не совмещённой с геометрической осью отливки, получают отливки, не являющиеся телами вращения (рычаги, вилки и т.п.).

Центробежное литьё позволяет получить отливки высокой плотности, но они имеют химическую неоднородность и засорены неметаллическими включениями. Это приводит к увеличению припусков на механическую обработку поверхностей на 25 % по сравнению литьём в кокиль.

Литьё в оболочковые формы применяют для изготовления отливок сложной формы: коленчатых и кулачковых валов, крыльчаток центробежных насосов, ребристых цилиндров. Точность размеров таких отливок – до 12 квалитета точности, высота неровностей поверхности по 10 точкам $R_z \geq 10$ мкм. Некоторые поверхности таких отливок не требуют дальнейшей механической обработки.

Расход формовочных материалов при литье в оболочковые формы сокращается в 10...20 раз по сравнению с литьём в разовые земляные формы.

Литьё в оболочковые формы применяется в основном в массовом, крупносерийном и среднесерийном производствах.

Литьё по выплавляемым моделям применяют для изготовления отливок сложной формы из труднообрабатываемых и труднодеформируемых сплавов с высокой температурой плавления (турбинные лопатки и другие детали сложной формы) в массовом, крупносерийном и среднесерийном произ-

водствах. Точность размеров таких отливок – до 11 квалитета точности, а высота неровностей поверхности по 10 точкам $R_z \geq 10$ мкм.

Литьё по выплавляемым моделям позволяет значительно сократить объём дальнейшей механической обработки (обычно обрабатываются только сопрягаемые поверхности).

Литьё под давлением применяют в основном для изготовления отливок из цветных металлов и сплавов с низкой температурой плавления в массовом и крупносерийном производствах.

Этот метод литья позволяет получить точные заготовки, близкие по форме и размерам к готовой детали. Точность размеров отливок, полученных литьём под давлением, – до 8 квалитета точности, а высота неровностей поверхности по 10 точкам $R_z \geq 2,5$ мкм. Поэтому можно исключить механическую обработку большинства поверхностей отливки.

Сочетание в процессе литья под давлением металлической формы и давления на жидкий металл позволяет получить тонкостенные отливки с толщиной стенок менее 1 мм. При этом прочность отливок повышается на 15... 20 % по сравнению с литьём в разовые земляные формы. Так как стоимость форм для литья под давлением весьма высокая, этот способ целесообразно применять только в массовом и крупносерийном производстве.

Классы размерной точности отливок представлены в табл. 4.2. Величина допусков на отливки определяется по табл. 4.3. Другие параметры точности отливок устанавливаются по табл. 4.4...4.7.

Для изготовления *отливок из чугуна* предусмотрены следующие *марки чугунов*:

серый чугун (ГОСТ 1412–85): СЧ 10; СЧ 15; СЧ 20; СЧ 25; СЧ 30; СЧ 35; СЧ 40;

ковкий чугун (ГОСТ 1215–79): КЧ 30–6; КЧ 33–8; КЧ 35–10; КЧ 37–12; КЧ 45–6; КЧ 50–4; КЧ 56–4; КЧ 60–3;

высокопрочный чугун (ГОСТ 7293–85) ВЧ 45–0; ВЧ 50–1,5; ВЧ 60–2; ВЧ 45–5; ВЧ 40–10.

Таблица 4.2

Классы размерной точности отливок (по ГОСТ 26645-85)

Технологический метод литья	Наибольший габаритный размер отливки, мм	Тип сплава			
		Цветные легкие термообрабатываемые сплавы	Нетермообрабатываемые черные и цветные тугоплавкие сплавы	Термообрабатываемые чугуны и цветные сплавы	Термообрабатываемые стальные сплавы
		Класс размерной точности отливки			
1	2	3	4	5	6
Литье под давлением в металлические формы и по выжигаемым моделям	до 100	3т...6	3...7т	4...7	5т...8
	св. 100 до 250	3...7т	4...7	5т...8	5...9т
	св. 250 до 630	4...7	5т...8	5...9т	6...9
Литье по выплавляемым моделям с применением кварцевых огнеупорных материалов	до 100	4...8	5т...9т	5...9	6...10
	св. 100 до 250	5т...9т	5...9	6...10	7т...11т
	св. 250 до 630	5...9	6...10	7т...11т	7...11
Литье под низким давлением и в Кокиль без песчаных стержней	до 100	5...9т	5...9	6...10	7т...11т
	св. 100 до 250	5...9	6...10	7т...11т	7...11
	св. 250 до 630	6...10	7т...11т	7...11	8...12
Литье в песчано-глинистые сырые формы из низковлажных (до 2,8 %) высокопрочных (более 1,6 кг/см ²) смесей	до 100	5...10	6...11т	7т...11	7...12
	св. 100 до 250	6...11т	7т...11	7...12	8...13т
	св. 250 до 630	7т...11	7...12	8...13т	9т...13
	св. 630 до 1600	7т...12	8...13т	9т...13	9...13

Окончание табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
Литье под низким давлением и в	до 100	5...10	6...11т	7т...11	7...12

кокиль с песчаными стержнями	св. 100 до 250	6...11т	7т...11	7...12	8...13т
Литье в облицовочный кокиль	св. 250 до 630	7т...11	7...12	8...13т	9т...13
Литье в песчано-глинистые формы с влажностью 2,8...3,5%	до 100	6...11т	7т...11	7...12	8...13т
	св. 100 до 250	7т...11	7...12	8...13т	9т...13
Центробежное литье	св. 250 до 630	7...12	8...13т	9т...13	9...13
Литье в песчано-глинистые сырые формы из смесей с влажностью 3,5...4,5%	до 100	7т...11	7...12	8...13т	9т...13
	св. 100 до 250	7...12	8...13т	9т...13	9...13
	св. 250 до 630	8...13т	9т...13	9...13	10...14
Литье в оболочковые формы					
Литье в песчано-глинистые подсушенные и сухие формы	св. 630 до 1600	9т...13	9...13	10...14	11т...14
Литье в песчано-глинистые сырые формы из высоковлажных низкопрочных смесей	до 100	7...12	8...13т	9т...13	9...13
	св. 100 до 250	8...13т	9т...13	9...13	10...14
	св. 250 до 630	9т...13	9...13	10...14	11т...14

Примечания:

1. В таблице указаны диапазоны классов размерной точности отливок, обеспечиваемых различными технологическими процессами литья. Меньшие их значения относятся к простым отливкам и условиям массового автоматизированного производства, большие – к сложным отливкам единичного и мелкосерийного производства, средние – к отливкам средней сложности в условиях механизированного серийного производства.
2. К цветным легкоплавким сплавам относятся сплавы с температурой плавления ниже 700 °С, к цветным тугоплавким - сплавы с температурой плавления выше 700 °С.
3. К легким сплавам относятся сплавы с плотностью до 3,0 г/см³, к тяжелым - сплавы с плотностью выше 3,0 г/см³.

Таблица 4.3

Допуски размеров отливок, мм (ГОСТ 26645-85)

Интервал номиналь- ных разме- ров, мм	Класс точности отливки										
	1	2	3т	3	4	5т	5	6	7т	7	8
	Допуски размеров отливок, мм (не более)										
До 4	0,06	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64
4...6	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70
6...10	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80
10...16	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90
16...25	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00
25...40	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10
40...63	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20
63...100	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40
100...160	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60
160...250	-	-	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80
250...400	-	-	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00
400...630	-	-	-	-	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,20
630...1000	-	-	-	-	-	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40

Окончание табл.4.3

Интервал номиналь- ных раз- меров, мм	Класс точности отливки										
	9т	9	10	11т	11	12	13т	13	14	15	16
	Допуски размеров отливок, мм (не более)										
До 4	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	-	-	-	-	-	-
4...6	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	-	-	-	-	-
6...10	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	-	-	-
10...16	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	-	-
16...25	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0
25...40	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0
40...63	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0
63...100	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0
100...160	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0
160...250	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22,0
250...400	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0
400...630	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22,0	28,0
630...1000	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0

Таблица 4.4

Допуски формы и расположения элементов отливки

Номинальный размер нормируемого участка отливки, мм	Степень коробления элементов отливки										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Допуск формы и расположения элементов отливки, мм, не более										
До 125	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20
125...160	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60
160...200	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00
200...250	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40
250...315	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20
315...400	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00
400...500	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00
500...630	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40
530...800	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00
800-1000	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00	11,00

Примечание. За номинальный размер нормируемого участка при определении допусков формы и расположения поверхности следует принимать наибольший из размеров нормируемого участка элемента отливки, для которого регламентируются отклонения формы и расположения поверхности

Таблица 4.5

Степени точности поверхностей отливок (ГОСТ 26645-85)

Технологический процесс литья	Наибольший габаритный размер отливки, мм	Тип сплава			
		Цветные легкие термообрабатываемые сплавы	Черные и цветные тугоплавкие сплавы, не подвергаемые термобработке, и цветные легкие сплавы, подвергаемые термобработке	Термообрабатываемые чугуны и цветные тугоплавкие сплавы	Термообрабатываемые стальные сплавы
		Степень точности поверхностей			
1	2	3	4	5	6
Литье под давлением в металлические формы	До 100	2-6	3-7	4-8	5-9
	100-250	3-7	4-8	5-9	6-10
	250-630	4-8	5-9	6-10	7-11
Литье в керамические формы, литье по выжигаемым и выплавляемым моделям	До 100	3-8	4-9	5-10	6-11
	100-250	4-9	5-10	6-11	7-12
	250-630	5-10	6-11	7-12	8-13
Литье под низким давлением и в кокиль без песчаных стержней, центробежное литье	До 100	4-9	5-10	6-11	7-12
	100-250	5-10	6-11	7-12	8-13
	250-630	6-11	7-12	8-13	9-14

Продолжение табл. 4.5

1	2	3	4	5	6
Литье в оболочковые формы из термореактивных смесей. Литье в облицованный кокиль, литье в вакуумно-пленочные песчаные формы	До 100	6-12	7-13	8-14	9-15
	100-250	7-13	8-14	9-15	10-16
	250-630	8-14	9-15	10-16	11-17
Литье по газифицируемым моделям в песчаные формы Литье в песчано-глинистые сырые формы из низко-влажных (до 2,8%) высоко-прочных (более 1,6 кг/мм ²) смесей с высоким и одно-родным уплотнением Литье в песчаные отверж-денные, сухие формы Литье в кокиль с песчаными стержнями	До 100	7-14	8-15	9-16	10-17
	100-250	8-15	9-16	10-17	11-18
	250-630	9-16	10-17	11-18	12-19
	630-1600	10-17	11-18	12-19	13-19

Продолжение табл. 4.5

1	2	3	4	5	6
Литье в песчано-глинистые формы с влажностью 2,8%...3,5%, прочностью 1,2-1,6 кг/см ² , со средним уровнем уплотнения до твердости не ниже 80 единиц	До 100	8-15	9-16	10-17	11-18
	100-250	9-16	10-17	11-18	12-19
Литье в песчаные отвержденные, сухие или подсушенные формы, окрашенные покрытиями на водной основе	250-630	10-17	11-18	12-19	13-19
	630-1600	11-18	12-19	13-19	14-20
Литье в песчано-глинистые сырые формы из смесей с влажностью 3,5%...4,5% и прочностью 0,6...1,2 кгс/см ² с уровнем уплотнения до твердости ≥ 70 единиц	До 100	9-16	10-17	11-18	12-19
	100-250	10-17	11-18	11-18	12-19
	250-630	11-18	12-19	13-19	14-20
	630-1600	12-19	13-19	14-20	15-20

Окончание табл. 4.5

1	2	3	4	5	6
Литье в песчано-глинистые сырые формы из высоковлажных (более 4,5 %) низкопрочных смесей с низким уровнем уплотнения до 70 единиц	До 100	10-17	11-18	12-19	13-19
	100-250	11-18	12-18	13-19	14-20
Литье в песчаные отвержденные, сухие или подсушенные неокрашенные формы	250-630	12-19	13-19	14-20	15-20
Литье в формы из жидких самотвердеющих смесей	630-1600	13-19	14-20	15-20	16-21

Примечание. В таблице указаны диапазоны степеней точности поверхности отливок, обеспечиваемых различными технологическими процессами литья. Меньшие из значений относятся к простым отливкам и условиям массового автоматизированного производства, большие - к сложным отливкам единичного и мелкосерийного производства, средние - к отливкам средней сложности в условиях механизированного серийного производства.

Степень коробления отливок

Отношение наименьшего- элемента от- ливки к наи- большему (толщины или высоты к дли- не элемента от- ливки)	Степень коробления отливки			
	Многоразовые формы		Разовые формы	
	Отливки не подвер- гаемые термичес- кой обра- ботке	Отливки, подвергае- мые терми- ческой обра- ботке	Отливки, не подвергаемые термической обработке	Отливки, подвергае- мые терми- ческой об- работке
Свыше 0,200	1 - 4	2 - 5	3 - 6	4 - 7
0,100 - 0,200	2 - 5	3 - 6	4 - 7	5 - 8
0,050 - 0,100	3 - 6	4 - 7	5 - 8	6 - 9
0,025 - 0,050	4 - 7	5 - 8	6 - 9	7 - 10
- 0,025	5 - 8	6 - 9	7 - 10	8 - 11

Примечания:

1. Меньшие значения из диапазонов степеней коробления относятся к простым отливкам из легких цветных сплавов, большие значения - к сложным отливкам черных сплавов.
2. Степень коробления отливки, указываемую на чертеже, следует принимать по ее элементу с наибольшей степенью коробления.

Ряды припусков на обработку отливок

Степени точности поверхности	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10
Ряды припусков	1-2	1-3	1-4	2-5	3-6
Степени точности поверхности	11-12	13-14	15	16	17
Ряды припусков	4-7	5-8	6-9	7-10	8-11
Степени точности поверхности	18	19	20	21	22
Ряды припусков	9-12	10-13	11-14	12-15	13-16

Примечания: Меньшие значения рядов припусков из диапазонов их значений следует принимать для термообработываемых отливок из цветных легкоплавких сплавов, большие значения – для отливок из ковкого чугуна, средние – для отливок из серого и высокопрочного чугуна, термообработываемых отливок из стальных и цветных тугоплавких сплавов.

Минимальный литейный припуск на сторону, мм
(ГОСТ 26645-85)

Ряд припуска отливки	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Минимальный литейный припуск на сторону, мм, не более	0,1	0,2	0,3	0,5	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
Ряд припуска отливки	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Минимальный литейный припуск на сторону, мм, не более	1,6	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0

Для изготовления *отливок из стали* предусмотрены следующие *марки сталей* (ГОСТ 977–88):

конструкционные нелегированные: 15Л; 20Л; 25Л; 30Л; 35Л; 40Л; 45Л; 50Л.
конструкционные легированные: 20ГЛ; 35ГЛ; 20ГСЛ; 30ГСЛ; 20ФЛ; 20Г1ФЛ; 30ХГСФЛ; 45ФЛ; 32Х06Л; 40ХЛ; 20ХМЛ; 35ХМЛ; 30ХНМЛ; 35ХГСЛ; 35НГМЛ; 20ДХЛ.

Минимальный литейный припуск на обработку поверхности назначают в соответствии с табл. 4.8 для устранения неровностей и дефектов литой поверхности и уменьшения её шероховатости при отсутствии необходимости в повышении точности размеров, формы и расположения обрабатываемой поверхности.

Общие припуски назначают по значениям общих допусков, (табл. 4.9) которые учитывают не только допуск размера поверхности, но и допуск формы и расположения. При ненормированных требованиях к точности формы и расположения поверхностей отливки общие припуски устанавливают по допускам размеров отливки от обрабатываемой поверхности до базы обработки.

Общий припуск назначают в соответствии с табл. 4.10 для устранения погрешностей размеров, формы и расположения, неровностей и дефектов обрабатываемой поверхности, возникающих при изготовлении отливки и последовательных переходах её обработки, в целях повышения точности обрабатываемого элемента отливки.

Общие припуски назначают по полным значениям общих допусков во всех случаях за исключением:

а) на поверхности вращения и противоположные поверхности, используемые в качестве взаимных баз при их обработке, назначают общий припуск по половинным значениям общих допусков отливки на соответствующие диаметры или расстояниями между противоположными поверхностями отливки;

б) при индивидуальной обработке отливок с установкой их с выверкой обрабатываемой поверхности относительно номинальной припуски назна-

чают по половинным значениям допуска формы и расположения обрабатываемой поверхности при односторонних отклонениях формы и расположения, и по полному допуску формы и расположения при двусторонних отклонениях формы и расположения обрабатываемой поверхности относительно номинальной поверхности отливки.

Значение общего припуска для каждого интервала общих допусков выбирают по строке, соответствующей окончательному методу обработки данной поверхности.

Таблица 4.9

Общие допуски элементов отливок, мм

Допуск размера от поверхности до базы	Допуск формы и расположения поверхности	Общий допуск элемента отливки, не более
1	2	3
0,24...0,32	До 0,06	0,32
	0,06...0,12	0,36
	0,12...0,20	0,40
	0,20...0,24	0,44
	0,24...0,32	0,50
	0,32...0,40	0,56
	0,40...0,50	0,70
0,32...0,40	До 0,08	0,40
	0,08...0,16	0,44
	0,16...0,24	0,50
	0,24...0,32	0,56
	0,32...0,40	0,64
	0,40...0,50	0,70
0,40...0,50	До 0,12	0,50
	0,12...0,24	0,56
	0,24...0,32	0,64
	0,32...0,40	0,70
	0,40...0,50	0,80
	0,50...0,64	0,90

Продолжение табл. 4.9

1	2	3
0,50-0,64	До 0,12	0,64
	0,12...0,24	0,70
	0,24...0,40	0,80
	0,40...0,50	0,90
	0,50...0,64	1,00
	0,64...0,80	1,20
	0,80...1,00	1,40

	1,00...1,20 1,20...1,28	1,60 1,80
0,64-0,80	До 0,20 0,20...0,40 0,40...0,50 0,50...0,64 0,64...0,80 0,80...1,00 1,00...1,20 1,20...1,60	0,80 0,90 1,00 1,10 1,20 1,40 1,80 2,20
0,80-1,00	До 0,24 0,24...0,40 0,40...0,64 0,64...0,80 0,80...1,00 1,00...1,20 1,20...1,60	1,00 1,10 1,20 1,40 1,60 1,80 2,20
1,00-1,20	До 0,32 0,32...0,64 0,64...0,80 0,80...1,00 1,00...1,20 1,20...1,60 1,60...2,00	1,20 1,40 1,60 1,80 2,00 2,40 2,80
1,20-1,60	До 0,40 0,40...0,80 0,80...1,00 1,00...1,20 1,20...1,60 1,60...2,00 2,00...2,40 2,40...3,20	1,60 1,80 2,00 2,20 2,40 2,60 3,60 4,00

Продолжение табл. 4.9

1	2	3
1,60-2,00	До 0,40 0,40...0,80 0,80...1,20 1,20...1,60 1,60...2,00 2,00...2,40 2,40...3,20 3,20...4,00	2,00 2,20 2,40 2,80 3,20 3,60 4,40 5,60
2,00-2,40	До 0,64 0,64...1,20 1,20...1,60 1,60...2,00 2,00...2,40 2,40...3,20 3,20...4,00 4,00...4,80	2,40 2,80 3,20 3,60 4,00 4,40 5,60 6,40
2,40 – 3,20	До 0,80 0,80...1,60 1,60...2,00 2,00...2,40 2,40...3,20 3,20...4,00 4,00...5,00	3,20 3,60 4,00 4,40 5,00 5,60 7,00
3,20-4,00	До 1,00 1,00...1,60 1,60...2,40 2,40...3,20 3,20...4,00 4,00...5,00	4,00 4,40 5,00 5,60 6,40 7,00
4,00-5,00	До 1,20 1,20...2,40 2,40...3,20 3,20...4,00 4,00...5,00 5,00...6,40 6,40...8,00	5,00 5,60 6,40 7,00 8,00 9,00 11,00

Окончание табл. 4.9

1	2	3
5,0-0-6,40	До 1,20	6,40
	1,20...2,40	7,00
	2,40...4,00	8,00
	4,00...5,00	9,00
	5,00...6,40	10,00
	6,40...8,00	12,00
	8,00...10,00	14,00
	10,00...12,00	16,00
6,40-8,00	До 2,00	8,00
	2,00...4,00	9,00
	4,00...5,00	10,00
	5,00...6,40	11,00
	6,40...8,00	12,00
	8,00...10,00	14,00
	10,00...12,00	16,00
	12,00...16,00	22,00
8,00-10,00	До 2,40	10,00
	2,40...4,00	11,00
	4,00...6,40	12,00
	6,40...8,00	14,00
	8,00...10,00	16,00
	10,00...12,00	18,00
	12,00...16,00	22,00
	10,00-12,00	До 3,20
3,20...6,40		14,00
6,40...8,00		16,00
8,00...10,00		18,00
10,00...12,00		20,00
12,00...16,00		24,00
16,00...20,00		28,00
20,00...24,00		32,00

Для изготовления *отливок из цветных металлов* предусмотрены следующие марки алюминиевых литейных сплавов: АЛ1; АЛ2; АЛ3; АЛ3В; АЛ4; АЛ4В; АЛ5; АЛ6; Л7; АЛ7В; АЛ8; АЛ9; АЛ9В; АЛ10; АЛ10В; АЛ11; АЛ12; АЛ13; АЛ15В; АЛ16В; АЛ17В; АЛ18В.

Таблица 4.10

Общие припуски отливок на сторону, мм (ГОСТ 26645-85)

Общий допуск элементов поверхности, мм	Вид окончательной механической обработки	Ряд припусков отливки								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Общий припуск на сторону, мм (не более)								
Свыше 0,80 до 0,90	Черновая	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8
	Получистовая	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,1	2,3
	Чистовая	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,2	2,4
	Тонкая	1,4	1,4	1,6	1,6	1,8	1,9	2,1	2,4	2,5
Свыше 0,90 до 1,00	Черновая	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,7	1,9
	Получистовая	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,1	2,4
	Чистовая	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,3	2,5
	Тонкая	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,6	2,7
Свыше 1,00 до 1,10	Черновая	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0
	Получистовая	1,1	1,3	1,4	1,4	1,6	1,6	1,9	2,2	2,4
	Чистовая	1,4	1,4	1,6	1,6	1,8	1,9	2,1	2,4	2,6
	Тонкая	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7
Свыше 1,10 до 1,20	Черновая	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0
	Получистовая	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,3	2,5
	Чистовая	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,5	2,7
	Тонкая	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,1	2,4	2,7	2,8
Свыше 1,20 до 1,40	Черновая	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,1
	Получистовая	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,5	2,7
	Чистовая	1,8	1,9	1,9	2,1	2,2	2,3	2,5	2,8	3,0
	Тонкая	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	2,9	3,2
Свыше 1,40 до 1,60	Черновая	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3
	Получистовая	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,4	2,7	2,9
	Чистовая	1,9	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,0	3,1
	Тонкая	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1	3,4

Продолжение табл. 4.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Свыше 1,60 до 1,80	Черновая	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3
	Получистовая	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,5	2,8	3,0
	Чистовая	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	3,1	3,3
	Тонкая	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	3,0	3,4	3,6
Свыше 1,80 до 2,00	Черновая	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4
	Получистовая	1,9	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,0	3,4
	Чистовая	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	3,0	3,4	3,6
	Тонкая	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,3	3,6	3,8
Свыше 2,00 до 2,20	Черновая	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6
	Получистовая	2,1	2,3	2,4	2,4	2,5	2,7	2,8	3,2	3,4
	Чистовая	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,0	3,6	3,8
	Тонкая	2,9	3,0	3,1	3,1	3,3	3,4	3,6	3,9	4,1
Свыше 2,20 до 2,40	Черновая	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7
	Получистовая	2,4	2,5	2,6	2,6	2,8	2,9	3,1	3,4	3,6
	Чистовая	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	3,3	3,5	3,8	3,9
	Тонкая	3,1	3,1	3,3	3,4	3,4	3,6	3,8	4,1	4,3
Свыше 2,40 до 2,80	Черновая	1,8	1,9	1,9	2,1	2,2	2,3	2,6	2,9	2,5
	Получистовая	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,6	3,8	3,3
	Чистовая	3,0	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	4,0	4,3	3,8
	Тонкая	3,5	3,6	3,7	3,8	3,8	3,9	4,4	4,6	4,1
Свыше 2,80 до 3,20	Черновая	1,9	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,9	3,1
	Получистовая	3,0	3,1	3,1	3,3	3,4	3,4	3,6	4,0	4,1
	Чистовая	3,4	3,6	3,6	3,8	3,9	4,0	4,1	4,5	4,6
	Тонкая	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,3	4,5	4,8	5,0

Продолжение табл. 4.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Свыше 3,20 до 3,60	Черновая	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1	3,3
	Получистовая	3,3	3,4	3,4	3,6	3,6	3,8	4,0	4,3	4,5
	Чистовая	3,9	4,0	4,1	4,3	4,3	4,4	4,6	4,9	5,2
	Тонкая	4,3	4,4	4,4	4,5	4,6	4,8	4,9	5,3	5,5
Свыше 3,60 до 4,00	Черновая	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,2	3,4	3,6
	Получистовая	3,6	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,4	4,8	4,9
	Чистовая	4,3	4,4	4,4	4,5	4,6	4,9	4,9	5,3	5,5
	Тонкая	4,8	4,9	5,0	5,2	5,2	5,3	5,4	5,8	6,0
Свыше 4,00 до 4,40	Черновая	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,3	3,5	3,7
	Получистовая	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,3	4,5	4,8	5,0
	Чистовая	4,5	4,6	4,8	4,8	4,9	5,0	5,1	5,4	5,8
	Тонкая	4,9	5,0	5,2	5,3	5,3	5,5	5,6	6,0	6,2
Свыше 4,40 до 5,00	Черновая	2,9	3,0	3,1	3,1	3,3	3,4	3,6	3,8	4,0
	Получистовая	4,3	4,4	4,4	4,5	4,6	4,8	4,9	5,3	5,5
	Чистовая	5,0	5,1	5,3	5,3	5,4	5,5	5,8	6,0	6,3
	Тонкая	5,6	5,8	5,8	6,0	6,0	6,2	6,3	6,7	6,9
Свыше 5,00 до 5,60	Черновая	-	3,3	3,4	3,4	3,6	3,6	3,9	4,1	4,3
	Получистовая	-	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,8	6,0
	Чистовая	-	5,8	5,8	6,0	6,0	6,2	6,3	6,7	6,9
	Тонкая	-	6,3	6,5	6,5	6,7	6,7	6,9	7,3	7,5
Свыше 5,60 до 6,40	Черновая	-	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,4	4,6	4,8
	Получистовая	-	5,1	5,3	5,3	5,4	5,6	5,8	6,0	6,3
	Чистовая	-	6,1	6,3	6,3	6,5	6,5	6,7	7,1	7,3
	Тонкая	-	6,9	7,1	7,1	7,3	7,3	7,5	7,8	8,0

Окончание табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Свыше 6,40 до 7,00	Черновая	-	-	4,3	4,3	4,4	4,5	4,8	4,9	5,2
	Получистовая	-	-	5,8	6,0	6,0	6,2	6,3	6,7	6,9
	Чистовая	-	-	6,9	7,1	7,1	7,3	7,5	7,8	8,0
	Тонкая	-	-	7,8	7,8	7,8	8,0	8,3	8,5	8,8
Свыше 8,00 до 9,00	Черновая	-	-	-	5,3	5,4	5,6	5,8	6,0	6,1
	Получистовая	-	-	-	7,3	7,5	7,5	7,8	8,0	8,3
	Чистовая	-	-	-	9,0	9,0	9,3	9,3	9,8	9,8
	Тонкая	-	-	-	9,8	9,8	9,8	10,0	10,5	10,5
Свыше 9,00 до 10,00	Черновая	-	-	-	6,0	6,0	6,2	6,3	6,5	6,7
	Получистовая	-	-	-	8,3	8,3	8,5	8,5	9,0	9,0
	Чистовая	-	-	-	9,8	9,8	9,8	10,0	10,5	10,5
	Тонкая	-	-	-	11,0	11,0	11,0	11,5	11,5	12,0
Свыше 10,00 до 11,00	Черновая	-	-	-	-	6,5	6,5	6,7	6,9	7,1
	Получистовая	-	-	-	-	8,5	8,8	8,8	9,3	9,3
	Чистовая	-	-	-	-	10,0	10,0	10,5	10,5	11,0
	Тонкая	-	-	-	-	11,0	11,5	11,5	12,0	12,0
Свыше 11,00 до 12,00	Черновая	-	-	-	-	7,1	7,3	7,5	7,5	7,8
	Получистовая	-	-	-	-	9,3	9,5	9,5	9,8	10,0
	Чистовая	-	-	-	-	11,0	11,0	11,5	11,5	12,0
	Тонкая	-	-	-	-	12,5	12,5	13,0	13,0	13,5

Таблица 4.11

Соотношение между требуемой точностью обработанной поверхности детали и исходной точностью поверхности отливки (ГОСТ 26645-85)

Допуск размера отливки	Соотношение между допусками размера детали и отливки от базы обработки до обрабатываемой поверхности	Вид окончательной механической обработки
До 0,5	Свыше 0,40 0,15 ... 0,40 0,10 ... 0,15 - 0,10	Черновая Получистовая Чистовая Тонкая
0,5 ... 1,0	Свыше 0,30 0,10 ... 0,30 0,05 ... 0,10 - 0,05	Черновая Получистовая Чистовая Тонкая
1,0 ... 2,0	Свыше 0,20 0,10 ... 0,20 0,05 ... 0,10 - 0,05	Черновая Получистовая Чистовая Тонкая
2,0 ... 5,0	Свыше 0,15 0,15...0,40 0,10...0,15 -0,10	Черновая Получистовая Чистовая Тонкая
Свыше 5,0	Свыше 0,10 0,05 ... 0,10 0,02 ... 0,05 - 0,02	Черновая Получистовая Чистовая Тонкая

По табл. 4.11 и 4.12 можно предварительно определить количество и виды переходов обработки поверхности, зная допуски размера данного элемента для отливки и детали. Например: допуск размера отливки рассматриваемой поверхности $T_{отл.} = 1,2$ мм, допуск детали по ее чертежу $T_d = 0,084$ мм, их отношение составляет 0,07. Следовательно для обработки этой поверхности необходимо использовать черновую, получистовую и чистовую обработку.

Для более грубых рядов припусков величину общего припуска можно найти в [5, табл. 2.10].

Таблица 4.12

Соотношение погрешностей формы и расположения поверхностей
детали и отливки

Допуск размера отливки	Соотношение между допусками формы и расположения обработанной поверхности детали и обрабатываемой поверхностью отливки	Вид окончательной механической обработки
До 0,5	Свыше 0,40 0,15 - 0,40 0,10 - 0,15 - 0,10	Черновая Получистовая Чистовая Тонкая
0,5 - 1,0	Свыше 0,30 0,10 - 0,30 0,05 - 0,10 - 0,05	Черновая Получистовая Чистовая Тонкая
1,0 - 2,0	Свыше 0,20 0,10 - 0,20 0,05 - 0,10 - 0,05	Черновая Получистовая Чистовая Тонкая
2,0 - 5,0	Свыше 0,15 0,15-0,40 0,10-0,15 -0,10	Черновая Получистовая Чистовая Тонкая
Свыше 5,0	Свыше 0,10 0,05 - 0,10 0,02 - 0,05 - 0,02	Черновая Получистовая Чистовая Тонкая

Примечания:

1. При неуказанных допусках формы и расположения обрабатываемой поверхности отливки их суммарное значение принимают равным 25 % допуска размера от базы до обрабатываемой поверхности отливки.

2. При неуказанных допусках формы и расположения обработанной поверхности детали их суммарное значение принимают равным 50 % допуска размера от базы до обработанной поверхности детали.

4.2.4.3. Выбор метода изготовления кованных и штампованных заготовок

Кованые заготовки изготавливают свободной ковкой на молотах и прессах с применением универсальных инструментов или ковкой с примене-

нием подкладных штампов и подкладных колец.

Свободная ковка с применением универсальных инструментов используется в единичном и мелкосерийном производствах, а ковка с применением подкладных штампов и подкладных колец – в среднесерийном производстве.

Применение подкладных штампов и подкладных колец позволяет приблизить форму поковки к форме готовой детали и сократить расход материала на 15...20 % по сравнению с ковкой с применением универсальных инструментов.

Ковка позволяет получать крупные заготовки из углеродистой и легированной стали путём последовательного деформирования отдельных участков заготовки и улучшить физико-механические свойства материала заготовки.

Штампованные заготовки изготавливают следующими методами:

- 1) горячей объёмной штамповкой в открытых штампах;
- 2) горячей объёмной штамповкой в закрытых штампах;
- 3) горячей штамповкой на горизонтально-ковочных машинах;
- 4) холодной объёмной штамповкой;
- 5) холодной листовой штамповкой;
- 6) штамповкой с последующей чеканкой.

Горячая объёмная штамповка в открытых штампах применяется в среднесерийном, крупносерийном и массовом производствах для изготовления заготовок, форма которых позволяет извлекать заготовку из полости штампа (с уклонами в одну сторону). Исходными заготовками в этом случае служат катаные и кованные заготовки. При использовании катаных исходных заготовок для штамповки применяют многоручьевые штампы, имеющие заготовительные ручки для придания заготовке переходных форм, и окончательный ручей. При использовании кованных исходных заготовок для штамповки применяют штамп, имеющий только окончательный ручей, а исходную заготовку предварительно изготавливают ковкой на другом оборудовании.

Горячая объёмная штамповка обычно производится на молотах и прессах. При штамповке в открытых штампах значительная часть энергии расходуется на деформирование облоя (заусенца). Виды таких поковок показаны на рис.4.1.

Масса заготовок, получаемых горячей объёмной штамповкой в открытых штампах, обычно составляет от 0,5 до 30 кг. Точность размеров таких заготовок – до 0,4 мм, а высота неровностей поверхности по 10 точкам $R_z \geq 160$ мкм.

Недостатком горячей объёмной штамповки в открытых штампах является наличие облоя и больших штамповочных углов.

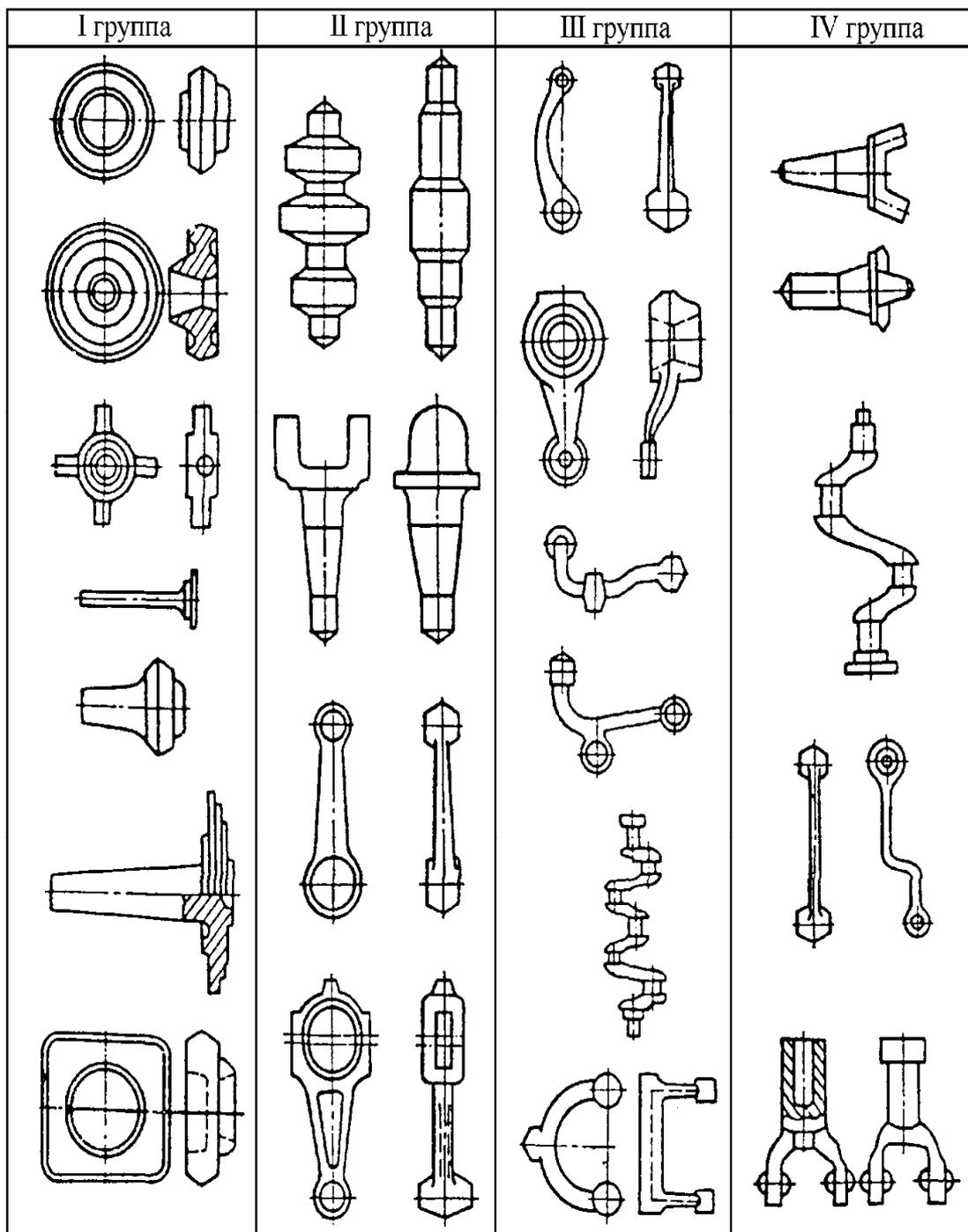


Рис. 4.1. Виды поковок, штампуемых на молотах и горячештамповочных прессах:

I - плоские поковки (штампуемые в торец); II - поковки с удлиненной осью, штампуемые с разъемом по плоскости, проходящей через продольную ось детали; III - поковки с изогнутой осью, для изготовления которых требуется гибочный ручей; IV - поковки, изготавливаемые методом комбинированной штамповки: на прессе и молоте, прессе и ГКМ, при других сочетаниях кузнечно-прессового оборудования

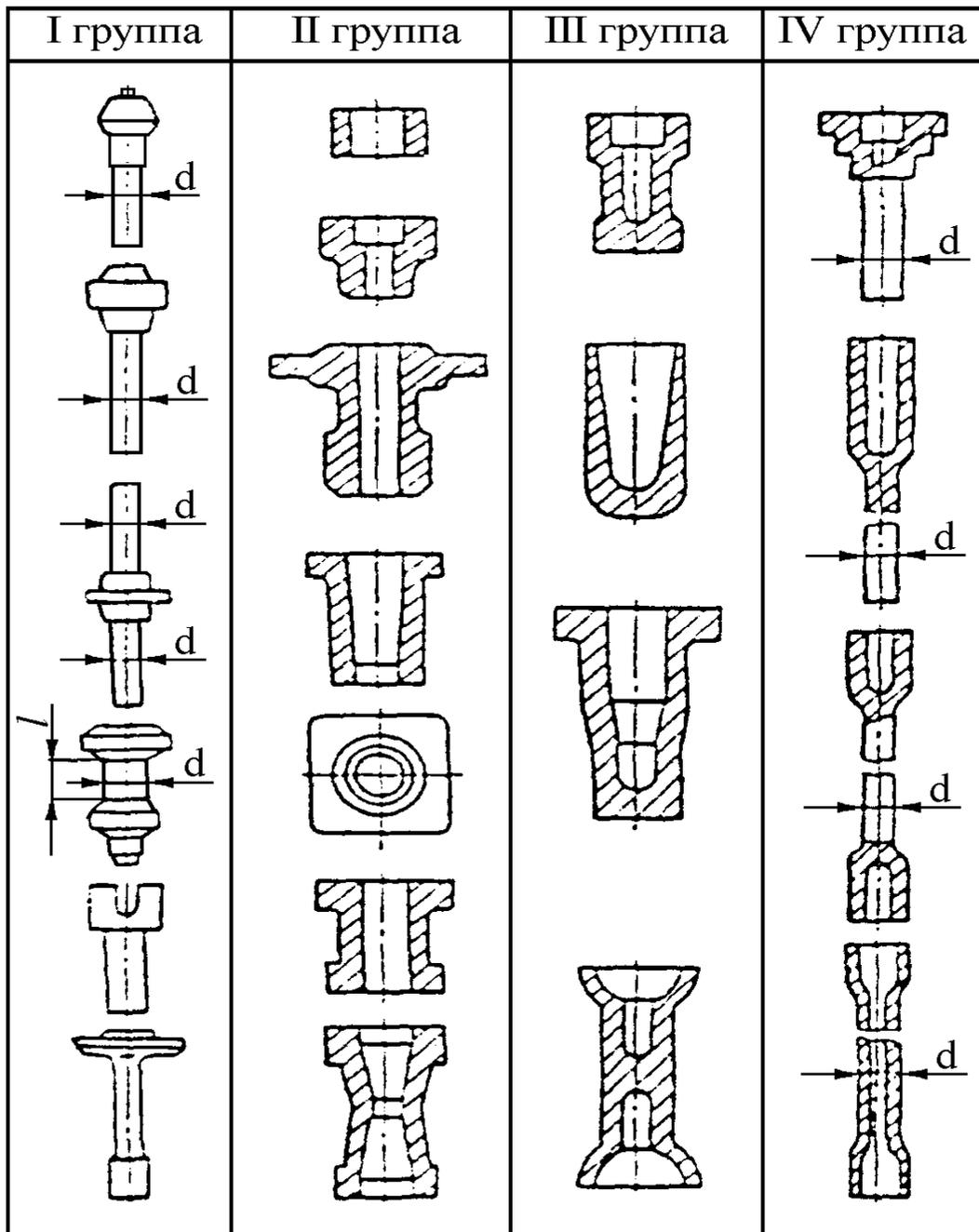


Рис. 4.2. Поковки, штампуемые на горизонтально-ковочных машинах:

I группа - поковки типа стержня с утолщением; II - поковки нестержневого типа со сквозным отверстием, у которых все размеры не равны диаметру заготовки (прутка) ; III - поковки, аналогичные поковкам II группы, но с глухими прошитыми отверстиями; IV - поковки типа стержня, у которых на концах имеются утолщения с прошитыми глухими или сквозными отверстиями

Горячая объёмная штамповка в закрытых штампах применяется в среднесерийном, крупносерийном и массовом производствах для изготовления заготовок, имеющих форму тел вращения или близкую к ним с уклонами в обе стороны. При этом методе штамповки исходная заготовка должна иметь тот же объём, что и штампованная заготовка, но с учётом отхода на угар при нагреве.

В этом случае штамп состоит из верхней и нижней половин. Поверхность разъёма половин штампа может быть плоской или криволинейной.

При штамповке в закрытых штампах энергия молота или усилие прессы почти полностью идут на деформирование заготовки.

Штампованные заготовки, полученные в закрытых штампах, имеют более высокое качество микроструктуры, чем у заготовок, полученных в открытых штампах, но закрытые штампы сложнее и дороже открытых штампов, а также имеют более низкую стойкость по сравнению с открытыми штампами.

Горячая штамповка на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ) обычно применяется для изготовления заготовок простой формы типа стержней, втулок, колец (см. рис 4.2) и т. п. массой от 0,1 до 100 кг, изготавливаемых из углеродистой и легированной стали, цветных металлов и сплавов, в среднесерийном, крупносерийном и массовом производствах.

Холодная объёмная штамповка (высадка) применяется для изготовления заготовок, имеющих форму тел вращения в виде стержней с утолщением на одном конце (заготовки болтов, винтов, заклёпки и т.п.), из углеродистой и легированной стали, цветных металлов и сплавов в среднесерийном, крупносерийном и массовом производствах.

Этот метод штамповки очень энергоёмок.

Холодная листовая штамповка применяется для изготовления из листа или полосы заготовок деталей типа кожухов, крышек, щитков, колпаков, дисков, колец и т.п. из углеродистых, нержавеющей, жаропрочных и высокопрочных сталей, алюминиевых, магниевых и титановых сплавов, неметаллических материалов (пластмассы, картона, фибры, резины и др.).

Чеканка применяется в качестве отделочной операции после штамповки. Чеканка может быть плоской и объёмной. Её часто называют калибровкой. Точность размеров заготовки после чеканки – до 0,05 мм, высота неровностей поверхности по 10 точкам $R_z \geq 5$ мкм.

При выборе заготовок, получаемых обработкой давлением, следует иметь в виду, что наиболее производительными методами являются холодная высадка на автоматах и поперечно-винтовая прокатка. Штамповка на кривошипных прессах в 2...3 раза производительнее штамповки на молотах, припуски и допуски уменьшаются на 20...35 %, расход металла на поковки – на 10...15 %.

4.2.4.4. Выбор вида проката

Прокат разделяется на сортовой и фасонный.

Сортовым называют прокат, у которого касательная к любой точке контура поперечного сечения данное сечение не пересекает. К сортовому прокату относятся круглый, квадратный, шестигранный, листовой, полосовой прокат.

Фасонным называют прокат, у которого касательная хотя бы к одной точке контура поперечного сечения данное сечение пересекает. К фасонному прокату относятся горячекатаные двутавровые балки, швеллеры, уголки (равнополочный и неравнополочный) и профили специального назначения.

Сортовой прокат по методам изготовления делится на горячекатаный, калиброванный (холоднотянутый) и со специальной отделкой поверхности.

Горячекатаный сортовой прокат имеет грубую точность размеров поперечного сечения и низкое качество поверхности.

Калиброванный сортовой прокат имеет высокую точность размеров поперечного сечения (до 9 качества точности) и повышенное качество поверхности (у него отсутствует прокатная окалина).

Сортовой прокат со специальной отделкой поверхности (серебрянка) производится только круглого сечения. Специальная отделка поверхности проката достигается удалением поверхностного слоя металла обтачиванием или шлифованием.

Калиброванный прокат применяется обычно для изготовления деталей на высокопроизводительных токарных станках-автоматах, а также для изготовления штучных заготовок холодной штамповкой. Высокая точность и качество поверхности калиброванного проката позволяют значительно сократить расход металла при его дальнейшей обработке. Отсутствие прокатной окислы на поверхности калиброванного проката увеличивает срок службы режущего инструмента.

Калиброванный прокат со специальной отделкой поверхности применяется для изготовления длинных цилиндрических деталей типа штоков, скалок, штифтов и т.п. деталей, у которых диаметр и качество наружной поверхности большой длины совпадают с диаметром и качеством поверхности проката.

Для выбора метода получения заготовки сравниваются два варианта по себестоимости получения заготовки. Методика определения себестоимости заготовок приведена далее.

Характеристики заготовок, полученных различными методами, приведены в прил. П.2.1...2.14.

В данном разделе пояснительной записки приводится эскиз заготовки с указанием её габаритных размеров.

4.2.4.5. Экономическое обоснование выбора заготовки

При выборе вида и метода получения заготовки для проектируемого технологического процесса при условии неизменности процесса механической обработки изготовления детали, а следовательно и его себестоимости, экономическое обоснование можно давать только по себестоимости заготовок. Если же сопоставляемые варианты оказываются равноценными, предпочтение следует отдавать варианту заготовки с более высоким коэффициентом использования материала.

Стоимость заготовок, получаемых литьём или штамповкой можно определить по формуле

$$S_{\text{заг}} = (C_i \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{\Pi}) - (Q - q) S_{\text{отх}} / 1000, \quad (4.9)$$

где C_i - базовая стоимость 1 тонны заготовок, руб; K_T ; K_C ; K_B ; K_M ; K_{Π} - коэффициенты, зависящие соответственно от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объёма производства заготовок; Q - масса заготовки, кг; q - масса детали, кг; $S_{\text{отх}}$ - стоимость 1 тонны отходов, руб.

Массу заготовки в курсовом проекте можно приближенно определить с учетом среднего значения коэффициента использования материала $K_{\text{им}}$ для рассматриваемых вариантов получения заготовки.

Если деталь изготавливается из проката, то стоимость заготовки определяется по ее массе и массе отходов, сдаваемых в металлолом:

$$S_{\text{заг}} = Q \cdot C_i - (Q - q) S_{\text{отх}} / 1000, \quad (4.10)$$

где Q - масса заготовки, кг; C_i - стоимость 1 кг материала заготовки; q - масса детали, кг; S - стоимость 1 т отходов, руб.

Данные, необходимые для определения себестоимости заготовок в серийном производстве, приведены в табл. 4.13...4.30.

Таблица 4.13

Значения коэффициента K_c

Материал отливки	Значение K_c для группы сложности				
	1	2	3	4	5
Чугун, сталь	0,70	0,83	1,00	1,20	1,45
Алюминиевые сплавы	0,82	0,89	1,00	1,10	1,22
Магниевые сплавы	0,82	0,90	1,00	1,11	1,25
Медные сплавы	0,97	0,98	1,00	1,02	1,04

Таблица 4.14

Базовая стоимость отливок, $S_{отл}$, рублей за тонну

Метод литья	Материал		
	Серый чугун СЧ15	Ковкий чугун	Низколегированная сталь
В песчаную форму:			
-ручная формовка	43000		63000
-машинная формовка	36000	46000	58000
В оболочковую форму	54000	70000	61000
В кокиль	41000	52200	
Центробежное	36000		
По выплавляемым моделям при массе отливки, кг			
до 0,150	252000		260000
св. 0,150	212000		240000

Таблица 4.15

Значения коэффициента K_T

Класс точности по ГОСТ 26645-85 (для отливок из черных сплавов)	1...4	5...8	9...12	13...16
K_T	1,06	1,03	1,0	0,94

Группы сложности отливок

К первой группе относятся отливки простой геометрической формы: плоские, круглые или полусферические; наружные поверхности гладкие или плоские с наличием невысоких ребер, бобышек, выступов и углублений. Внутренние полости неглубокие; выполняются обычно простым стержнем. К этой группе можно отнести: крышки, вилки, рычаги, диски, кронштейны простой формы.

Вторая группа – отливки в виде сочетания простых геометрических тел, плоские, круглые или полусферические, открытой коробчатой формы. Наружные поверхности плоские и криволинейные с ребрами, буртиками, бобышками. Внутренние полости большой протяженности или высокие получаются с помощью нескольких стержней. К этой группе относятся крышки фигурные, стойки простой конфигурации, шатуны, шкивы, простые корпуса и т.п.

Третья группа – отливки открытой коробчатой, сферической, цилиндрической и другой формы. Наружные поверхности – плоские и криволинейные с нависающими частями, ребрами, бобышками, фланцами с отверстиями и углублениями сравнительно сложной конфигурации. К этой группе относятся двухвенцовые звездочки и зубчатые колеса, рычаги и кронштейны сложной конфигурации, корпуса редукторов и коробок передач и т.п.

К четвертой группе относятся отливки закрытой и частично открытой коробчатой и цилиндрической форм. Наружные поверхности – криволинейные и плоские с примыкающими кронштейнами, фланцами, патрубками и другими конструктивными элементами различной конфигурации. Внутренние части имеют сложную конфигурацию со значительными выступами и углублениями. В эту группу входят столы, корпуса, колонки металлорежущих станков, статоры турбин и т.д.

К пятой группе относятся отливки закрытой коробчатой формы. Наружные поверхности – криволинейные, сложной конфигурации, с примыкающими и пересекающимися кронштейнами, фланцами, патрубками и другими конструктивными элементами. Внутренние полости имеют сложную конфигурацию с криволинейными поверхностями, пересекающимися под различными углами, выемками и выступами (станины молотов и станков, блоки цилиндров двигателей и т.д.).

Таблица 4.16

Значение коэффициента K_v

Масса отливки, кг	Значение K_v при материале отливки				
	чугун	сталь	алюминиевые сплавы	магниевые сплавы	медные сплавы
0,5...1,0	1,10	1,07	1,05	1,07	1,01
1,0...3,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3,0...10,0	0,91	0,93	0,96	0,97	0,99
10,0...20,0	0,84	0,77	0,94	0,94	0,98
20,0...50,0	0,80	0,62	0,92	0,91	0,97

Таблица 4.17

Значение коэффициента K_m

Материал отливки	Значение K_m
Чугун	
СЧ00, СЧ05,	0,80
СЧ10	0,83
СЧ15	1,00
СЧ20, СЧ25	1,05
СЧ30, СЧ35	1,18
КЧ30-6, КЧ35-10	1,15
ВЧ45-0, ВЧ60-2	1,24
Сталь	
углеродистая	0,97
низколегированная	1,00
высоколегированная	1,20

Таблица 4.18

Значение коэффициента K_{π}

Материал отливки	Значение K_{π} при группе серийности				
	1	2	3	4	5
Чугун	0,52	0,76	1,00	1,20	1,44
Сталь	0,50	0,77	1,00	1,20	1,48
Алюминиевые сплавы	0,77	0,90	1,00	1,11	1,22
Магниеые сплавы	0,82	0,92	1,00	1,10	1,17
Медные сплавы	0,91	0,96	1,00	1,05	1,08

Таблица 4.19

Группа серийности отливок

Масса, кг	Объем производства (тыс. шт.) при группах серийности				
	1	2	3	4	5
0,2...0,5	≥ 600	150...600	30...150	2,0...30	$\leq 2,0$
0,5...1,0	≥ 500	100...500	20...100	1,5...20	$\leq 1,5$
1,0...3,0	≥ 350	75...350	12...75	1,0...12	$\leq 1,0$
3,0...10,0	≥ 200	30...200	6,0...30	0,5...6	$\leq 0,5$
10,0...20,0	≥ 100	15...100	3,0...15	0,3...3	$\leq 0,3$
20,0...50,0	≥ 60	10...60	2,5...10	0,2...2,5	$\leq 0,2$

Расчет себестоимости штампованных заготовок выполняется по той же формуле 4.9, что и для отливок.

Таблица 4.20

Стоимость штампованных заготовок $S_{шт}$, руб /тн

Метод штамповки	Стоимость
На молотах или кривошипных прессах	51000
На горизонтально-ковочных машинах	45600

Конструктивная характеристика поковок

Конструктивные факторы поковок	Обозначение и определение конструктивных характеристик	Примечание
1. Класс точности	Т1 - 1-й класс Т2 - 2-й класс Т3 - 3-й класс Т4 - 4-й класс Т5 - 5-й класс	Определяется по табл. 4.24
2. Группа стали	М1 - сталь с массовой долей углерода до 0,35 % включительно и суммарной массой легирующих элементов до 2,0 % включительно М2 - сталь с массовой долей углерода свыше 0,35 до 0,65 % включительно или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 2,0 до 5,0 % включительно М3 - сталь с массовой долей углерода свыше 0,65 % или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 5,0 %	При назначении группы стали определяющим является массовое содержание углерода и легирующих элементов (Si, Mn, Cr, Ni, Mo, W, V)
3. Степень сложности	С1 - 1-я степень $K_{ср} > 0,63$ С2 - 2-я степень $0,32 < K_{ср} \leq 0,63$ С3 - 3-я степень $0,16 < K_{ср} \leq 0,32$ С4 - 4-я степень $K_{ср} < 0,16$	Устанавливается по величине коэффициента сложности поковки $K_{с.п.}$
4. Конфигурация поверхности разъема штампа	П - плоская И _С - симметрично изогнутая И _Н - несимметрично изогнутая	

Коэффициент K_p для определения ориентировочной расчетной массы
поковки (ГОСТ 7505-89)

Группа	Характеристика детали	Типовые представители	K_p
1.	Удлиненной формы		
1.1.	С прямой осью	Валы, оси, цапфы, шатуны	1,3...1,6
1.2.	С изогнутой осью	Рычаги, кронштейны	1,1...1,4
2.	Круглые и многогранные в плане		
2.1.	Круглые	Шестерни, ступицы, фланцы	1,5...1,8
2.2.	Квадратные, прямоугольные, многогранные	Фланцы, ступицы, гайки	1,3...1,7
2.3.	С отрезками	Крестовины, вилки	1,4...1,6
3.	Комбинированные (сочетающие элементы 1-й и 2-й конфигурации)	Кулачки поворотные, коленчатые валы	1,3...1,8
4.	С большим объемом необрабатываемых поверхностей	Балки передних осей, рычаги переключения, крюки	1,1...1,3
5.	С отверстиями, углублениями, поднутрениями, не оформляемыми в поковке при штамповке	Полые валы, фланцы, блоки шестерен	1,8...2,2

Таблица 4.23

Допускаемое отклонение от concentричности ρ_{cp} пробиваемого отверстия

Наибольший размер поковки, мм	Допускаемое отклонение от concentричности ρ_{cp} пробиваемого отверстия, мм для классов точности				
	1	2	3	4	5
До 100	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
100...160	0,5	0,6	0,8	1,0	1,5
160...250	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0
250...400	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5
400...630	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
630...1000	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0

Таблица 4.24

Выбор класса точности поковок (ГОСТ 7505-89)

Основное технологическое оборудование, технологические процессы	Класс точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
Кривошипные горячештамповочные прессы:					
- открытая (облойная) штамповка				+	+
- закрытая штамповка		+	+		
- выдавливание			+	+	
Горизонтально - ковочные машины				+	+
Прессы винтовые, гидравлические				+	+
Горячештамповочные автоматы		+	+		
Штамповочные молоты				+	+
Калибровка объемная (горячая и холодная)	+	+			
Прецизионная штамповка	+				

Примечания:

1. Прецизионная штамповка - способ штамповки, обеспечивающий устанавливаемую точность и шероховатость одной или нескольких функциональных поверхностей поковки, которые подвергаются окончательной обработке.

2. При пламенном нагреве заготовок допускается снижение точности для классов T2...T4 на один класс.

3. При холодной или горячей плоскостной калибровке точность принимается на один класс выше.

Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров поковок определяются с учетом исходного индекса, который находится по табл. 4.25 (в соответствии с ГОСТ 7505 – 89) в зависимости от массы, группы стали, степени сложности и класса точности поковки.

Таблица 4.25

Определение исходного индекса

Масса поковки, кг	Группа стали			Степень сложности поковки				Класс точности поковки					Исходный индекс	
	M1	M2	M3	C1	C2	C3	C4	T1	T2	T3	T4	T5		
До 0,5														1
0,5 - 1,0														2
1,0 - 1,8														3
1,8 - 3,2														4
3,2 - 5,6														5
5,6 - 10,0														6
10,0 - 20,0														7
20,0 - 50,0														8
50,0 - 125,0														9
125,0 - 250,0														10
														11
														12
														13
														14
														15
														16
														17
														18
														19
														20
														21
														22
														23

Пример. Масса поковки - 1,6 кг , Группа стали - M2, Степень сложности – C3, Класс точности – T4. Для определения исходного индекса находим строку, соответствующую массе 1,6 кг и по этой строке переходим в группу стали, далее по наклонной линии от группы M1 идем до нашей группы M2 и по найденной строке выходим на степени сложности и т.д. Из табл. 4.25 видно , что заданной поковке соответствует исходный индекс - 12 .

Для определения группы стали, степени сложности и класса точности поковки см. табл. 4.21.

Таблица 4.26

Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров поковок, мм

Ис- ход- ный инд.	Наибольшая толщина поковки											
	до 40		40...63		63...100		100...160		160...250		Свыше 250	
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота поковки											
	До 40		40...100		100...160		160...250		250...400		400...630	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0,3	+0,2 -0,1	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2		
2	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3
3	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3
4	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4
5	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5
6	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5
7	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7
8	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8
9	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9
10	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0
11	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1

Окончание табл. 4.26

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
12	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2
13	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3
14	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5
15	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7
16	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9
17	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1
18	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4
19	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7
20	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0
21	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,0 -3,0
22	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10, 0	+6,0 -3,0	11,0	+7,4 -3,3
23	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10, 0	+6,0 -3,0	11, 0	+7,4 -3,3	12,0	+8,0 -4,0

Примечание. Допускаемые предельные отклонения для размеров внутренних поверхностей необходимо назначать с обратным знаком.

Таблица 4.27

Основные припуски на механическую обработку штампованных поковок (на сторону), мм (ГОСТ 7505-89)

Исход- ный индекс	Толщина детали																	
	До 25			25...40			40...63			63...100			100...160			160...250		
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота детали																	
	До 40			40...100			100...160			160...250			250...400			400...620		
	100 ... 12,5	10 ... 1,6	1,25	100 ... 12,5	10 ... 1,6	1,25	100 ... 12,5	10 ... 1,6	1,25	100 ... 12,5	10 ... 1,6	1,25	100 ... 12,5	10 ... 1,6	1,25	100 ... 12,5	10 ... 1,6	1,25
1	0,4	0,6	0,7	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	-	-	-
2	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1
3	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2
4	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4
5	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5
6	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6
7	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8
8	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9
9	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0
10	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2
11	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5
12	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,7	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7
13	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,9	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0
14	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	2,0	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3
15	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,2	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5

Окончание табл. 4.27

Исход- ный индекс	Толщина детали																	
	до 25			25...40			40...63			63...100			100...160			160...250		
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота детали																	
	до 40			40...100			100...160			160...250			250...400			400...620		
	100 ... 12,5	10 ... 1,6	1,25	100 ... 12,5	10 ... 1,6	1,25	100 ... 12,5	10 ... 1,6	1,25	100 ... 12,5	10 ... 1,6	1,25	100 ... 12,5	10 ... 1,6	1,25	100 ... 12,5	10 ... 1,6	1,25
16	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,4	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8
17	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,6	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1
18	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,8	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7
19	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	3,0	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1
20	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,3	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6
21	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2
22	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8
23	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,2	5,4	6,8	7,5

Примечание. В строке 5 заголовка таблицы приведены значения шероховатости поверхности детали Ra, мкм.

Таблица 4.28

Значение коэффициента K_c

Материал поковки	Значение K_c для группы сложности			
	1	2	3	4
Сталь углеродистая (Сталь 40)	0,75	0,84	1,0	1,15
Сталь низколегированная (20Х)	0,77	0,87	1,0	1,15
Сталь легированная (30ХГТ)	0,78	0,88	1,0	1,14

Таблица 4.29

Значение коэффициента K_T

Класс точности по ГОСТ 7505-89	1	2	3	4	5
K_T	1,20	1,11	1,0	0,93	0,85

Таблица 4.30

Значение коэффициента K_B

Масса поковки, кг	Материал поковки		
	сталь углеродистая 08...80	сталь низколегированная 15Х...50Х	сталь 18ХГТ...30ХГТ
0,63...1,60	1,33	1,29	1,29
1,60...2,50	1,14	1,14	1,15
2,50...4,00	1,00	1,00	1,00
4,00...10,00	0,87	0,87	0,89
10,00...25,00	0,80	0,80	0,79
25,00...60,00	0,73	0,73	0,74

4.2.5. Обоснование и выбор технологического маршрута изготовления детали

На данном этапе проектирования рассматриваются следующие вопросы:

- 1) выбор методов обработки отдельных поверхностей детали;
- 2) составление общего маршрута изготовления детали и установление группы станка (токарная, фрезерная, шлифовальная и т.д.);
- 3) выбор и обоснование технологических баз и порядка их смены.

4.2.5.1. Выбор маршрута обработки поверхностей детали

Точность и качество отдельных поверхностей детали формируются в результате последовательного применения нескольких методов обработки. Число этапов обработки зависит от требований точности и шероховатости поверхностей детали, точности исходной заготовки, необходимости проведения термической обработки.

При назначении маршрута обработки поверхностей необходимо руководствоваться тем, что каждый последующий метод обработки должен обеспечивать более высокую точность обработки, чем предыдущий, отклонение промежуточного размера поверхности и качество поверхностного слоя, полученные на смежном предыдущем этапе обработки, должны находиться в пределах, допускающих применение намечаемого последующего метода обработки.

Выбор маршрута рекомендуется проводить в следующей последовательности: сначала устанавливается метод окончательной обработки, затем в зависимости от выбранного метода получения заготовки устанавливается начальный метод обработки в маршруте, после этого назначаются промежуточные методы обработки. Технологические показатели, достигаемые при различных методах обработки, приведены в приложении П.3.

Число вариантов маршрута обработки рассматриваемой поверхности может быть значительным. Но все варианты различны по эффективности (производительности и себестоимости). Маршрут выбирается приближенно на основании оценки трудоёмкости по суммарному основному времени обработки, которое можно определить по приближённым формулам, приведённым в [7].

Число рассматриваемых вариантов маршрута может быть уменьшено с учётом некоторых обстоятельств:

- возможности обработки данной поверхности на одном станке за несколько последовательных переходов (снижения погрешности обработки и вспомогательного времени на переустановку заготовки);

- ограничения применения некоторых методов обработки из-за недостаточной жёсткости и конфигурации детали;

- необходимости обработки данной поверхности совместно с другими поверхностями заготовки (для достижения большей точности их взаимного расположения);

- ограничения по стабильности точности выдерживаемых размеров в условиях крупносерийного и массового производства (например, развёртывание отверстий обеспечивает более стабильную точность диаметральных размеров, чем растачивание);

- необходимости обеспечения заданной производительности.

Термическая обработка вносит ограничения на использование лезвийных инструментов при окончательной обработке (кроме, в ряде случаев, инструментов из синтетических сверхтвёрдых материалов (ССТМ) и режущей керамики).

Методы обработки отдельных элементарных поверхностей детали вы-

бирают на основе требований рабочего чертежа детали и принятой исходной заготовки.

Начальный метод обработки определяется видом исходной заготовки, а конечный метод обработки - техническими требованиями, предъявляемыми к готовой детали. Если исходная заготовка грубая, то приходится сначала применять черновую обработку.

Вариантов построения маршрута обработки отдельных элементарных поверхностей детали может быть очень много. Количество этих вариантов можно значительно сократить, учитывая практические соображения.

В справочной и методической литературе по технологии машиностроения даются рекомендации по типовым технологическим маршрутам для определённых поверхностей деталей при различных требованиях точности размеров и шероховатости поверхности.

При построении маршрута обработки каждой поверхности детали нужно исходить из следующего правила: каждый последующий метод обработки должен быть точнее предыдущего и устранить его погрешности. Обычно каждый последующий метод обработки поверхности повышает точность размеров на 1...3 квалитета точности по сравнению с предыдущей обработкой.

Выбранные варианты маршрутов обработки всех поверхностей детали записывают в форме таблицы (табл. 4.31).

Таблица 4.31

Маршруты обработки поверхностей детали

Наименование поверхности и маршрут её обработки	Точность размера (квалитет)	Шероховатость R_a , мкм
1. Отверстие Ø 50 Н8	8	2,5
1) Растачивание однократное	11	20
2) Развёртывание точное	8	2,5
2. Торец Ø 60 в размер 80_{-0,3}	12	10
Подрезание однократное	12	10
3.
.....
.....

ПРИМЕР:

Назначить маршрут обработки отверстия гильзы гидроцилиндра Ø63Н7, R_a 0,8 мкм. Заготовка получена центробежным литьём, точность отверстия по 14 квалитету, R_z 40 мкм, материал – сталь 45Л. Деталь подвергается термообработке до твердости HRC₃ 40...45.

В качестве окончательной обработки, обеспечивающей требуемые точность и шероховатость поверхности, можно назначить:

- тонкое развёртывание (IT7, R_a 0,63 мкм);
- тонкое растачивание (IT6...IT7, R_a 0,63 мкм);
- чистовое шлифование (IT6...IT7, R_a 0,63 мкм).

В качестве предварительной обработки можно применить:

- черновое зенкерование (IT 12, R_z 10мкм);
- черновое растачивание (IT12, R_a 10мкм).

В качестве промежуточной обработки можно использовать:

- чистовое зенкерование (IT9, R_a 2,5 мкм);
- чистовое растачивание (IT9, R_a 2,5 мкм);
- предварительное шлифование (IT8...IT9, R_a 1,25 мкм).

Так как перед окончательной обработкой проводится закалка детали, окончательное развёртывание из рассмотрения исключаем. Закалённую поверхность можно обработать тонким растачиванием резцом из композита эльбор-Р (композит 01), что обеспечивает более высокую производительность, чем при чистовом шлифовании, и лучшее качество поверхностного слоя (сжимающие напряжения, отсутствие прижогов).

На предварительном этапе более рационально черновое растачивание, так как при черновом зенкерование литого отверстия смещение его оси не устраняется.

На промежуточном этапе с целью снижения номенклатуры применяемого инструмента рациональнее назначить чистовое растачивание.

Таким образом, на основе проведённого анализа выбираем маршрут обработки отверстия Ø63H7: черновое растачивание -чистовое растачивание - тонкое растачивание.

В литературе по технологии машиностроения [5, 41, 46] рекомендуются типовые технологические маршруты для обработки поверхностей при различных требованиях точности и шероховатости.

В таблицах 4.1 и 4.2 представлены сведения по точности обработки наружных и внутренних цилиндрических поверхностей деталей, составленные А.Г. Косиловой и Р.К. Мещеряковым [19].

Таблица 4.32

Точность обработки наружных цилиндрических поверхностей деталей

Метод обработки поверхности	Стадия обработки поверхности	Параметр шероховатости поверхности R_a , мкм	Точность размера (квалитет)
Обтачивание	черновое	6,3... 50	14
			13
	получистовое или однократное	1,6... 25	12
			11
чистовое	0,4... 6,3	10	
		9	
тонкое	0,2... 1,6	8	
		7	
		6	
		5	
Шлифование	предварительное	0,4 ...6,3	9
			8
	чистовое	0,2... 3,2	7
6			
тонкое	0,1 ... 1,6	6	
		5	
Притирка, суперфиниш	однократная	0,1...0,8	5
			4
Обкатывание, алмазное выглаживание	однократное	0,05... 0,8	10
			9
			8
			7
			6
			5

Примечания:

1. Приведённые данные относятся к деталям из стали. Для деталей из чугуна или цветных сплавов допуски на размер и допуски формы можно принимать соответственно на один квалитет и одну степень точнее.

2. Допуски на размер и допуски формы действительны для поверхностей с $l < 2d$. При $l = (2...10) d$ допуски принимают соответственно на один - два квалитета и одну-две степени точности формы грубее.

3. Допуски формы (цилиндричности, круглости и профиля продольного сечения) указаны для уровней относительной геометрической точности $C - B - A$ (C – высокий, B – повышенный, A – нормальный).

Таблица 4.33

Точность обработки цилиндрических отверстий деталей

Метод обработки поверхности	Стадия обработки поверхности	Параметр шероховатости поверхности R_a , мкм	Точность размера (квалитет)
1	2	3	4
Сверление и рассверливание	Однократное	0,8... 25	13
			12
			11
			10
			9
Зенкерование	Черновое	6,3... 25	13
			12
	Однократное литого или прошитого отверстия чистовое после черного или сверления	0,4... 25	13
			12
			11
			10
Развёртывание	Нормальное	0,8... 12,5	9
			10
	Точное	0,4 ... 6,3	8
			7
			6
	Тонкое	0,1... 3,2	5
6			
Протягивание	Черновое литого или прошитого отверстия	0,8... 12,5	11
			10
	Чистовое после черного или после сверления	0,2... 6,3	9
			8
			7
			6

Растачивание	Черновое	1,6...25	13
			12
			11
	Чистовое	0,4...6,3	10
			9
			8
Тонкое	0,16...3,2	7	
		6	
		5	
Шлифование	Предварительное	0,4 ...6,3	9
			8
	Чистовое	0,2...3,2	7
			6
	Тонкое	0,1...1,6	5

В таблицах 4.34...4.36 представлены сведения по точности расположения осей отверстий деталей после растачивания, сверления, зенкерования и развёртывания [19].

Таблица 4.34

Точность расположения осей отверстий после растачивания

Станки	Методы координации инструмента	Отклонение межосевого расстояния, мкм
Токарные	Перемещением салазок на угольнике	100...300
Горизонтально-расточные	По шкале с нониусом	200...400
	По концевым мерам	50...100
	По индикаторному упору	40...80
	По кондуктору	50...100
	При программном управлении установкой координат	25...60
Координатно-расточные	По оптическим приборам	4...20
Алмазно-расточные	—	10...50
Агрегатно-расточные многошпиндельные	С направлением борштанг	25...70
	Без направления инструмента (при вылете инструмента $l \leq (3... 4) d$)	50...100

Таблица 4.35

Точность расположения осей отверстий после развёртывания

Параметр	Диаметр отверстия, мм	Допуски расположения осей отверстий (мм) при точности кондукторной втулки	
		повышенная	высокая
Смещение оси отверстия относительно оси постоянной кондукторной втулки	До 18	0,042	0,038
	Св. 18 до 30	0,047	0,045
	Св. 30 до 50	0,052	0,049
	Св. 50 до 80	0,018	0,016
Смещение оси отверстия относительно технологических баз (без учёта погрешности базирования заготовки)	До 18	0,070	0,066
	Св. 18 до 30	0,074	0,072
	Св. 30 до 50	0,079	0,076
	Св. 50 до 80	0,053	0,052
Расстояние между осями двух отверстий, обработанных одновременно на одной позиции автоматической линии	До 18	0,070	0,067
	Св. 18 до 30	0,076	0,069
	Св. 30 до 50	0,092	0,087
	Св. 50 до 80	0,039	0,036

Примечание. При сверлении и развёртывании отверстий комбинированным инструментом точность расположения осей отверстий соответствует точности зенкерования (см. табл. 4.5).

В таблице 4.36 представлены сведения по точности размеров и шероховатости плоскостей при разных методах обработки, составленные А. Г. Суловым и А. М. Дальским [46]

Таблица 4.36
Точность размеров и шероховатость плоскостей деталей

Метод обработки плоскости	Вид обработки плоскости	Параметр шероховатости поверхности R_a , мкм	Квалитет допуска размера
1	2	3	4
Фрезерование торцовое	черновое	4,0...16	12...14
	чистовое	1,0...4,0	9...11
	тонкое	0,32...1,25	6...8
Фрезерование цилиндрическое	черновое	3,2...10	12...14
	чистовое	0,8...3,2	9...11
	тонкое	0,20...1,6	6...8
Строгание	черновое	6,4...40	12...14
	чистовое	1,0...6,3	9...11
	тонкое	0,32...1,6	6...8
Точение торцовое	черновое	6,4...32	12...13
	чистовое	1,6...6,4	9...11
	тонкое	0,32...1,6	6...8
Шлифование	черновое	1,6...4,0	8...9
	чистовое	0,32...1,6	6...7
	тонкое	0,080...0,32	5...6
Протягивание	черновое	1,0...3,2	7...8
	чистовое	0,32...1,25	5...6
Шабрение	черновое	2,5...8,0	7...8
	чистовое	0,63...2,5	5...6
	тонкое	0,10...0,8	4...5
Суперфиниширование	обычное	0,05...0,32	5...6
	плосковершинное	0,10...1,25	6...8
Притирка	обычная	0,02... 0,10	4...6
	плосковершинная	0,02... 0,40	5...7
Накатывание роликами и шариковыми головками	черновое	0,63... 2,5	8...10
	чистовое	0,10... 0,83	5...7
Вибронакатывание		0,16... 2,5	5...10

Примечания:

1. Данные таблицы относятся к деталям из конструкционных сталей.
2. Для деталей из чугуна параметр шероховатости R_a можно брать в 1,5 раза больше табличных значений.

В таблице 4.37 представлены сведения по точности размеров и шероховатости поверхностей зубьев зубчатых колёс при разных методах обработки, составленные А. Г. Суловым и А. М. Дальским [48].

Таблица 4.37

Точность размеров и шероховатость поверхностей зубьев
зубчатых колёс

Метод обработки зубьев	Параметр шеро- ховатости по- верхности R_a , мкм	Степень точности
Зубофрезерование модульными фрезами	8...16	9...11
Зубофрезерование червячными фрезами	3,2...8	8...9
Зубодолбление	2,0...4,0	7...8
Шевингование	0,60...1,25	5...6
Шлифование	0,32...1,25	5...6
Накатывание	0,80...2,00	8...9
Обкатывание	0,32...1,00	5... 6
Протягивание	0,80...1,6	6...7
Притирка	0,10... 0,25	5
Зуботочение	1,6...3,2	7...8
Зубохонингование	0,25	5...6

Примечания:

1. Данные относятся к деталям из конструкционных сталей.
2. Для деталей из чугуна параметр шероховатости R_a можно принимать в 1,5 раза больше табличных значений

В таблице 4.38 представлены сведения по точности размеров и шероховатости поверхности резьбы при разных методах обработки, составленные А.Д. Агеевым и А.Н. Маловым [48].

Таблица 4.38

Точность размеров и шероховатость поверхности резьбы

Способ образования резьбы	Резьбообразующий инструмент		Параметр шероховатости поверхности R_a , мкм	Степень точности
	Тип	Состояние рабочей части		
Нарезание	Резец	Шлифованная	0,32...5,0	6...8
		Доведённая на притире	0,63...2,5	4...6
	Плашка	Нешлифованная	5,0...10	7...8
		Доведённая на специальном притире	0,63...5,0	6
	Метчик	Нешлифованная	5, 0...10	7...8
Шлифованная	0,32...5,0	4...6		
Нарезание	Фреза	Нешлифованная	0,63...10	7...8
		Шлифованная	0,32...5,0	6
	Абразивный круг	-	0,32...1,25	4
Наружное накатывание нешлифованной заготовки	Плашка и ролик	Нешлифованная	0,63...5,0	6...8
		Шлифованная	0,63... 2,5	6
Наружное накатывание шлифованной заготовки	Плашка и ролик	Шлифованная	0,32...1,25	4
Внутреннее накатывание	Метчик-раскатник	Шлифованная	0,63...2,5	6

Выбранные варианты маршрутов обработки всех поверхностей детали следует привести в записке в табличной форме (табл.4.39)

Таблица 4.39

Маршрут обработки поверхностей детали

Наименование поверхности и план ее обработки	Точность размера (квалитет)	Шероховатость поверхности (R_z, R_a)
Отверстие $\varnothing 60H7$ (предварительно отлитое)		
1. Черновое растачивание	11	$R_z 50$
2. Чистовое растачивание	9	$R_z 30$
3. Предварительное развертывание	8	$R_z 12,5$
4. Чистовое развертывание	7	$R_a 0,63$
Поверхность $\varnothing 50h7$		
1. Черновое точение	12	$R_z 50$
2. Чистовое точение	9	$R_z 25$
3. Шлифование (после закалки)	7	$R_a 1,25$

4.2.5.2 Разработка общего маршрута изготовления детали

При установлении общей последовательности обработки рекомендуется учитывать следующие положения:

1. В первую очередь должны обрабатываться поверхности, которые будут технологическими базами при выполнении последующих операций. На первых этапах следует обрабатывать поверхности, имеющие наибольший припуск, что позволит своевременно обнаружить возможные внутренние дефекты заготовки.

2. Обработка остальных поверхностей проводится в последовательности, обратной степени их точности, т.е. чем точнее поверхность, тем позже она обрабатывается.

3. В последнюю очередь обрабатывается поверхность с наиболее высокой точностью и имеющая наибольшее значение при эксплуатации данной детали. При ее обработке до выполнения других смежных операций может возникнуть необходимость в ее дополнительной обработке.

4. Отверстия, не являющиеся основными конструкторскими базами (например, крепежные), обрабатываются на последних этапах техпроцесса, за исключением случаев, когда они используются в качестве технологических баз.

5. Не рекомендуется совмещение черновой и чистовой обработки немерным инструментом на одном и том же станке.

6. Если в соответствии с техническими требованиями деталь должна подвергаться упрочняющей термической обработке, механическая обработка разделяется на два этапа: до и после термической обработки.

Выбранная последовательность изготовления детали представляется в виде технологической схемы, приводимой в данном разделе в виде таблицы.

В таблице указывается содержание переходов обработки, эскизы выполняемых переходов с обозначением выдерживаемых размеров номерами, базы и обоснование выбора баз. Пример оформления технологической схемы обработки приведен в табл. 4.40

Таблица 4.40

Технологическая схема

№ операции	Наименование и содержание операции	Технологические базы	Оборудование и приспособление
005	Штамповочная Штамповать заготовку		Горизонтально-ковочная машина мод. ВВ1141
010	Фрезерно-центровальная Фрезеровать торцы в размер 223 мм, центровать заготовку диаметром d=4 мм	Наружная поверхность $\varnothing 75_{k6}$ и торец $\varnothing 108$	Фрезерно-центровальный полуавтомат мод. 2Г942, гидравлические тиски
015	Токарно-винторезная Точить наружную поверхность $\varnothing 75_{k6}$ в размер $76,4_{-0,3}$, точить наружную поверхность $\varnothing 62_{h6}$ в размер $63,3_{-0,3}$, точить поверхность $\varnothing 54_{h6}$ в размер $55_{-0,3}$, точить поверхность $\varnothing 42$ в размер $43,2_{-0,25}$, точить поверхность $\varnothing 108_{-0,23}$ в размер $\varnothing 108_{-0,23}$, подрезать торец $\varnothing 108_{-0,23}$ в размер $23 \pm 0,1$.	Центровые отверстия	Токарно-винторезный станок CS6140
050	Контрольная		

4.2.5.3. Выбор технологических баз

Выбор последовательности изготовления детали тесно связан с выбором технологических баз. При выборе баз должны учитываться основные принципы базирования (совмещения и постоянства баз). Соблюдение принципа совмещения баз, т.е. использование в качестве технологических баз поверхно-

стей, являющихся измерительными базами, ведет к устранению погрешностей базирования. Соблюдение принципа постоянства баз, т.е. использование при обработке возможно большего числа поверхностей одного и того же комплекта технологических баз, способствует повышению точности взаимного расположения обработанных поверхностей заготовки.

В общем случае полный цикл обработки заготовки осуществляется при последовательной смене комплектов баз. Однако с целью уменьшения погрешностей и повышения производительности обработки следует стремиться к уменьшению числа переустановок заготовки при обработке.

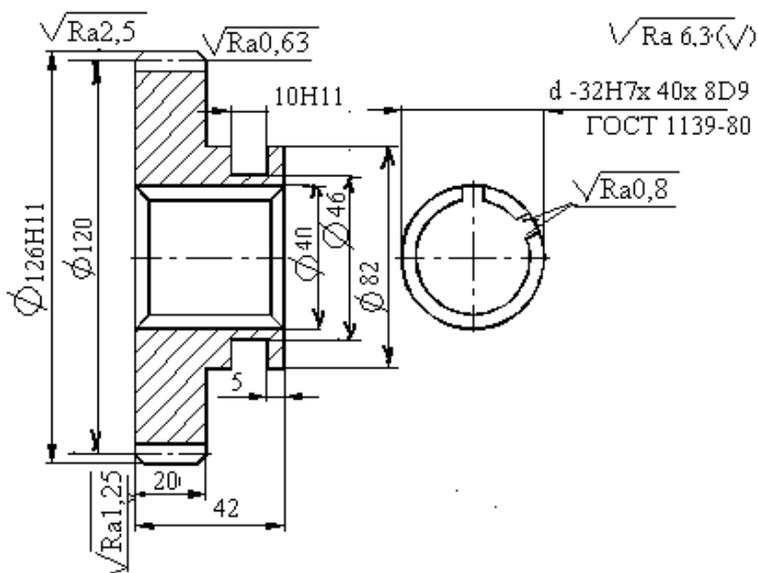
При выборе черновых баз для выполнения первой операции следует руководствоваться положениями:

1. Поверхности заготовок, полученные литьем и штамповкой, следует использовать в качестве баз только на первой операции.
2. В качестве баз следует принимать поверхности достаточных размеров, с наиболее высокой точностью и меньшей шероховатостью, с отсутствием следов линий разъема формы, окалины и других дефектов.
3. У деталей, не подвергающихся полной обработке, в качестве черновых баз рекомендуется принимать поверхности, которые у детали остаются не обработанными. Это обеспечит наименьшее смещение обработанных поверхностей относительно необработанных.
4. У деталей, подвергающихся полной обработке, в качестве черновых баз целесообразно принимать поверхности с наименьшими припусками, что способствует при дальнейшей обработке исключению появления «чернот» на этих поверхностях.

При выборе баз для чистовой обработки следует учитывать, что соблюдение принципов совмещения и постоянства баз обеспечивает наиболее высокую точность обработки. Базы для окончательной обработки должны иметь высокую точность размеров и геометрической формы, малую шероховатость и не должны деформироваться под действием сил резания и закрепления.

При вынужденной смене технологических баз нужно обязательно соблюдать правило: новые технологические базы должны быть точнее и качественнее предыдущих. При смене технологических и измерительных баз необходимо выполнять перерасчет размеров и допусков на основе расчета технологических размерных цепей.

Примеры
ботки тех-
ческого
шрута;
Пример 1



разра-
нологи-
мар-

Рис. 4.3. Колесо зубчатое, материал – Сталь 25ХГТ

Таблица 4.41

Технологический маршрут изготовления
цилиндрического зубчатого колеса

№ операции	Наименование и содержание операции	Технологические базы	Оборудование
1	2	3	4
005	Токарная — черновая токарная обработка наружных поверхностей и отверстия	Наружная поверхность и торец	Токарный станок
010	Термическая — отжиг		Электрическая печь
015	Протяжная — протягивание отверстия (штицевого, шпоночного и т.п.)	Поверхность отверстия и торец	Протяжной станок
020	Токарная — получистовая токарная обработка наружных поверхностей	Поверхность отверстия и торец	Токарный станок
025	Токарная — чистовая токарная обработка наружных поверхностей	Поверхность отверстия и торец	Токарный станок

Окончание табл.4.41

1	2	3	4
030	Зубофрезерная — черновое нарезание зубьев	Поверхность отверстия и торец	Зубофрезерный станок
035	Термическая — закалка	—	Установка ТВЧ
040	Шлифовальная — шлифование отверстия и базового торца	Делительная окружность и торец	Внутришлифовальный станок
045	Шлифовальная — шлифование противобазового торца	Базовый торец	Плоскошлифовальный станок

050	Шлифовальная — шлифование зубьев	Поверхность от- верстия и торец	Зубошлифо- вальный станок
-----	-------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------

Пример 2

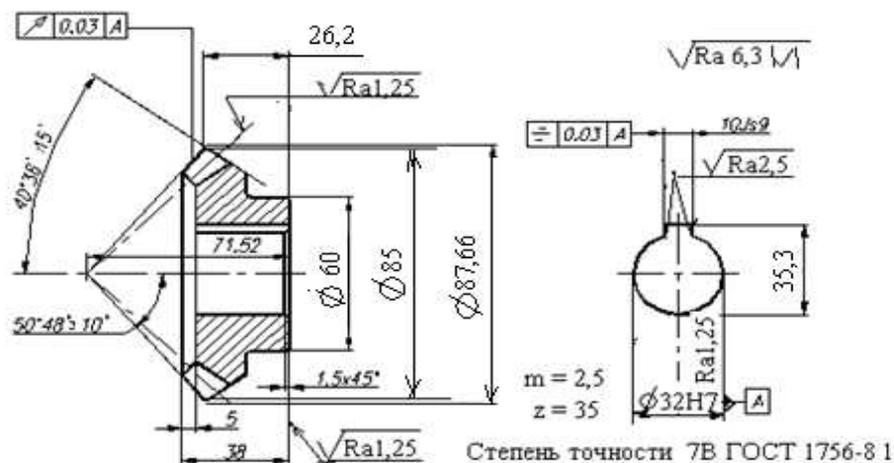


Рис. 4.4. Колесо зубчатое коническое.
Материал – Сталь 45

005. Заготовительная. Прокат $\phi 95 \times 45$.

010. Термическая. Отжиг

015. Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется в трехкулачковом патроне 1. Подрезать торец в размер 41,2 (межоперационный размер с припусками на чистовую обработку торца и припуском на черновую и чистовую обработку второго торца). 2. Точить поверхность $\phi 61,1$
3. Сверлить сквозное отверстие $\phi 15$. 4. Рассверлить отверстие $\phi 32$.
5. Зенкеровать отверстие $\phi 33,7$. 6. Развернуть отверстие $\phi 33,9$. 7. Расточить фаску $1,5 \times 45^\circ$.

020. Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по наружному диаметру ($\phi 61,1$) в трехкулачковом патроне. 1. Подрезать торец в размер 39,4 мм (размер межоперационный). 2. Точить поверхность $\phi 88,8$ (межоперационный с припуском на чистовое точение). 3. Точить угол $40^\circ 36'$. 4. Точить угол $50^\circ 46'$. 6. Точить выборку предварительно.

025. Протяжная. Протянуть шпоночный паз $B = 10Js9$.

030. Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру на разжимной оправке. 1. Подрезать торец в размер 38,8 мм. 2. Точить $\phi 60$. 3. Точить фаску $1,5 \times 45^\circ$.

035. Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру на разжимной оправке с упором в торец ($\varnothing 60$). 1. Подрезать торец в размер 38,5. 2. Точить поверхность $\varnothing 87,66$. 3. Точить угол $40^{\circ}36'$. 4. Точить угол $50^{\circ}46'$. 6. Точить выборку, выдерживая размер 5 мм.

040. Контрольная.

045. Зубострогальная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру на разжимной цанговой оправке с упором по торцу. 1. Стругать 35 зубьев ($m = 2,5$) (припуск под шлифование 0,10).

050. Слесарная. 1. Опилить острые кромки зубьев.

055. Шлифовальная. Заготовка устанавливается и закрепляется по наружному диаметру. 1. Шлифовать $\varnothing 32H7$ и торец ($\varnothing 60$).

060. Шлифовальная. Заготовка устанавливается и закрепляется по $\varnothing 32H7$ в разжимной цанговой оправке с упором по торцу ($\varnothing 60$). 1. Шлифовать торец в размер 38.

065. Зубошлифовальная. Заготовка устанавливается и закрепляется по $\varnothing 32H7$ на оправке (специальная) с упором по торцу. 1. Шлифовать 35 зубьев ($m = 2,5$).

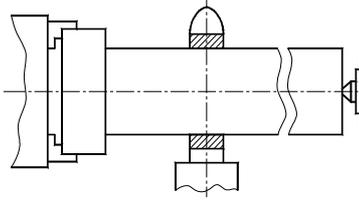
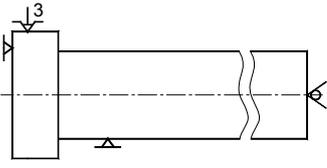
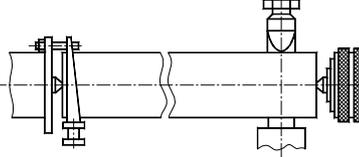
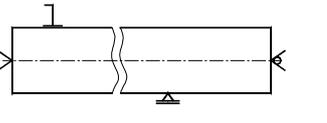
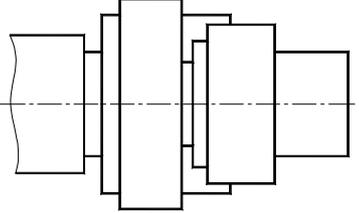
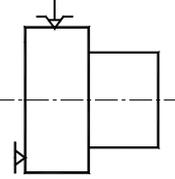
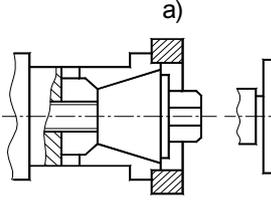
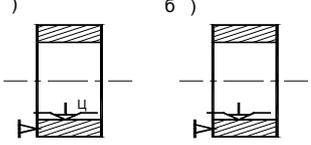
070. Моечная.

075. Контрольная.

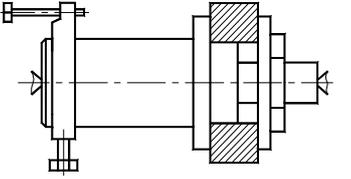
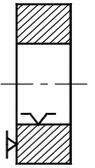
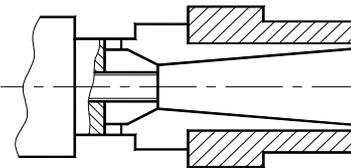
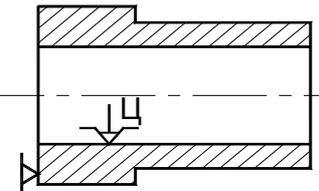
Таблица 4.42

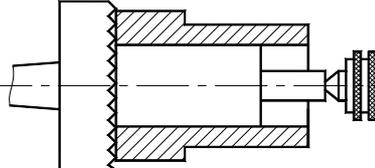
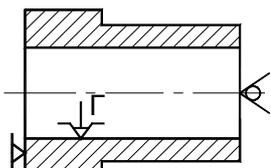
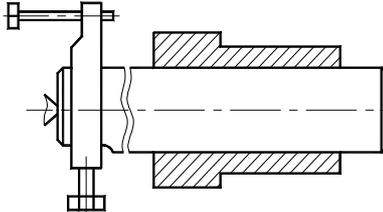
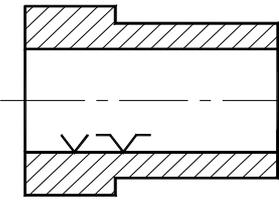
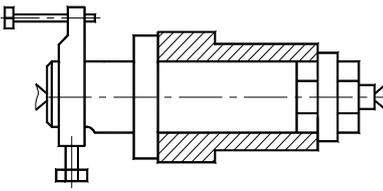
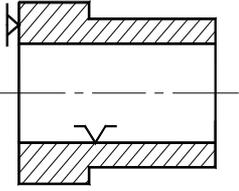
Схемы базирования и установки заготовок в приспособлениях и на станках

Содержание операции или характеристика установки	Возможная схема базирования	
	Конструктивная реализация	Условное изображение на технологическом эскизе, согласно ГОСТ 3.1107–81
1	2	3
Установка вала в двух–трехкулачковом самоцентрирующем патроне, без упора по торцу		

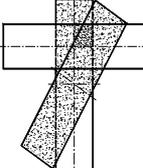
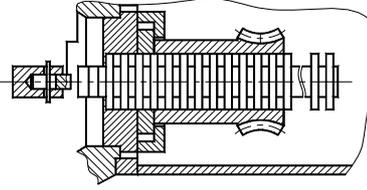
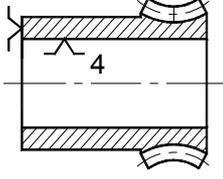
<p>Установка вала в самоцентрирующем трехкулачковом патроне с механическим зажимом с упором по торцу с поджимом вращающимся задним центром и с неподвижным люнетом</p>		
<p>Установка вала в неподвижном переднем центре с поводковым патроном и вращающимся задним центром с неподвижным люнетом</p>		
<p>Установка заготовки в двух-и трехкулачковом самоцентрирующем патроне с упором по торцу</p>		
<p>Установка детали (втулка, диск,) на разжимной (цанговой) оправке с упором по торцу</p>		

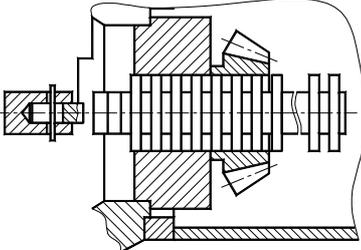
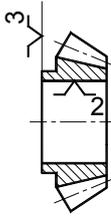
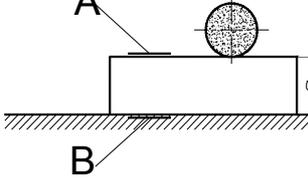
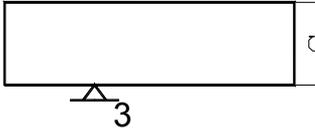
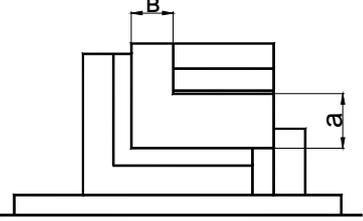
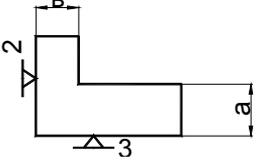
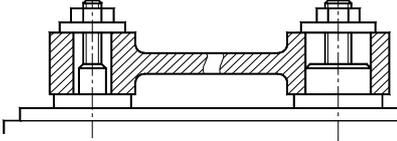
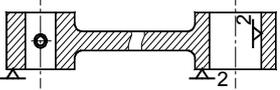
Продолжение табл.4.42

1	2	3
<p>Установка детали (втулки, диска, зубчатого колеса) на гладкой цилиндрической оправке с упором по торцу</p>		
<p>Установка длинной детали (цилиндра) на разжимной (цанговой) оправке или трехкулачковом патроне с упором по торцу (обеспечивает concentricity поверхности)</p>		

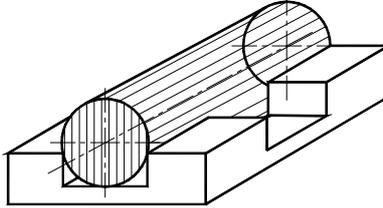
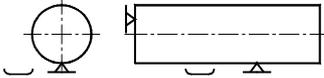
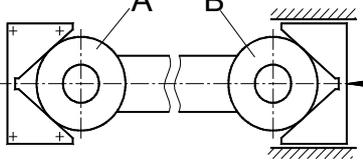
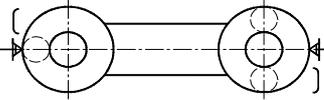
ностей вращения)		
Установка детали на цилиндрической оправке с гидравлическим зажимом с упором в торец на рифленую поверхность и с поджимом вращающимся задним центром (обеспечивает concentricность поверхностей вращения)		
Установка детали на конусной жесткой оправке (обеспечивает concentricность поверхностей вращения)		
Установка детали на цилиндрической оправке с гайкой (появляется эксцентриситет поверхностей вращения)		

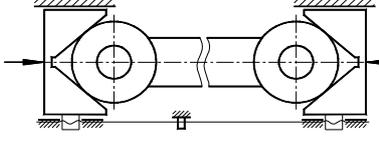
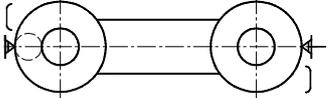
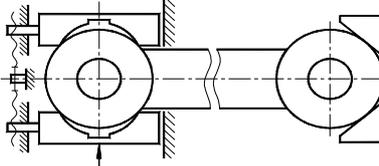
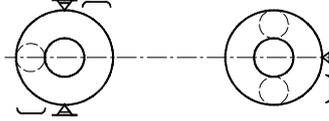
Продолжение табл.4.42

1	2	3
Бесцентровое шлифование гладкого валика		
Протягивание длинных отверстий (пазов)		

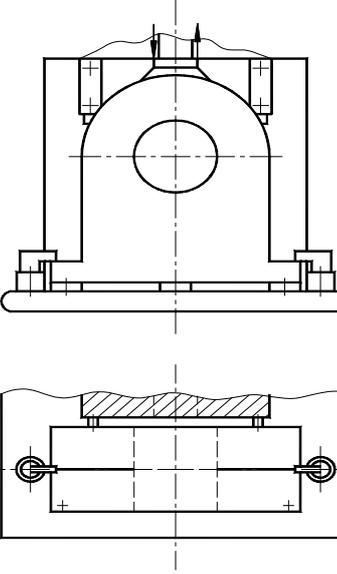
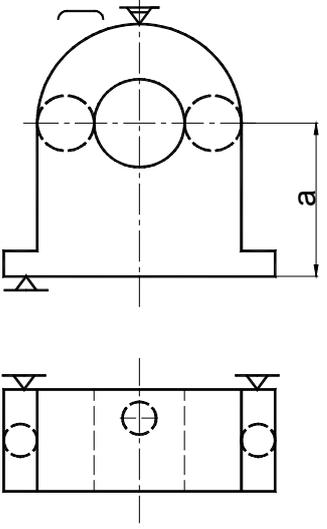
Протягивание коротких отверстий (пазов)		
Установка детали на магнитном столе. При шлифовании плоскостей обеспечивается параллельность поверхностей А и В		
Установка заготовки для фрезерования уступов, выдерживая уступы а и В (приспособление не указано)		
Установка шатуна на плоскости торцов и по отверстиям (один палец цилиндрический, другой срезанный) для обработки наружного контура		

Продолжение табл. 4.42

1	2	3
Установка детали на призме (приспособление не указано)		
Установка шатуна (рычага) в призмах. При расточке отверстий в головках обеспечивается их симметрия на оси и концентричность, а также при обработке наружной		

поверхности перпендикулярность осей отверстий к торцевой поверхности		
Установка шатуна (рычага) в призмах. При расточке отверстий в головках обеспечивается их симметрия на оси и концентричность, а также при обработке наружной поверхности перпендикулярность осей отверстий к торцевой поверхности		
Установка шатуна (рычага) в призмах для расточки отверстий в головках. Обеспечивается концентричность отверстия А контуру, симметричность расположения осей отверстий относительно наружного контура		

Окончание табл. 4.42

1	2	3
Установка заготовки для расточки отверстий. Обеспечиваются размер a и перпендикулярность оси и плоскости относительно основания расположения оси центрального отверстия в плоскости симметрии внешнего контура		

В табл. 4.43 представлены сведения по погрешности установки заготовок на станках с выверкой по цилиндрической поверхности [19].

Таблица 4.43

Погрешность установки заготовок на станках с выверкой по цилиндрической поверхности

Способ установки	Метод выверки	Погрешность установки заготовок ϵ , мм
На центрах и регулируемых крестовинах	С двух концов в вертикальной и горизонтальной плоскостях и на биение	$\text{Мелких: } \frac{0,5 \dots 1,0}{0,02 \dots 0,04} ;$ $\text{Средних: } \frac{1,0 \dots 1,5}{0,03 \dots 0,06} ;$ $\text{Крупных: } \frac{2,0 \dots 3,0}{0,05 \dots 0,08}$
В четырёхкулачковом патроне и на заднем центре	Со стороны патрона по высоте и на биение	
В четырёхкулачковом патроне и неподвижном люнете	С двух концов в двух плоскостях и на биение	
В четырёхкулачковом патроне	По наружному или внутреннему диаметру и торцу	
На угольнике, по разметке	По диаметру и торцу	

Примечание. Погрешности, указанные в числителе, относятся к выверке иглой необработанной (большие значения) или грубо обработанной (меньшие значения) поверхности. В знаменателе приведены погрешности выверки с помощью индикатора по поверхности, обработанной чистовым точением.

В табл. 4.44 представлены сведения по погрешности установки заготовок на станках с выверкой по плоской поверхности [19].

Таблица 4.44

Погрешность установки заготовок на столе станка с выверкой по плоской поверхности

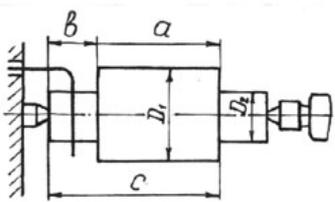
Метод выверки	Погрешность установки заготовок ϵ , мм при наибольшем размере поверхности, м			
	До 1	Св. 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6
По разметке иглой	0,5	1	2	3
По предварительно обработанной поверхности индикатором	0,15	0,2	0,4	0,6
По чисто обработанной поверхности индикатором	0,05	0,08	0,10	0,15

В табл. 4.45 показаны типовые схемы базирования заготовок и формулы для определения погрешностей базирования для конкретных выдер-

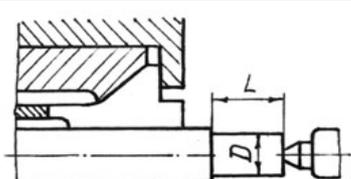
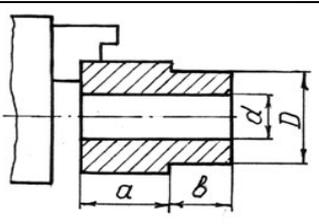
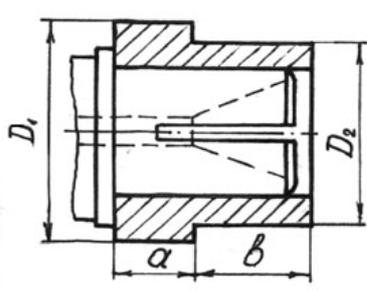
живаемых при обработке размеров, составленные А. Г. Косиловой и Р. К. Мещеряковым. [19].

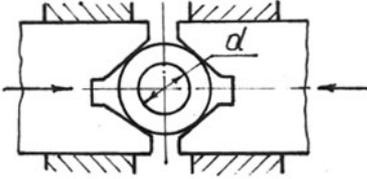
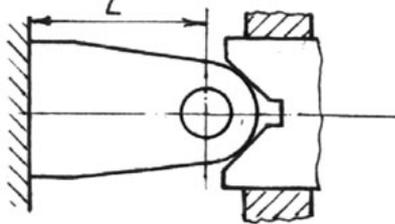
Таблица 4.45

Погрешность базирования ε_δ при обработке заготовок в приспособлениях на предварительно настроенном оборудовании [12]

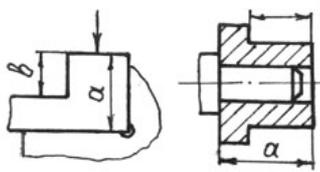
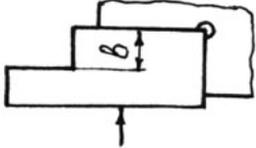
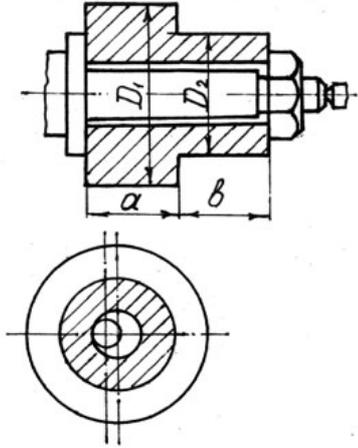
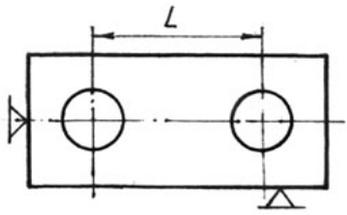
Базирование	Схема установки	Погрешность базирования ε_δ
1	2	3
По центровым гнездам Жесткие центры Жесткие передние центры и вращающиеся задние центры		$\varepsilon_{D1} = 0; \quad \varepsilon_{D2} = 0$ $\varepsilon_a = 0; \quad \varepsilon_b = \Delta_{ц}$ $\varepsilon_c = \Delta_{ц}$

Продолжение табл. 4.45

1	2	3
По внешней поверхности с установкой в зажимной цанге по упору		$\varepsilon_D = 0$ $\varepsilon_L = 0$
По внешней поверхности и торцу с установкой в трехкулачковом самоцентрирующем патроне		$\varepsilon_D = 0; \quad \varepsilon_d = 0;$ $\varepsilon_a = 0; \quad \varepsilon_b = 0$ (при параллельном подрезании торцов)
По отверстию с установкой на разжимную или жесткую оправку с натягом		$\varepsilon_{D1} = 0; \quad \varepsilon_{D2} = 0$ При установке оправки в гильзу или патрон по упору $\varepsilon_a = 0; \quad \varepsilon_b = 0$

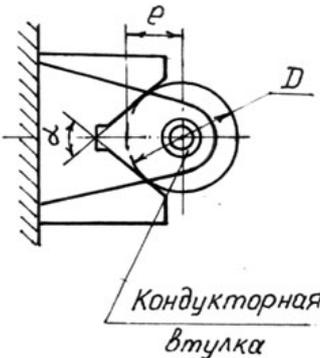
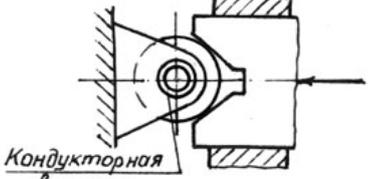
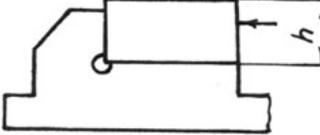
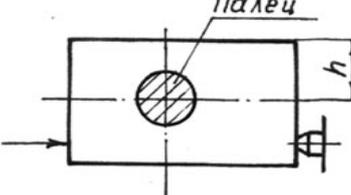
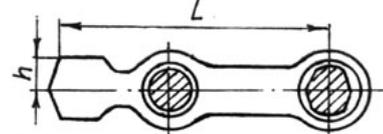
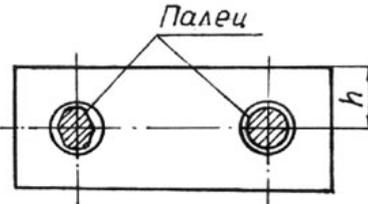
<p>По внешней поверхности с установкой в самоцентрирующие (плавающие) призмы</p>		<p>$\varepsilon_d = 0$</p>
<p>По плоскости и платикам с поджимом призмой для обработки отверстия по кондукторной втулке, координированной с базисными элементами приспособления</p>		<p>$\varepsilon_L = 0$</p>

Продолжение табл. 4.45

1	2	3
<p>По нижней плоскости и торцу, по отверстию и торцу для обработки уступа</p>		<p>$\epsilon_b = \delta_a$, где δ_a - допуск на размер a</p>
<p>По верхней плоскости и торцу для обработки уступа</p>		<p>$\epsilon_b = 0$</p>
<p>По отверстию с установкой на оправку с прижимом гайкой; ϵ_D не влияет на допуск диаметрального размера, но увеличивает припуск на обработку по диаметру</p>		<p>$\epsilon_{D1} = S_{\min} + \delta_B + \delta_A$ $\epsilon_{D2} = S_{\min} + \delta_B + \delta_A$, где S_{\min} - минимальный гарантированный зазор; δ_B - допуск на размер оправки; δ_A - допуск на размер базового отверстия При установке оправки на плавающий передний центр, в гильзу или патрон по упору $\epsilon_a = 0$; $\epsilon_b = 0$ При установке оправки на жесткий передний центр $\epsilon_a = \Delta_{\text{ц}}$; $\epsilon_b = 0$, $\Delta_{\text{ц}}$ - просадка центра</p>
<p>По боковой плоскости и торцу с зажимом, противолежащим боковой плоскости и торцу, для параллельной или последовательной обработки в кондукторе</p>		<p>$\epsilon_L = 0$</p>

Продолжение табл. 4.45

1	2	3
---	---	---

<p>По внешней поверхности вращения с установкой в жесткую призму и зажимом подвижной призмой для обработки по кондуктору</p>		$\varepsilon_e = \frac{\delta_D}{2 \sin(\alpha/2)}$ <p>где ε_e - смещение отверстия относительно оси внешней поверхности; δ_D - допуск на диаметр внешней поверхности; α - угол призмы</p>
<p>По внешней поверхности вращения с установкой на жесткую плоскую поверхность и зажимом подвижной призмой для обработки отверстий по кондуктору</p>		$\varepsilon_e = \frac{\delta_D}{2}$ <p>где ε_e - отклонение от концентричности; δ_D - допуск на диаметр внешней поверхности</p>
<p>По нижней плоскости, торцу и боковой поверхности для обработки верхней плоскости</p>		$\varepsilon_h = 0$
<p>По отверстию на жесткий палец с натягом для обработки верхней плоскости</p>		$\varepsilon_h = 0$
<p>По двум отверстиям для обработки части плоской или фасонной поверхности</p>		$\varepsilon_h = (S_{\min} + \delta_{DB} + \delta_{DA})$ <p>где S_{\min} - минимальный гарантированный зазор; δ_{DB} - допуск на размер по диаметру пальца;</p>
<p>По двум отверстиям для обработки плоской или фасонной поверхности</p>		δ_{DA} - допуск на размер по диаметру базового отверстия

Окончание табл. 4.45

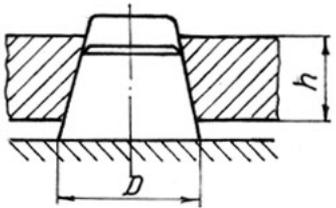
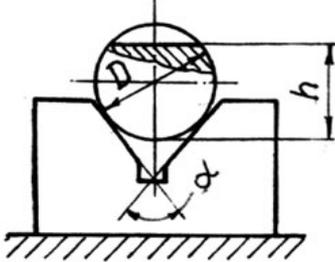
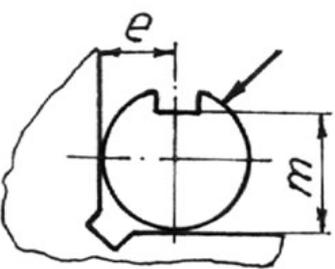
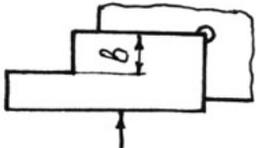
1	2	3
<p>По коническому отверстию на жесткий конический штифт для обработки паза, ось которого проходит через центр отверстия</p>		$\varepsilon_h = \frac{\delta_{DB} + \delta_{DA}}{K},$ <p>где δ_{DB} - допуск на размер жесткого конического штифта; δ_{DA} - допуск конического базового отверстия; K – конусность: $K = \operatorname{tg} \alpha/2$, где α - угол при вершине конуса</p>
<p>По внешней поверхности с установкой в призму для обработки плоскости или паза</p>		$\varepsilon_D = (\delta_D/2) \cdot [1/\sin(\alpha/2) - 1],$ <p>где δ_D - допуск на диаметр; α - угол призмы</p>
<p>По внешней поверхности с установкой в призму для обработки паза</p>		$\varepsilon_e = \frac{\delta_D}{2},$ <p>где δ_D - допуск на диаметр; $\varepsilon_m = 0$</p>
<p>По верхней плоскости и торцу для обработки уступа</p>		$\varepsilon_B = 0$

Таблица 4.46

Погрешность зацентровки

Наибольший диаметр центрального гнезда, мм	1; 2; 2,5	4; 5; 6	7,5; 10	12,5; 15	20; 30
Погрешность глубины центрального гнезда $\Delta_{ц}$, мм	0,11	0,14	0,18	0,21	0,25

Таблица 4.47

Погрешность закрепления в радиальном направлении при установке заготовок в трёхкулачковом самоцентрирующем патроне с ручным зажимом

Характер базовой поверхности заготовки	Погрешность закрепления ε_3 в радиальном направлении, мкм) при поперечных размерах заготовки, мм						
	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 260
1	2	3	4	5	6	7	8
Литьё в песчаную форму с машинной формовкой по металлической модели	270	320	370	420	500	600	700
Литьё в постоянную металлическую форму	175	200	250	300	350	400	450
Литьё по выплавляемой модели	60	70	80	100	120	140	160
Литьё в оболочковые формы	120	130	160	200	240	250	280

Окончание табл. 4.47

1	2	3	4	5	6	7	8
Литьё под давлением	30	35	40	50	60	70	80
Горячая штамповка	270	320	370	420	500	600	700
Горячекатаный прокат	270	320	370	420	500	600	
Предварительно обработанная поверхность	60	70	80	100	120	140	160
Чисто обработанная поверхность	30	35	40	50	60	70	80

Таблица 4.48

Погрешность закрепления в радиальном направлении при установке заготовок в трёхкулачковом самоцентрирующем патроне с пневматическим приводом зажима

Характер базовой поверхности заготовки	Погрешность закрепления ε_z в радиальном направлении, мкм, при поперечных размерах заготовки, мм							
	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 260	Св.260 до 360
Литьё в песчаную форму с машинной формовкой	220	260	320	380	440	500	580	660
Литьё в постоянную металлическую форму	140	170	200	240	280	320	380	440

Окончание табл.4.48

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Литьё по выплавляемой модели	50	60	70	80	90	100	120	
Литьё под давлением	25	30	35	40	45	50	80	
Горячая штамповка	220	260	320	380	440	500	580	660
Горячекатаный прокат	220	260	320	380	440	500		
Предварительно обработанная поверхность	50	60	70	80	90	100	120	140
Чисто обработанная поверхность	25	30	35	40	45	50	60	70

Таблица 4.49

Погрешность закрепления в радиальном направлении при установке заготовок в цанговом самоцентрирующем патроне

Характер базовой поверхности заготовки	Погрешность закрепления ε_3 в радиальном направлении, мкм при поперечных размерах заготовки, мм				
	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80
Калиброванная холоднотянутая и холоднокатаная	40	50	60	70	80
Предварительно обработанная	40	50	60	70	80

Чисто обрабо- танная	20	25	30	35	40
-------------------------	----	----	----	----	----

Таблица 4.50

Погрешность закрепления в осевом направлении
при установке заготовок в трёхкулачковом самоцентрирующем патроне
с ручным зажимом

Характер базовой поверхности заготовки	Погрешность закрепления ε_z , мкм, в осевом направлении при наибольшем поперечном размере заготовки, мм							
	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 260	Св.260 до 360
Литьё в песча- ную форму с машинной фор- мовкой по ме- таллической модели	80	90	100	110	120	130	140	150
Литьё в посто- янную металли- ческую форму	70	80	90	100	110	120	130	140
Литьё по вы- плавляемой мо- дели	60	70	80	90	100	110	120	
Литьё под дав- лением	40	50	60	70	80	90	100	
Горячая штам- повка	80	90	100	110	120	130	140	150
Горячекатаный прокат	80	90	100	110	120	130		130
Предварительно обработанная поверхность	60	70	80	90	100	110	120	110

Чисто обрабо- танная поверх- ность	40	50	60	70	80	90	100	
------------------------------------------	----	----	----	----	----	----	-----	--

При изготовлении деталей типа тел вращения необходимо обеспечивать не только точность диаметральных размеров, но и осевых. Поэтому в этих случаях, а также при расчете припусков на обработку торцовых поверхностей учитываются погрешности базирования, закрепления и установки в осевом направлении, значения которых представлены в табл. 4.51...4.52.

Таблица 4.51

Погрешность закрепления в осевом направлении
при установке заготовок в трёхкулачковом самоцентрирующем патроне
с пневматическим приводом зажима

Характер базовой поверхности заготовки	Погрешность закрепления ε_z , мкм в осевом направлении при наибольшем поперечном размере заготовки, мм							
	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 260	Св.260 до 360
Литьё в песчаную форму с машин- ной формовкой по металлической модели	60	70	80	90	100	110	120	130
Литьё в постоян- ную металличе- скую форм	60	65	75	80	90	100	110	120
Литьё по выплав- ляемой модели	50	55	65	75	80	85	90	
Литьё под давлением	35	45	50	55	65	70	80	
Горячая штамповка	60	70	80	90	100	110	120	130
Горячекатаный прокат	60	70	80	90	100	110		

Предварительно обработанная поверхность	50	60	70	80	80	90	100	110
Чисто обработанная поверхность	30	35	40	50	60	70	80	90

Таблица 4.52

Погрешность закрепления в осевом направлении при установке заготовок в цанговом самоцентрирующем патроне

Характер базовой поверхности заготовки	Погрешность закрепления ε_z , мкм, в осевом направлении при поперечных размерах заготовки, мм				
	6...10	10...18	18...30	30...50	50...80
Калиброванная холоднотянутая и холоднокатаная	40	50	60	70	80
Предварительно обработанная	40	50	60	70	80
Чисто обработанная	20	25	30	35	40

Таблица 4.53

Погрешность закрепления заготовок при установке их на постоянные опоры в установочных приспособлениях с винтовыми или эксцентриковыми зажимами

Характеристика базовой поверхности заготовки	Погрешность закрепления ε_z , мкм, при поперечных размерах заготовки, мм						
	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 260
1	2	3	4	5	6	7	8
Литьё в песчаную форму с машинной формовкой	100	125	150	175	200	225	250

Литьё в постоянную металлическую форму	100	110	120	130	140	150	160
Литьё по выплавляемым моделям	90	100	110	120	130	140	150
Литьё в оболочковые формы	95	115	125	140	150	160	170

Окончание табл. 4.53

1	2	3	4	5	6	7	8
Литьё под давлением	80	90	100	110	120	130	140
Горячая штамповка	100	125	150	175	200	225	250
Горячекатаный прокат	100	125	150	175	200	225	
Предварительно обработанная поверхность	90	100	110	120	130	140	150
Чисто обработанная поверхность	80	90	100	110	120	130	140
Шлифованная поверхность	70	80	90	100	110	120	130

Таблица 4.54

Погрешность закрепления заготовок при установке их на постоянные опоры в установочных приспособлениях с пневматическим приводом зажима

Характер базовой поверхности заготовки	Погрешность закрепления ε_z , мкм, при поперечных размерах заготовки, мм						
	Св. 6 до 10	Св.18 до 30	Св.30 до 50	Св.50 до 80	Св.80 до 120	Св.120 до 180	Св.180 до 260
1	2	4	5	6	7	8	9

Литьё в песчаную форму с машинной формовкой по металлической модели		90	100	110	120	140	160
Литьё в постоянную металлическую форму	50	60	65	70	80	90	100

Окончание табл. 4.54

1	2	3	4	5	6	7	8
Литьё по выплавляемой модели	35	50	55	60	70	80	90
Литьё под давлением	25	35	40	50	60	70	80
Горячая штамповка		90	100	110	120	140	160
Горячекатаный прокат	70	90	100	110	120	140	
Предварительно обработанная поверхность	40	50	55	60	70	80	90
Чисто обработанная поверхность	30	35	40	50	60	70	80
Шлифованная поверхность	20	25	30	40	50	60	70

Таблица 4.55

Погрешность закрепления ϵ_3 заготовок с размером между поверхностями, воспринимающими усилие зажима, до 60 мм в тисках с ручным зажимом

Тип тисков	Метод установки заготовки	Погрешность закрепления, мкм
------------	---------------------------	------------------------------

Винтовые	На подкладке в свободном состоянии	100...200
	На подкладке с постукиванием при зажиме	50...80
Эксцентрик- ковые	С подкладкой	40...100
	Без подкладки	3...50

4.2.6. Расчет припусков и межпереходных размеров

При выполнении курсового проекта определение припусков расчетно-аналитическим методом проводится для двух наиболее точных поверхностей (рекомендуются наружная и внутренняя поверхности). При этом определяются промежуточные размеры и размеры исходной заготовки. Результаты расчетов приводятся в виде таблиц. Методика расчета подробно рассмотрена в [5, 7, 22, 46,48]. Для остальных поверхностей назначаются общие и межпереходные припуски по справочным таблицам. Общие припуски на обработку поверхностей отливок и поковок приводятся в соответствующих ГОСТ [14,15], а также в учебной и справочной литературе [3, 5], частично в табл.4.10,4.27 данного пособия. Все результаты расчетов оформляются в виде таблицы с указанием нумерации и обозначения поверхностей, на которые они назначены.

4.2.6.1. Табличный метод расчёта припусков

Табличным называется такой метод расчёта припусков, при котором общие и промежуточные припуски выбирают по таблицам нормативов, составленным на основе систематизации и обобщения производственных сведений, собранных на передовых машиностроительных заводах.

При расчёте припусков табличным методом сначала выбирают из таблиц нормативов общий припуск на каждую обрабатываемую поверхность детали, затем промежуточные припуски, начиная с окончательной обработки данной поверхности, а потом припуски для других переходов в порядке снижения точности обработки на переходе. Например, сначала выбирают припуск на шлифование, затем на чистовое обтачивание, а после этого определяют припуск на черновое обтачивание данной поверхности.

Припуск на самую грубую (черновую) обработку поверхности нужно определять не по таблицам нормативов, а расчётом как разность между общим номинальным припуском Z_o и суммой номинальных промежуточных

припусков на отделочную $Z_{отд}$ и чистовую $Z_{чист}$ обработку данной поверхности, то есть

$$Z_{черн} = Z_o - (Z_{отд} + Z_{чист}). \quad (4.11)$$

В таблицах нормативов общие припуски обычно даются номинальными, то есть отсчитываемыми от номинального размера исходной заготовки до номинального размера готовой детали.

Промежуточные припуски в таблицах нормативов, составленных разными авторами, даются по-разному: номинальными или минимальными. Поэтому в том случае, когда в таблицах нормативов промежуточные припуски даются минимальными, для расчёта припусков нужно сначала определить номинальный промежуточный припуск для выполняемого перехода путём прибавления к минимальному табличному промежуточному припуску на выполняемый переход допуска на размер заготовки, полученный на предшествующем переходе.

При расчёте припусков табличным методом нужно учитывать, что в таблицах нормативов в большинстве случаев и общие, и промежуточные припуски даются на сторону.

Результаты расчёта припусков табличным методом обычно сводят в таблицу следующей формы (табл. 4.56).

Таблица 4.56

Расчёт припусков табличным методом

Поверхность детали и план ее обработки	Табличный припуск Z_i^{\min}	Расчетный размер, мм	Допуск δ_{i-1}	Предельные размеры		Предельные значения припусков		Номинальный припуск, мм
				max	min	max	min	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Табличный метод расчёта припусков прост, но не даёт обоснованных величин припусков, так как не учитывает конкретные условия построения технологического процесса (метод получения заданных размеров заготовки на каждом переходе обработки поверхности, схему базирования и закрепления заготовки на станке на каждой операции обработки поверхности и другие условия).

Общие припуски при табличном методе расчёта припусков назначаются без учёта структуры процесса обработки каждой поверхности, погрешностей предшествующей обработки и погрешностей установки на выполняемых технологических переходах.

Табличные припуски в большинстве случаев завышены, так как рассчитаны на самые худшие условия обработки поверхности заготовки.

Отмеченные достоинства и недостатки табличного метода расчёта припусков на обработку обусловили его применение в основном в единичном и мелкосерийном производствах и реже – в среднесерийном производстве при изготовлении небольших и сравнительно дешёвых деталей.

Табличные значения промежуточных припусков приведены в прил. П.4.1...П.4.13, а также в источниках [3, 5].

4.2.6.2. Аналитический метод расчёта припусков

Аналитическим называется такой метод расчёта припусков на обработку, при котором общие и промежуточные припуски рассчитывают с учётом конкретных условий выполнения технологического процесса обработки каждой поверхности детали [5, 23, 24, 25, 29, 54].

При аналитическом методе расчёта припусков на обработку можно выявить возможности экономии материалов и снижения трудоёмкости механической обработки как при проектировании новых заводов, так и при анализе существующих на действующем заводе технологических процессов.

При аналитическом методе расчёта припусков на обработку величину минимального промежуточного припуска на выполняемый переход $Z_{i\text{ расч}}^{\min}$ определяют 4 фактора:

- 1) высота микронеровностей Rz_{i-1} , полученная на предшествующем переходе обработки данной поверхности;
- 2) глубина дефектной части поверхностного слоя T_{i-1} , полученная на предшествующем переходе обработки данной поверхности;
- 3) суммарное пространственное отклонение обрабатываемой поверхности относительно технологической базы заготовки ρ_{i-1} , полученное на предшествующем переходе обработки данной поверхности;
- 4) погрешность установки обрабатываемой заготовки на выполняемом переходе ε_i .

Величина Rz_{i-1} зависит от метода, режимов и условий выполнения предшествующей обработки.

Величина T_{i-1} зависит от вида и метода изготовления исходной заготовки и характера её предшествующей обработки. Например, у отливок из серого чугуна, полученных литьём в разовые земляные формы, T_{i-1} представляет собой глубину наружной зоны, имеющей следы формовочного

песка и отбелённую перлитную корку; у стальных поковок и штампованных заготовок, полученных методами горячей штамповки, а также у горячекатаного проката T_{i-1} представляет собой глубину наружной зоны, имеющей окалину (обезуглероженный слой). Во многих случаях оказывается целесообразным сохранение части или всего поверхностного слоя, обладающего полезными свойствами (повышенная твёрдость, плотность и др.).

Суммарное значение ρ_{i-1} определяется как векторная сумма пространственных отклонений разных видов. Например, при обработке наружных поверхностей вращения заготовок из проката в центрах $\rho_{заг}$ равно векторной сумме кривизны заготовки ρ_k и погрешности зацентровки $\rho_{ц}$; при консольной обработке наружных поверхностей вращения штампованных заготовок типа тел вращения $\rho_{заг}$ равно векторной сумме погрешности $\rho_{см}$, вызванной смещением осей поверхностей, штампуемых в разных половинах штампа, и погрешности $\rho_{кор}$, вызванной короблением (кривизной) штампованной заготовки; при обработке круглого отверстия отливки, положение которого задано относительно наружной цилиндрической базовой поверхности, $\rho_{заг}$ равно векторной сумме погрешности $\rho_{см}$, вызванной смещением оси стержня, с помощью которого образуется отверстие в отливке, и погрешности $\rho_{кор}$, вызванной короблением отливки.

Величина ρ_{i-1} составляет большую часть величины припуска.

Вследствие явления копирования (технологической наследственности) полностью удалить ρ_{i-1} за один проход нельзя. Остаточное суммарное пространственное отклонение обрабатываемой поверхности относительно технологической базы заготовки после выполняемого перехода:

$$\rho_{ост} = \rho_{пред} \cdot K_{ут} \quad (4.12)$$

где $\rho_{пред} = \rho_{i-1}$ – суммарное пространственное отклонение обрабатываемой поверхности относительно технологической базы заготовки, которое заготовка имела перед выполняемым переходом;

$K_{ут}$ – коэффициент уточнения заготовки после выполнения технологического перехода.

Для первого перехода обработки каждой поверхности $\rho_{пред} = \rho_{заг}$, для второго перехода $\rho_{пред} = \rho_l$ и так далее.

Погрешность установки обрабатываемой заготовки на выполняемом переходе ε_i , как рассматривалось ранее, зависит от метода установки заготовки на станке.

При установке заготовки на станке с выверкой погрешность установки обрабатываемой заготовки на выполняемом переходе равна погрешности проверки положения заготовки после выверки и закрепления заготовки (погрешности повторной выверки), то есть

$$\varepsilon_i = \varepsilon_n \cdot \quad \varepsilon_i = \varepsilon_{\Pi}$$

При установке заготовки без выверки в специальное установочное приспособление погрешность установки обрабатываемой заготовки на выполняемом переходе определяется по формуле

$$\varepsilon_{I} = \sqrt{\varepsilon_{\sigma i}^2 + \varepsilon_{3 i}^2 + \varepsilon_{np i}^2} \quad (4.13)$$

Если обработка поверхности выполняется за несколько переходов при неизменном установе, то для последующего после первого перехода обработки той же поверхности погрешность установки определяется по формуле

$$\varepsilon_i = \varepsilon_{\text{ост}} = \varepsilon_{\text{пред}} \cdot K_{\text{ут}} \quad (4.14)$$

Общая величина минимального промежуточного припуска на выполняемый переход Z_i^{min} определяется суммированием величин $R_{Z_{i-1}}$, T_{i-1} , ρ_{i-1} , ε_i . При этом учитывают, что ρ_{i-1} и ε_i являются векторами. Поэтому их сумму определяют по правилу суммирования векторов.

При обработке плоскостей векторы $\bar{\rho}_{i-1}$ и $\bar{\varepsilon}_i$ параллельны или направлены по одной прямой линии. Поэтому модуль их векторной суммы равен их алгебраической сумме:

$$|\bar{\rho}_{i-1} + \bar{\varepsilon}_i| = (\rho_{i-1} + \varepsilon_i). \quad (4.15)$$

При обработке поверхностей вращения векторы $\bar{\rho}_{i-1}$ и $\bar{\varepsilon}_i$ могут быть расположены под любым углом, предсказать который невозможно. Наиболее вероятное их суммарное значение определяется вероятностным методом суммирования:

$$|\bar{\rho}_{i-1} + \bar{\varepsilon}_i| = \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}. \quad (4.16)$$

На основании указанных соображений получают следующие формулы для определения минимального расчётного промежуточного припуска на выполняемый переход обработки поверхности:

1) припуск на сторону при последовательной обработке плоскостей

$$Z_{i \text{ расч}}^{\text{min}} = Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i; \quad (4.17)$$

2) припуск на две стороны при параллельной обработке плоскостей

$$2Z_{i \text{ расч}}^{\text{min}} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i); \quad (4.18)$$

3) припуск на диаметр при обработке наружных или внутренних поверхностей вращения

$$2Z_{i\text{расч}}^{\min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}). \quad (4.19)$$

В зависимости от условий выполнения технологического перехода в указанных формулах могут быть исключены те или иные элементы припуска.

При обработке наружной цилиндрической поверхности заготовки, установленной в центрах, можно принять $\varepsilon_1 = 0$, так как погрешность центровки $\rho_{ц}$ входит в ρ_{i-1} .

При развёртывании плавающей развёрткой и протягивании отверстий не учитывают ρ_{i-1} и ε_i , так как смещение и увод оси отверстия при этих методах обработки не исправляются, а $\varepsilon_i = 0$, так как режущий инструмент направляется обрабатываемой поверхностью.

При суперфинише и полировании, когда преследуется цель только снижения шероховатости обработанной поверхности, учитывают только величину Rz_{i-1} .

При обработке чёрной поверхности заготовки без выдерживания размера («как чисто») не учитывают ε_i , а ρ_{i-1} принимают равной $0,25\delta_{заг}$, где $\delta_{заг}$ - допуск на размер обрабатываемой поверхности исходной заготовки.

При шлифовании после термообработки не учитывают T_{i-1} , так как поверхностный слой заготовки имеет высокую твёрдость и должен быть сохранён.

При обработке отливок из серого чугуна считается, что дефектная часть поверхностного слоя полностью удаляется за первый переход. Так как материал является не деформируемым, то на обработанной резанием поверхности дефектный слой не образуется. Поэтому для второго и последующих переходов обработки таких поверхностей принимают $T_{i-1} = 0$.

Величины Rz_{i-1} , T_{i-1} , ρ_{i-1} , ε_i выбираются по справочным данным.

Аналитический метод расчёта припусков трудоёмок. Поэтому его применяют в массовом, крупносерийном и среднесерийном производствах. Подробная методика расчета припусков представлена в [5, 26, 46].

4.2.6.3. Порядок расчёта припусков и предельных размеров заготовки по технологическим переходам

При расчёте припусков нас в конечном итоге интересуют не размеры припусков, а промежуточные предельные размеры заготовки по переходам. Эти размеры нужны для контроля и для конструирования технологической оснастки. Конечным этапом определения промежуточных размеров заготовки является определение предельных размеров исходной заготовки.

Промежуточные размеры заготовки удобнее начинать рассчитывать с

конца обработки каждой поверхности, где мы имеем размеры готовой детали, заданные конструктором на рабочем чертеже детали.

Для того, чтобы определить промежуточные размеры заготовки, нужно знать маршрут обработки каждой поверхности детали, методы получения заданных размеров для всех переходов, промежуточные припуски и допуски на промежуточные размеры.

Допуски на промежуточные размеры можно определить по таблицам нормативов.

Порядок расчета промежуточных припусков и предельных размеров по технологическим переходам приведен в табл. 4.57

Таблица 4.57

Порядок расчета промежуточных припусков и предельных размеров по технологическим переходам

<p>1. Пользуясь рабочим чертежом детали, составить план обработки поверхности детали</p> <p>2. Записать в расчетную карту обрабатываемые элементарные поверхности и порядок технологических переходов их обработки</p> <p>3. Записать значения $Rz, T, \rho, \varepsilon, \delta$</p> <p>4. Определить расчетные величины минимальных припусков Z_i^{min} или $2Z_i^{min}$ на обработку по всем технологическим переходам</p>	
<i>Для наружных поверхностей</i>	<i>Для внутренних поверхностей</i>
<p>5. Записать для конечного перехода в графу "Расчетный размер" <i>наимень-ший</i> предельный размер детали по чертежу</p>	<p>5. Записать для конечного перехода в графу "Расчетный размер" <i>наибольший</i> предельный размер детали по чертежу</p>
<p>6. Для перехода, предшествующего конечному, определить расчетный размер <i>прибавлением</i> к наименьшему размеру по чертежу расчетного минимального припуска $Z_i^{расч}$</p>	<p>6. Для перехода, предшествующего конечному, определить расчетный размер <i>вычитанием</i> из наибольшего размера по чертежу расчетного минимального припуска $Z_i^{расч}$</p>
<p>7. Последовательно определить расчетные размеры для каждого предшествующего перехода путем <i>прибавления</i> к расчетному размеру следующего за ним смежного перехода расчетного припуска $Z_i^{расч}$</p>	<p>7. Последовательно определить расчетные размеры для каждого предшествующего перехода путем <i>вычитания</i> из расчетного размера следующего за ним смежного перехода расчетного припуска $Z_i^{расч}$</p>
<p>8. Записать <i>наименьшие</i> предельные</p>	<p>8. Записать <i>наибольшие</i> пре-</p>

размеры по всем технологическим переходам, округляя их путем <i>увеличения</i> расчетных размеров; округление производится до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода	дельные размеры по всем технологическим переходам, округляя их путем <i>уменьшения</i> расчетных размеров; округление производится до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Окончание табл.4.57

9. Определить <i>наибольшие</i> предельные размеры путем прибавления допуска к округленному <i>наименьшему</i> предельному размеру	9. Определить <i>наименьшие</i> предельные размеры путем вычитания допуска из округленного <i>наибольшего</i> предельного размера
10. Записать предельные значения припусков Z_i^{\max} как разность <i>наибольших</i> предельных размеров и Z_i^{\min} как разность <i>наименьших</i> предельных размеров <i>предшествующего и выполняемого</i> переходов	10. Записать предельные значения припусков Z_i^{\max} как разность <i>наименьших</i> предельных размеров и Z_i^{\min} как разность <i>наибольших</i> предельных размеров <i>выполняемого и предшествующего</i> переходов
11. Определить общие припуски Z_0^{\max} и Z_0^{\min} , суммируя промежуточные припуски	
12. Проверить правильность произведенных расчетов путем сопоставления разности припусков и допусков; при этом разность промежуточных припусков должна быть равна разности допусков на промежуточные размеры, а разность общих припусков - разности допусков на размеры черновой заготовки и готовой детали: $Z_i^{\max} - Z_i^{\min} = \delta_{i-1} - \delta_i \quad Z_0^{\max} - Z_0^{\min} = \delta_z - \delta_d$	

Примечания:

1. В связи с разнохарактерностью действий при расчете размеров для наружных и внутренних поверхностей рекомендуется во избежание ошибок при расчете группировать в расчетной карте наружные и внутренние поверхности, а не записывать их вперемежку.

2. При обработке взаимосвязанных плоских поверхностей от переменных баз рекомендуется строить размерные цепи, определяющие взаимосвязь обрабатываемой поверхности с измерительной базой.

3. При параллельной обработке противоположных плоских поверхностей (фрезерование поверхностей, подрезание торцов и т.д.) рекомендуется в целях повышения точности обработки уравнивать припуски по большему из них.

В качестве примера покажем методику определения промежуточных размеров заготовки на базе построения схемы расположения полей промежуточных припусков и предельных размеров заготовки, наружная поверхность вращения которой обрабатывается по следующему технологическому маршруту:

- 1) черновое обтачивание на предварительно настроенном станке,
- 2) чистовое обтачивание на предварительно настроенном станке,
- 3) шлифование методом продольной подачи (путём последовательного приближения к заданному размеру за несколько проходов – методом индивидуального получения заданных размеров).

Сначала построим схему расположения припусков и допусков на промежуточные и исходные размеры заготовки, обработанной по указанному технологическому маршруту (рис. 4.5).

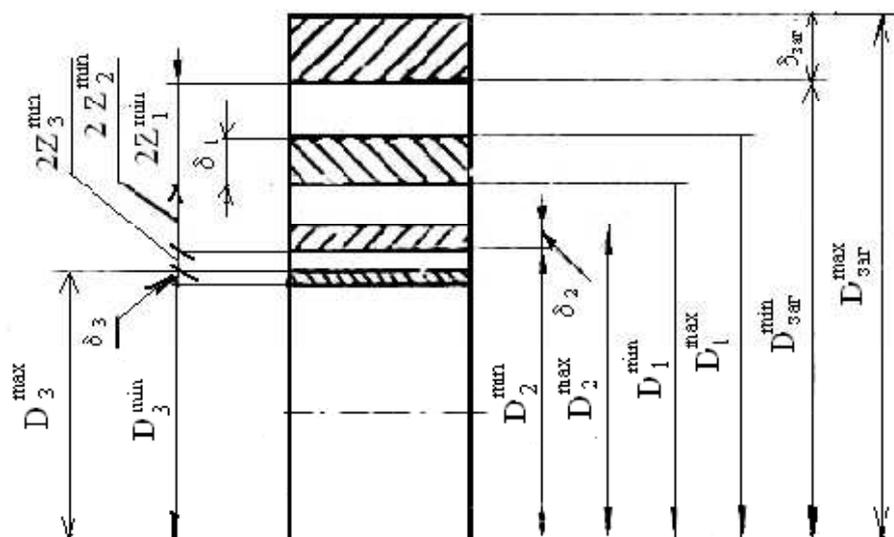


Рис. 4.5. Схема расположения припусков и допусков при обработке наружной цилиндрической поверхности по маршруту: черновое и чистовое обтачивание на настроенном станке и шлифование методом продольной подачи

С целью сокращения построений на рис. 4.5 поля припусков и допусков смещены в одну сторону, как принято при изображении полей

допусков в системе допусков и посадок.

На рис. 4.5 приняты следующие обозначения:

$D_{заг}^{max}$ - наибольший предельный размер исходной заготовки;

$D_{заг}^{min}$ - наименьший предельный размер исходной заготовки;

D_1^{max} - наибольший предельный размер заготовки после 1-го перехода (чернового обтачивания);

D_1^{min} - наименьший предельный размер заготовки после 1-го перехода;

D_2^{max} - наибольший предельный размер заготовки после 2-го перехода (чистового обтачивания);

D_2^{min} - наименьший предельный размер заготовки после 2-го перехода;

D_3^{max} - наибольший предельный размер заготовки после 3-го перехода (шлифования), равный наибольшему предельному размеру готовой детали;

D_3^{min} - наименьший предельный размер заготовки после 3-го перехода, равный наименьшему предельному размеру готовой детали;

$2Z_1^{min}$ - минимальный предельный припуск на 1-ый переход (черновое обтачивание);

$2Z_2^{min}$ - минимальный предельный припуск на 2-ый переход (чистовое обтачивание);

$2Z_3^{min}$ - минимальный предельный припуск на 3-ий переход (шлифование);

$\delta_{заг}$ - допуск на диаметр цилиндрической поверхности исходной (чёрной) заготовки;

δ_1 - допуск на диаметр на 1-ый переход (черновое обтачивание);

δ_2 - допуск на диаметр на 2-ый переход (чистовое обтачивание);

δ_3 - допуск на диаметр на 3-ий переход (шлифование), равный допуску на диаметр цилиндрической поверхности готовой детали.

Расчёт предельных размеров заготовки по переходам начинаем с 3-го перехода, для которого номинальный размер и допуск заданы на рабочем чертеже детали. Исходя из расположения поля допуска у готовой детали, определяем предельные размеры D_3^{max} и D_3^{min} .

Затем, прибавляя к D_3^{max} минимальный припуск на шлифование, (с учетом индивидуального метода получения размеров) получим минимальный предельный размер после чистового обтачивания, то есть

$$D_2^{min} = D_3^{max} + 2Z_3^{min} . \quad (4.20)$$

Максимальный предельный размер после чистового обтачивания по-

лучим прибавлением к D_2^{min} допуска на чистовое обтачивание δ_2 (с учетом метода автоматического получения размеров), то есть

$$D_2^{max} = D_2^{min} + \delta_2 . \quad (4.21)$$

Аналогично рассчитываем:

$$D_1^{min} = D_2^{min} + 2Z_2^{min} ; \quad (4.22)$$

$$D_1^{max} = D_1^{min} + \delta_1 ; \quad (4.23)$$

$$D_{заг}^{min} = D_1^{min} + 2Z_1^{min} ; \quad (4.24)$$

$$D_{заг}^{max} = D_{заг}^{min} + \delta_{заг} . \quad (4.25)$$

Рассчитанные промежуточные и исходные размеры заготовки необходимо округлять до последнего точного знака десятичной дроби, с каким задан допуск на размер каждого перехода в таблицах нормативов (для грубых размеров – до десятых долей миллиметра, для размеров средней точности – до сотых долей миллиметра, для точных размеров – до тысячных долей миллиметра). Округление промежуточных размеров заготовки следует производить в большую сторону для наружных и в меньшую – для внутренних поверхностей, чтобы округлённые значения минимальных предельных припусков были не меньше минимальных расчётных припусков.

После расчёта припусков и предельных размеров заготовки по технологическим переходам разрабатывается чертёж исходной заготовки, на котором указываются припуски на обработку, исходные размеры, допуски на них, качество поверхностей, характер термообработки, методы очистки поверхностей исходной заготовки, методы предварительной обработки заготовки, методы контроля качества заготовки и другие технические требования.

При изготовлении деталей из сортового проката необходимо определить профиль и размеры проката. При этом выбирают ближайший больший размер поперечного сечения сортового проката по соответствующему ГОСТ на сортовой прокат.

4.2.6.4. Разработка чертежа исходной заготовки

Чертеж исходной заготовки должен содержать все необходимые данные для ее изготовления и выполняться в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

В условиях индивидуального и мелкосерийного производства или в случае, когда деталь имеет простую геометрическую форму и чтение чертежа не будет затруднено, используют совмещение чертежа заготовки с рабочим чертежом детали. Припуск на обработку наносят тонкими линиями на соответствующую поверхность рабочего чертежа. Размер заготовки проставляют в скобках под соответствующим размером детали.

Разработку чертежа отливок рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

1. Выбрать положение отливки во время заливки металла. При этом следует руководствоваться правилами:
 - наиболее ответственная часть отливок, к которым предъявляются требования повышенной точности, плотности и шероховатости поверхности, должна быть расположена внизу, так как при заполнении формы металлом все неметаллические включения (земляные, шлаковые, газовые, оксиды) скапливаются вверху;
 - если указанные требования не могут быть выполнены, то ответственные поверхности во время заливки должны быть расположены вертикально или наклонно.
2. Выбрать поверхность разъема формы.
3. Определить общие припуски на механическую обработку и допуски на размеры.
4. Определить формовочные уклоны и выбрать их направление.
5. Определить радиусы литейных закруглений.
6. Установить технические требования на отливку.

Положение заготовки во время заливки формы обозначают на чертеже сплошной основной линией, перпендикулярной к плоскости разъема и ограниченной стрелками, и буквами В (верх), Н (низ). Такое обозначение дает представление о местах расположения наиболее плотных поверхностей, литников, прибылей и т.д., а также способствует правильному выбору величины припусков.

Поверхность разъема формы на чертеже отливки указывают штрихпунктирной линией, заканчивающейся выносными утолщенными линиями с надписью "Разъем формы". Надпись допускается заменить буквами "МФ". Обозначение поверхности разъема на чертеже заготовки придает наглядность выполнению формовочных уклонов и способствует правильному выбору общих припусков.

В чертежах литых заготовок кроме размеров заготовки, сопровождаемых предельными отклонениями, должны быть указаны: шероховатость поверхности, припуски на механическую обработку и технические требования.

В технических требованиях чертежа отливки должны быть указаны нормы точности отливок в следующей последовательности: класс размерной точности, степень коробления, степень точности поверхности, класс точности массы и допуск смещения отливки.

Например, отливка 8-го класса размерной точности, 5-й степени коробления, 4-й степени точности поверхностей, 7-го класса точности массы с допуском смещения 0,8 мм должна быть обозначена:

Точность отливки 8-5-4-7 см 0,8 ГОСТ 26645-85.

Ненормируемые показатели точности отливок заменяют нулями, а обозначение смещения опускают.

Например:

Точность отливки 8-0-0-7 ГОСТ 26645-85.

В технических требованиях чертежа отливки или детали с нанесенными размерами отливок должны быть указаны значения номинальной массы детали, припусков на обработку, технологических напусков и массы отливки.

Например, обозначение

Масса 20,35-3,15-1,35-24,85 ГОСТ 26645-85

означает: номинальная масса детали - 20,35 кг, номинальная масса припусков на обработку - 3,15 кг, технологические напуски - 1,35, номинальная масса отливки - 24,85 кг.

Для необрабатываемых отливок или при отсутствии технологических напусков соответствующие величины обозначают через нуль.

Например:

Масса 20,35-0-1,35-21,70 ГОСТ 26645-85

или

Масса 20,35-0-0-20,35 ГОСТ 26645-85.

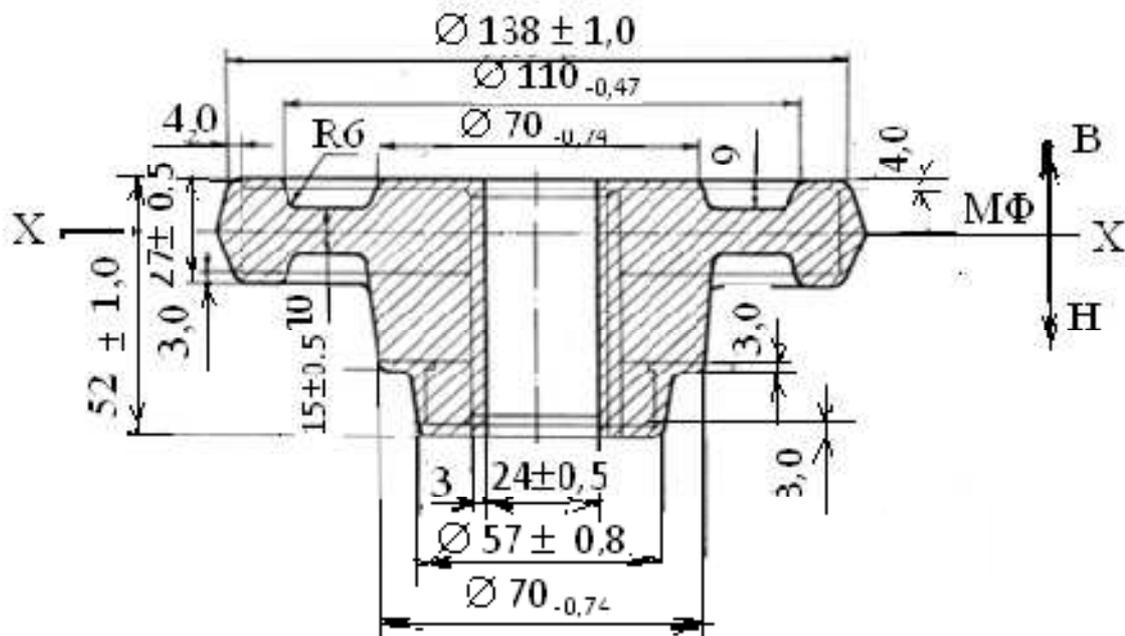
В технических требованиях литой детали указывают только массу детали.

Таким образом, содержание и последовательность изложения технических требований могут быть следующими:

- нормы точности отливки;
- твердость НВ _____;
- неуказанные литейные уклоны не более _____;
- неуказанные допуски на размеры по ГОСТ 26645-85;
- разностенность не более _____ мм;
- поверхность "X" не должна иметь раковин, трещин, заливок и других литейных дефектов;
- на обрабатываемых поверхностях допускаются _____ (перечисляют допустимые литейные дефекты, кроме трещин, превышающих 2/3 припуска на механическую обработку);

- очистка поверхности _____ способом;
- остальные требования по ТУ _____ № ____.

Пример оформления чертежа отливки приведен на рис. 4.6.



Твердость НВ 170...220;

Литейные уклоны 3° ;

Неуказанные литейные радиусы 3 мм;

Смещение по разьему формы не более 0,8 мм;

Точность отливки 8-5-4-7 см. 0, ГОСТ 26645-85;

На обрабатываемых поверхностях допускаются раковины глубиной до 2 мм;

Очистка поверхности механическим способом

Рис. 4.6. Пример оформления чертежа отливки

Правила выполнения чертежа поковки регламентированы ГОСТ 3.1126. Чертеж поковки разрабатывают на основании рабочего чертежа детали. Разработку чертежа поковки (штамповки) рекомендуется вести в следующей последовательности:

1. Определяют положение поковки в штампе.
2. Выбиирают поверхности разьема штампа.

Поверхностями разьема штампов обычно являются плоскости. При выборе плоскости разьема прежде всего следует учитывать возможность свободного извлечения поковки из полости штампа. Желательно, чтобы плоскость разьема соответствовала максимальной площади поперечного сечения поковки. В этом случае высота поковки будет являться ее минимальным габаритным размером, что обеспечит минимальную глубину полости штампа, а

следовательно, и свободное извлечение отштампованных заготовок из штампа.

У несимметричных поковок более выступающие части необходимо располагать в верхнем штампе, так как металл легче "течет" вверх. При выборе плоскости разъема необходимо учитывать и возможность получения наиболее простой формы линии разъема, что упрощает конструкцию обрезающего штампа. Плоскость разъема штампа указывают штрихпунктирной линией, заканчивающейся утолщенной линией. Обозначается место разъема знаком "х".

3. Определяют припуски на механическую обработку и допуски на размер поковки.

4. Определяют напуски на поковку (напуском называют дополнительный слой металла, добавляемый к поковке для упрощения ее формы).

5. Определяют штамповочные уклоны. Штамповочные уклоны для штамповочных молотов и прессов без выталкивателей принимают равными: для наружных поверхностей -7° , для внутренних -10° ; для прессов с выталкивателями и ГКМ: на наружные поверхности -5° , на внутренние -7° .

6. Определяют радиусы закруглений.

7. Выполняют чертеж заготовки.

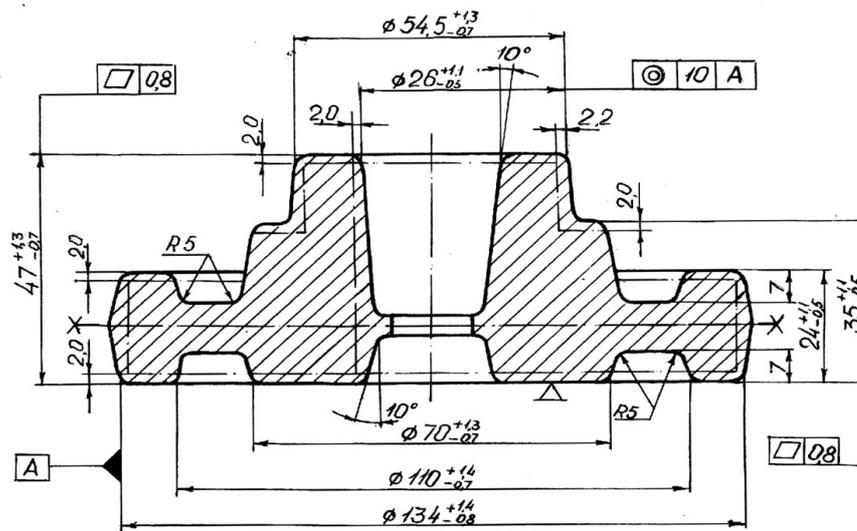
8. Оформляют технические требования на поковку.

Технические требования к поковке устанавливают по ГОСТ 8479-70. В технических требованиях указывают: вид термической обработки, твердость, допускаемую величину остаточного заусенца после обрезки, метод очистки поверхности от окалины, глубину допускаемых внешних дефектов (обычно не более 0,5 величины допуска), допускаемые величины биений, перекосов, кривизны и т.д.

Содержание и последовательность технических требований, заносимых в чертеж поковки, могут быть различными и зависят от метода получения поковок, например:

- исходный индекс _____;
- смещение по разъему штампа не более _____;
- по периметру среза допускаются заусенцы до _____ мм;
- коробление поверхности "Х" не более _____;
- эксцентricность отверстия \varnothing _____ не более _____;
- остальные требования по ГОСТ 7565-81.

Пример оформления чертежа поковки показан на рис. 4.7.



Смещение по разъему штампов не более 0,7 мм.
 Неуказанные штамповочные радиусы 3,0 мм.
 Неуказанные штамповочные уклоны 7°.
 Допускаемая высота заусенца по контуру среза не более 3,0 мм.
 Группа материала поковки - М1 (ГОСТ 7505-89).
 Степень сложности поковки - С2
 (ГОСТ 7505-89). Класс точности поковки - Т4 (ГОСТ 7505-89)

Рис. 4.7. Пример оформления чертежа поковки

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ПРИПУСКОВ И МЕЖПЕРЕХОДНЫХ РАЗМЕРОВ

Пример 1. Определить таблично-статистическим методом общие припуски и промежуточные размеры для обработки поверхности $\phi 50h8$ детали "шкив" (рис. 4.8).

1. Исходные данные на деталь:

- материал детали - серый чугун СЧ15 (ГОСТ 1412-89);
- масса детали - 2,1 кг.

2. Исходные данные для расчета:

- годовая программа N=8000 шт.;
- тип производства - серийный;
- вид заготовки - отливка;
- метод получения заготовки - литье в разовые песчано-глинистые формы влажностью от 3,5 до 4,5 % с машинной формовкой по металлическим

моделям.

- обработка - на токарно-винторезном станке.

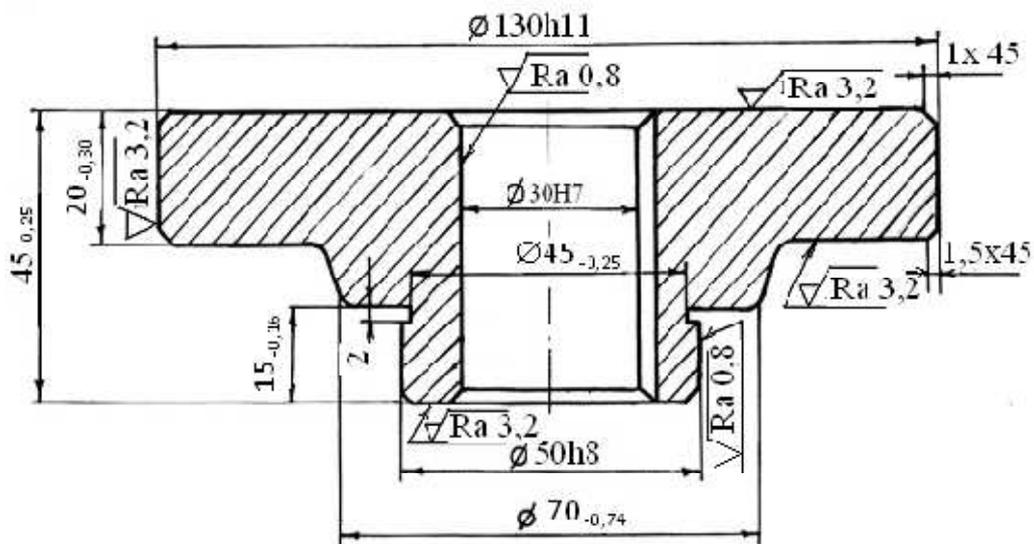


Рис. 4.8. Эскиз детали "шків"

3. Расчет общих припусков на отливку.

3.1. По табл. 4.2 определяем класс точности. Для отливки с наибольшим габаритным размером 130 мм, полученной в разовые земляные формы из серого чугуна, не подвергаемого термообработке, класс размерной точности лежит в пределах 8-13т. Принимаем 9 класс размерной точности.

3.2. По найденному классу размерной точности по табл. 4.3 определяем допуск δ_1 на номинальный размер отливки. Для $\text{Ø}50$ и 9 класса точности $\delta_1 = 2,0$ мм.

3.3. Определяем степень коробления отливок по табл. 4.5. Для разовых форм и отношения $h_{\min} / D_{\max} = 10/130 = 0,077$ степень коробления находится в пределах 5-8 классов. Принимаем 7 степень коробления.

3.4. Определяем δ_2 - допуск формы и расположения элементов отливок. По табл. 4.4 для 7 степени коробления и номинального размера 50 допуск $\delta_2 = 0,5$ мм.

3.5. Определяем δ_0 общий допуск на номинальный размер $d = 50$. По табл. 4.9 для $\delta_1 = 2,0$ и $\delta_2 = 0,5$ общий допуск $\delta_0 = 2,2$ мм.

3.6. Определяем степень точности поверхности. Для отливок из серого чугуна, не подвергаемого термообработке, полученных в разовые песчаноглинистые формы с влажностью 3,5...4,5 % для наибольшего размера 130 мм, степень точности отливок 12...19. [5, табл.2.7]. Принимаем 14 степень точности поверхности.

3.7. Определяем номер ряда припусков. По табл. 4.7 для 14 степени точности соответствуют ряды припусков 5...8, принимаем номер ряда 7.

3.8. Определяем величину общего припуска Z_0 . По табл. 4.10 для $\delta_0/2 = 2,2/2 = 1,1$ при чистовой окончательной обработке и для 7 ряда припусков общий припуск на сторону для размера 50 составит $Z_0=2,4$; на диаметр - $2Z_0 = 4,8$ мм.

4. Расчет промежуточных припусков и межпереходных размеров на поверхность $\varnothing 50h8$.

4.1. Составляем технологическую схему (план) обработки поверхности $\varnothing 50h8$.

План обработки поверхности $\varnothing 50h8$

Наименование поверхности и план ее обработки	Точность обработки (квалитет)	Шероховатость поверхности Ra
Поверхность $\varnothing 50h8$	8	
1. Черновое точение	12	6,3
2. Чистовое точение	9	3,2
3. Шлифование	8	0,8

4.2. Определяем минимальные табличные промежуточные (межпереходные) припуски.

4.2.1. Припуск на шлифование. По табл. П.4.2 находим $2Z_{1p}^{\min}=0,3$ мм.

4.2.2. Припуск на чистовое обтачивание. По табл. П.4.1 находим $2Z_{2p}^{\min}=1,1$.

4.2.3. Припуск на черновое обтачивание:

$$2Z_1 = 2Z_0^{\text{табл}} - (2Z_2^{\text{табл}} + 2Z_3^{\text{табл}}) = 4,8 - (1,1 + 0,3) = 3,4.$$

Табличные значения межпереходных припусков заносим в графу 2 табл. 4.58.

4.3. Расчет межпереходных размеров.

Поскольку обработка осуществляется на универсальном оборудовании, расчет припусков и межпереходных размеров проводим для метода индивидуального получения размеров.

4.3.1. Из табл. П.4.14 находим предельные отклонения межпереходных размеров и определяем значения допусков с учетом точности выполнения переходов: шлифование по h8; чистовое точение по h9; черновое точение по h12.

$$\begin{array}{lll}
es_3 = 0 & ei_3 = -0,039 & \delta_3 = 0,039 \\
es_2 = 0 & ei_2 = -0,062 & \delta_2 = 0,062 \\
es_1 = 0 & ei_1 = -0,250 & \delta_1 = 0,250
\end{array}$$

для заготовки $es_0 = 1,1$ $ei_0 = -1,1$ $\delta_0 = 2,2$.

Так как для наружных поверхностей расчетным размером является наименьший размер, то для последнего перехода имеем

$$d_{3p} = d_3 + ei_3 = 50,0 + (-0,039) = 49,961.$$

Расчетные размеры для других переходов с учетом метода индивидуального получения размеров определяем по формулам

$$\begin{aligned}
d_{ip} &= d_{i+1p} + 2Z_{i+1}^{\text{табл}} + \delta_{i+1}; \\
d_{2p} &= d_{3p} + 2Z_3^{\text{табл}} + \delta_3 = 49,961 + 0,3 + 0,039 = 50,3; \\
d_{1p} &= d_{2p} + 2Z_2^{\text{табл}} + \delta_2 = 50,3 + 1,1 + 0,062 = 51,462; \\
d_{0p} &= d_{1p} + 2Z_1^{\text{табл}} + \delta_1 = 51,462 + 3,4 + 0,25 = 55,112.
\end{aligned}$$

Значения расчетных размеров и допусков занесем соответственно в графы 3 и 4 табл. 4.58.

4.3.2. Расчет предельных межпереходных размеров.

Минимальные предельные межпереходные размеры находим путем округления соответствующих расчетных размеров до получения точного значения допуска δ в большую сторону:

$$d_3^{\min} = 49,961, d_2^{\min} = 50,30, d_1^{\min} = 51,47, d_0^{\min} = 55,2.$$

Максимальные предельные межпереходные размеры получим прибавлением к минимальному размеру допуска:

$$\begin{aligned}
d_i^{\max} &= d_i^{\min} + \delta_i; \\
d_3^{\max} &= d_3^{\min} + \delta_3 = 49,961 + 0,039 = 50,0; \\
d_2^{\max} &= 50,362, \quad d_1^{\max} = 51,72, \quad d_0^{\max} = 57,4
\end{aligned}$$

Полученные результаты заносим в графы 5 и 6 табл. 4.58.

4.4. Расчет предельных значений промежуточных припусков:

$$\begin{aligned}
2Z_3^{\min} &= d_2^{\min} - d_3^{\max} = 50,30 - 50,0 = 0,3; \\
2Z_2^{\min} &= d_1^{\min} - d_2^{\max} = 51,47 - 50,362 = 1,108; \\
2Z_1^{\min} &= d_0^{\min} - d_1^{\max} = 55,2 - 51,72 = 3,48;
\end{aligned}$$

$$2Z_1^{\max} = d_0^{\max} - d_1^{\min} = 57,4 - 51,47 = 5,93;$$

$$2Z_2^{\max} = d_1^{\max} - d_2^{\min} = 51,72 - 50,30 = 1,42;$$

$$2Z_1^{\max} = d_0^{\max} - d_1^{\min} = 57,4 - 51,47 = 5,93;$$

$$2Z_0^{\min} = d_0^{\min} - d_3^{\max} = 55,2 - 50,0 = 5,2;$$

$$2Z_0^{\max} = d_0^{\max} - d_3^{\min} = 57,4 - 49,961 = 7,439.$$

4.5. Производим проверку выполненных расчетов:

$$2Z_3^{\max} = 2Z_3^{\min} + \delta_3 + \delta_2 = 0,3 + 0,039 + 0,062 = 0,401;$$

$$2Z_2^{\max} = 2Z_2^{\min} + \delta_2 + \delta_1 = 1,108 + 0,062 + 0,25 = 1,42;$$

$$2Z_1^{\max} = 2Z_1^{\min} + \delta_1 + \delta_0 = 3,48 + 0,25 + 2,2 = 5,93.$$

4.6. Определяем номинальные промежуточные и общие припуски:

$$2Z_3 = 2Z_3^{\min} + |\varepsilon i_2| + |\varepsilon s_3| = 0,3 + 0,062 = 0,362;$$

$$2Z_2 = 2Z_2^{\min} + |\varepsilon i_2| + |\varepsilon s_2| = 1,08 + 0,25 = 1,358;$$

$$2Z_1 = 2Z_1^{\min} + |\varepsilon i_0| + |\varepsilon s_1| = 3,48 + 1,1 = 4,58;$$

$$2Z_0 = \sum 2Z_i = 2Z_1 + 2Z_2 + 2Z_3 = 4,58 + 1,358 + 0,362 = 6,3;$$

$$2Z_0 = d_0 - d_3 = 56,3 - 50,0 = 6,3.$$

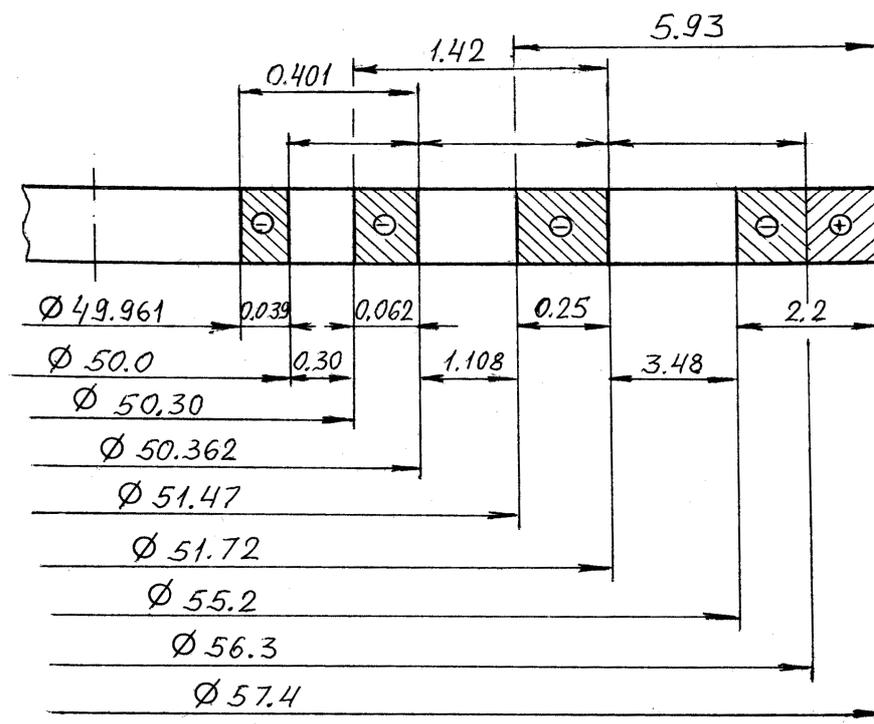


Рис. 4.9. Схема расположения полей припусков и допусков на обработку поверхности $\varnothing 50h8$ по методу индивидуального получения размеров

Таблица 4.58

Карта расчета припусков и межпереходных размеров
на обработку поверхности $\varnothing 50h8$ и торца $\varnothing 130$

Поверхность детали и план ее обработки	Табличный припуск $2Z_i^{\text{табл}}$, мм	Расчетный размер, мм	Допуск δ_i , мм	Предельные размеры, мм		Предельные припуски, мм		Номинальный припуск мм
				max	min	max	min	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Поверхность $\varnothing 50h8$								
Исходная заготовка		55,112	2,200	57,4	52,2	7,439	5,200	6,3
1.Черновое точение	3,4	51,462	0,25	51,72	51,47	5,93	3,48	4,58
2.Чистовое точение	1,1	50,3	0,062	50,362	50,30	1,42	1,108	1,358
3.Шлифование	0,3	49,961	0,039	50,0	49,961	0,401	0,3	0,362
Торец $\varnothing 130$								
Исходная заготовка	2,6	23,12	0,76	23,96	23,2	4,16	3,2	3,96
1.Черновое точение	1,8	20,8	0,52	21,32	20,80	3,16	1,88	2,64
2.Чистовое точение	0,8	19,8	0,20	20,0	19,80	1,52	0,80	1,32

5. Расчет припусков и межпереходных размеров по обработке торца.

5.1. Составляем план обработки торца $\varnothing 130h11$ в размер $20_{-0,20}$.

Наименование поверхности и план ее обработки	Точность (квалитет)	Шероховатость поверхности R_a
Торец в размер $20_{-0,20}$		
1. Черновое точение	14	12,5
2. Чистовое точение	12	3,2

5.2. Определяем минимальные табличные припуски.

Общий припуск на обработку торца по табл. 4.10 для 7-го ряда припусков $Z_0 = 2,6$ мм. Припуск на чистовую обработку торца $\varnothing 130$ при длине детали 45 по табл П.4.3 составляет $Z_2 = 0,8$ мм.

Припуск на черновую обработку

$$Z_{\text{черн}} = Z_1 = Z_0 - Z_2 = 2,6 - 0,8 = 1,8 \text{ мм.}$$

5.3. Расчет межпереходных размеров.

Поскольку обработку производим на универсальном оборудовании, расчет припусков ведем методом индивидуального получения размеров.

5.3.1. Из чертежа детали (см. рис. 4.8) находим предельные отклонения на окончательно обработанную поверхность:

$$es_2 = 0, \quad ei_2 = -0,2, \quad \delta_2 = 0,2.$$

Черновое точение торца выполняем по 14 квалитету, по табл. П.4.14 находим

$$es_1 = 0, \quad ei_1 = -0,52, \quad \delta_1 = 0,52.$$

Исходный размер заготовки при обработке левого торца равен конечному размеру заготовки после обработки правого торца. Поскольку конечный размер заготовки после обработки правого торца выдерживают от черновой измерительной базы (необработанного левого торца), то допуск на этот размер определяем по формуле

$$\delta_0 = \frac{\delta_{\text{заг}} + \delta_2}{2},$$

где $\delta_{\text{заг}} = 1,0$ мм - допуск на размер между торцами исходной заготовки для 8-го класса точности (табл. 2.3);

$\delta_2 = 0,52$ - допуск на размер между торцами по 14 квалитету;

$$\delta_0 = \frac{1,0 + 0,52}{2} = 0,76 \text{ мм.}$$

Располагаем этот допуск в тело заготовки. Тогда

$$es_0 = 0, \quad ei_0 = -0,76, \quad \delta_0 = 0,76.$$

5.3.2. Определяем расчетные межпереходные размеры. Учитывая, что для наружных поверхностей при определении расчетных размеров используются наименьшие межпереходные размеры, получаем:

размер после чистового точения

$$a_2^{\text{расч}} = a_2 + e_i = 20 + (-0,2) = 19,8 ;$$

размер после чернового точения

$$a_1^{\text{расч}} = a_2^{\text{расч}} + \delta_2 + Z_2^{\text{табл}} = 19,8 + 0,2 + 0,8 = 20,8 ;$$

размер до обработки левого торца (заготовки)

$$a_0^{\text{расч}} = a_1^{\text{расч}} + \delta_1 + Z_1 = 20,8 + 0,52 + 1,8 = 23,12 .$$

5.3.3. Находим предельные значения межпереходных размеров.

Наименьшие предельные межпереходные размеры получаем округлением соответствующих расчетных размеров до последнего точного знака допуска в большую сторону:

$$a_2^{\text{min}} = 19,8, \quad a_1^{\text{min}} = 20,8, \quad a_0^{\text{min}} = 23,2 .$$

Наибольшие размеры получаем прибавлением допуска к наименьшему размеру:

$$\begin{aligned} a_i^{\text{max}} &= a_i^{\text{min}} + \delta_i ; \\ a_2^{\text{max}} &= a_2^{\text{min}} + \delta_2 = 19,8 + 0,2 = 20,0 ; \\ a_1^{\text{max}} &= a_1^{\text{min}} + \delta_1 = 20,8 + 0,52 = 21,32 ; \\ a_0^{\text{max}} &= a_0^{\text{min}} + \delta_0 = 23,2 + 0,76 = 23,96 . \end{aligned}$$

5.4. Расчет предельных значений промежуточных и общих припусков (для индивидуального метода получения размеров):

$$\begin{aligned} Z_2^{\text{min}} &= a_1^{\text{min}} - a_2^{\text{max}} = 20,8 - 20,0 = 0,8 ; \\ Z_1^{\text{min}} &= a_0^{\text{min}} - a_1^{\text{max}} = 23,2 - 21,32 = 1,88 ; \\ Z_2^{\text{max}} &= a_1^{\text{max}} - a_2^{\text{min}} = 21,32 - 19,8 = 1,52 ; \\ Z_1^{\text{max}} &= a_0^{\text{max}} - a_1^{\text{min}} = 23,96 - 20,8 = 3,16 ; \\ Z_0^{\text{min}} &= a_0^{\text{min}} - a_2^{\text{max}} = 23,2 - 20,0 = 3,2 ; \\ Z_0^{\text{max}} &= a_0^{\text{max}} - a_2^{\text{min}} = 23,96 - 19,8 = 4,16 . \end{aligned}$$

Результаты расчета заносим в табл. 4.58.

5.5. Производим проверку выполненного расчета:

$$\begin{aligned} Z_2^{\text{max}} &= Z_2^{\text{min}} + \delta_2 + \delta_1 = 0,8 + 0,2 + 0,52 = 1,52 ; \\ Z_1^{\text{max}} &= Z_1^{\text{min}} + \delta_1 + \delta_0 = 1,88 + 0,52 + 0,76 = 3,16 . \end{aligned}$$

5.6. Определяем номинальные припуски:

$$Z_2 = Z_2^{\min} + |ei_1| + |es_2| = 0,8 + 0,52 + 0 = 1,32;$$

$$Z_1 = Z_1^{\min} + |ei_0| + |es_1| = 1,88 + 0,76 + 0 = 2,64;$$

$$Z_0 = Z_0^{\min} + |ei_0| + |es_2| = 3,2 + 0,76 + 0 = 3,96.$$

5.7. Строим схему расположения полей припусков и допусков (рис. 4.10).

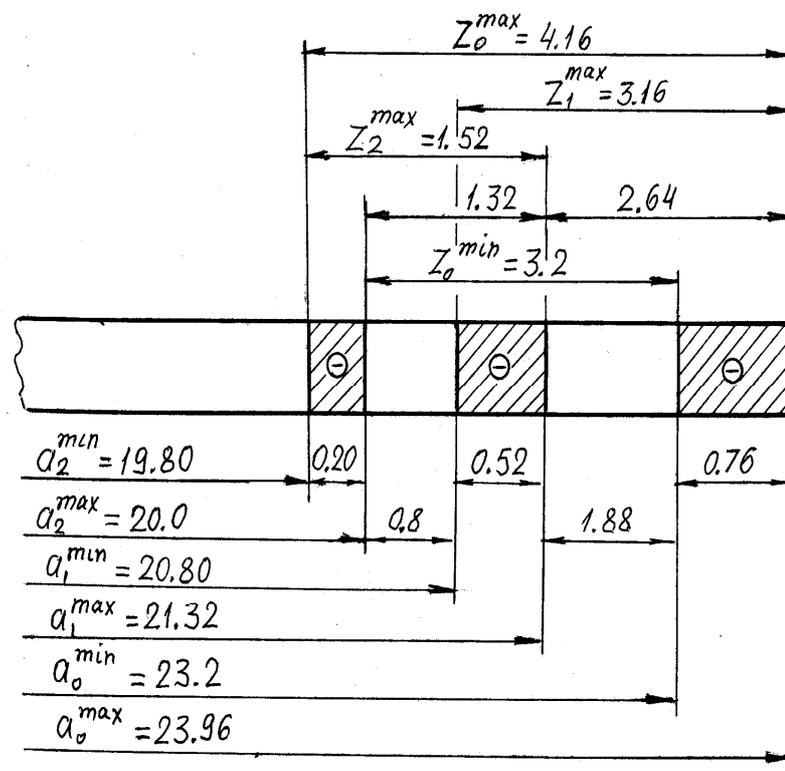


Рис. 4.10. Схема расположения межпереходных размеров

Пример 2. Таблично-статистическим методом определить общие припуски на поковку детали "шкив" (рис. 4.11).

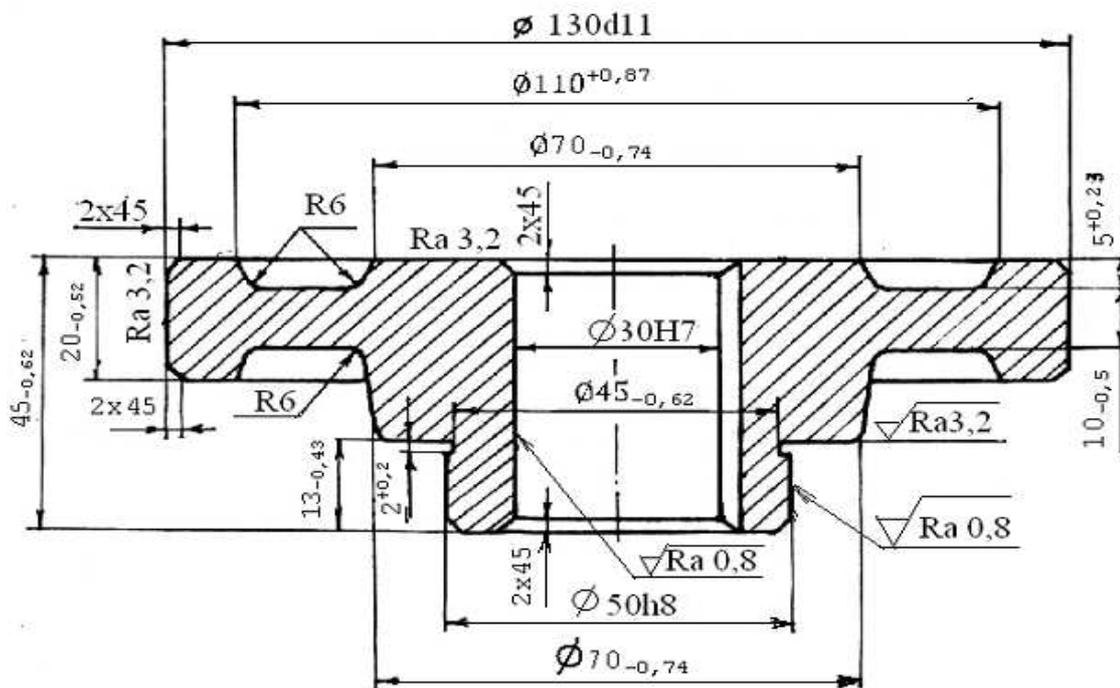


Рис. 4.11. Эскиз детали "шків"

1. Исходные данные по детали:

- материал детали - сталь 30ХМА (по ГОСТ 4543-71 химический состав: (0,27...0,33) %С; (0,17...0,27) %Si; (0,4...0,72) %Mn; (0,8...1,1) %Cr; 0,15...0,25) %Mo;
- масса детали - 2,1 кг.

2. Исходные данные для расчета:

- годовая программа N=7200 шт.;
- вид заготовки - поковка;
- оборудование - пневматический штамповочный молот;
- нагрев заготовки - индукционный;
- конфигурация поверхности разреза штампа - плоскости (П).

3. Определение исходного индекса.

3.1. Определяем расчетную массу поковки

$$M_{п.р.} = M_d K_p.$$

По табл. 4.22 $K_p = 1,5 \dots 1,8$; принимаем $K_p = 1,6$;

$$M_{п.р.} = 2,1 \cdot 1,6 = 3,36 \text{ кг.}$$

3.2. Определяем класс точности поковки.

В соответствии с табл. 4.24 для штамповочных молотов принимаем класс точности Т4.

3.3. Определяем группу стали.

3.3.1. Определяем среднюю массовую долю углерода в стали 30ХМА:

$$(0,27+0,3) / 2 = 0,3 \%$$

3.3.2. Определяем среднюю массовую долю основных легирующих элементов:

$$\text{Si}-(0,17+0,37)/2=0,27\%; \text{Mn}-(0,4+0,7)/2=0,55 \%;$$

$$\text{Cr}-(0,8+1,1)/2=0,95 \%; \text{Mo}-(0,15+0,25)/2=0,20 \%$$

3.3.3. Находим суммарную массовую долю легирующих элементов:

$$0,27+0,55+0,95+0,2=1,97 \%$$

3.3.4. Определяем группу стали: в соответствии с табл. 4.21 для стали с суммарной массовой долей углерода $C=0,3 \%$ группа стали М1.

3.4. Определяем степень сложности поковки.

3.4.1. В качестве описывающей поковку фигуры на основании [5,рис. 2.2] принимаем цилиндр с размерами:

$$D=d*k=130*1,05=136,5 \text{ мм},$$

$$H=h*k=45*1,05=47,25 \text{ мм}.$$

3.4.2. Определяем расчетную массу описывающей фигуры:

$$i_{\text{нб}} = \frac{\pi D^2}{4} H \gamma = \frac{3,14(1,365)^2}{4} \cdot 0,4725 \cdot 7,8 = 5,39 \text{ кг}.$$

3.4.3. Определяем коэффициент сложности поковки:

$$K_{\text{с.п}} = M_{\text{пр}} / M_{\text{ср}} = 3,36 / 5,39 = 0,62.$$

3.4.4. По табл. 4.21 находим, что при коэффициенте сложности $K_{\text{с.п}}=0,62$ поковка соответствует второй степени сложности С2.

3.5. По табл. 4.25 находим, что исходный индекс для данной поковки равен 11.

4. Определяем припуски и кузнечные напуски.

4.1. Основные припуски Z_0 на размеры определяем по табл. 4.27:

- $\varnothing 130d11$ и шероховатость 3,2 $Z_0=1,7$;

- $\varnothing 30H7$ и шероховатость 0,8 $Z_0=1,8$;

- $\varnothing 50h8$ и шероховатость 0,8 $Z_0=1,8$;

- размер 20 и шероховатость 3,2 $Z_0=1,4$;

- размер 45 и шероховатость 3,2 $Z_0=1,7$;

- размер 33 и шероховатость 3,2 $Z_0=1,6$.

4.2. Дополнительные припуски Z_d , учитывающие:

- смещение поверхности разъема штампа (табл.П. 2.5) - $Z_d=0,4$;
- отклонение от плоскости (табл.П. 2.6) - $Z_d=0,4$.

5. Расчетные размеры поковки, мм:

диаметр $130+(1,7+0,4) \cdot 2=134,2$	принимаем $\varnothing 134,0$;
диаметр $30-(1,8+0,4) \cdot 2=25,6$	принимаем $\varnothing 25,0$;
диаметр $50+(1,8+0,4) \cdot 2=54,4$	принимаем $\varnothing 54,5$;
толщина $20+(1,4+0,4) \cdot 2=23,6$	принимаем $24,0$;
толщина $45+(1,7+0,4) \cdot 2=49,2$	принимаем $49,0$;
толщина $33+(1,6+0,4) \cdot 2=37,0$	принимаем $37,0$.

6. Допускаемые отклонения на размеры заготовки выбираем из табл. 4.26:

- диаметр $134^{+1,4}_{-0,8}$;
- диаметр $25,0^{0,5}_{-1,1}$;
- диаметр $54,5^{+1,3}_{-0,7}$;
- толщина $24,0^{+1,1}_{-0,5}$;
- толщина $49,0^{+1,3}_{-0,5}$;
- толщина $37,0^{+1,1}_{-0,5}$.

7. Основные технические требования на поковку:

штамповочные уклоны:

- на наружные поверхности - 7° ;
- на внутренние поверхности - 10° ;
- допускаемая величина остаточного облоя (табл. 2.23) - $0,9$;
- допускаемое отклонение от плоскости (табл. 2.25) - $1,0$;
- допускаемое смещение по поверхности разъема штампа (табл. 2.28) - $0,7$;
- допускаемые отклонения от concentричности пробиваемого отверстия (табл. 2.24) - $1,0$.

8. Разрабатываем чертеж поковки (см. рис. 4.7).

9. Расчет предельных и межпереходных размеров.

9.1. Составляем план обработки поверхности $\varnothing 30H7$.

Наименование поверхности и план ее обработки	Точность обработки (квалитет)	Шероховатость поверхности R_a , мкм
Отверстие $\varnothing 30H7$		
1. Черновое растачивание	12	25
2. Чистовое растачивание	9	3,2
3. Развертывание чистовое	8	1,6
4. Развертывание тонкое	7	0,8

По табл. П.4.8 определяем минимальные табличные припуски на обработку отверстия $\varnothing 30H7$. Результаты заносим в графу 2 расчетной карты (табл. 4.59).

Общий номинальный припуск

$$2Z_0 = D_{\text{дет}} - D_{\text{заг}} = 30,0 - 25,0 = 5,0 \text{ мм.}$$

Общий минимальный припуск

$$2Z_0^{\min} = 2Z_0 - |ES_{\text{заг}}| + |ES_{\text{дет}}| = 5,0 - 1,1 + 0,021 = 3,921 \text{ и.}$$

Припуск на черновое растачивание

$$2Z_1^{\min} = 2Z_0^{\min} - (2Z_2^{\text{заг}} + 2Z_3^{\text{заг}} + 2Z_4^{\text{заг}}) = 3,921 - (0,7 + 0,18 + 0,06) = 2,981 \text{ и.}$$

Определение расчетных межпереходных размеров.

Обработку выполняем на токарном станке с ЧПУ, поэтому для нахождения расчетных межпереходных размеров и предельных припусков используем формулы для метода автоматического получения заданных размеров:

Таблица 4.59

Карта расчета припусков и межпереходных размеров на обработку поверхности $\varnothing 30H7$

Наименование поверхности и план ее обработки	Табличный припуск $2Z^{\text{табл}}$ мм	Расчетный размер, мм	Допуск, мм	Предельные размеры, мм		Предельные припуски, мм		Номинальные припуски, мм
				max	min	max	min	
Отверстие $\varnothing 30H7$ Исходная заготовка	4,02	26,020	1,600	26,000	24,400	5,600	4,021	5,100
Черновое растачивание	2,00	28,021	0,210	28,020	27,810	3,410	2,020	2,910
Чистовое растачивание	1,80	29,821	0,052	29,821	26,769	1,959	1,801	1,959
Развертывание предварительное	0,13	29,951	0,033	29,951	29,918	0,149	0,130	0,149
Развертывание точное	0,07	30,021	0,021	30,021	30,000	0,082	0,070	0,082

$$D_i^{\text{дан}^+} = D_{i+1}^{\text{дан}^+} - 2Z_{i+1}^{\text{оаа}^{\text{е}}};$$

$$D_3^{\text{дан}^+} = D_4^{\text{дан}^+} - 2Z_4^{\text{оаа}^{\text{е}}} = 30,021 - 0,06 = 29,961;$$

$$D_2^{\text{дан}^+} = D_3^{\text{дан}^+} - 2Z_3^{\text{оаа}^{\text{е}}} = 29,961 - 0,18 = 29,781;$$

$$D_1^{\text{дан}^+} = D_2^{\text{дан}^+} - 2Z_2^{\text{оаа}^{\text{е}}} = 29,781 - 0,7 = 29,081;$$

$$D_0^{\text{дан}^+} = D_1^{\text{дан}^+} - 2Z_1^{\text{оаа}^{\text{е}}} = 29,081 - 2,981 = 26,1.$$

9.2 Расчет предельных промежуточных размеров.

9.2.1. Из табл. П.20 находим предельные отклонения и допуски межпереходных размеров в соответствии с точностью выбранных методов обработки:

тонкое развертывание	$EI_4=0$	$ES_4=0,021$	$\delta_4=0,021;$
чистовое развертывание	$EI_3=0$	$ES_3=0,033$	$\delta_3=0,033;$
чистовое растачивание	$EI_2=0$	$ES_2=0,052$	$\delta_2=0,052;$
черновое растачивание	$EI_1=0$	$ES_1=0,210$	$\delta_1=0,210$

Заносим величину δ_4 в графу 4 табл. 4.59.

9.2.2. Наибольшие предельные размеры получаем округлением расчетных размеров до последнего точного знака допуска в меньшую сторону:

$$D_4^{\text{max}} = 30,021; \quad D_3^{\text{max}} = 29,961; \quad D_2^{\text{max}} = 29,781;$$

$$D_1^{\text{max}} = 29,08; \quad D_{\text{зар}}^{\text{max}} = 26,1.$$

9.2.3. Наименьшие предельные размеры получаем вычитанием допуска из наибольшего размера:

$$D_i^{\text{min}} = D_i^{\text{max}} - \delta_i;$$

$$D_4^{\text{min}} = 30,021 - 0,021 = 30,0;$$

$$D_3^{\text{min}} = 29,961 - 0,033 = 29,928;$$

$$D_2^{\text{min}} = 29,781 - 0,052 = 29,729;$$

$$D_1^{\text{min}} = 29,08 - 0,21 = 28,87;$$

$$D_{\text{зар}}^{\text{min}} = 26,1 - 1,6 = 24,5.$$

9.3. Расчет предельных припусков ведем по формулам:

$$2Z_i^{\text{min}} = D_i^{\text{max}} - D_{i-1}^{\text{max}};$$

$$2Z_i^{\text{max}} = D_i^{\text{min}} - D_{i-1}^{\text{min}};$$

$$2Z_4^{\text{min}} = 30,021 - 29,961 = 0,060;$$

$$2Z_4^{\text{max}} = 30,0 - 29,928 = 0,072;$$

$$2Z_3^{\text{min}} = 29,961 - 29,781 = 0,18;$$

$$2Z_3^{\text{max}} = 29,928 - 29,729 = 0,199;$$

$$2Z_2^{\text{min}} = 29,781 - 29,08 = 0,701;$$

$$2Z_2^{\text{max}} = 29,729 - 28,87 = 0,859;$$

$$2Z_1^{\text{min}} = 29,08 - 26,1 = 2,98;$$

$$2Z_1^{\text{max}} = 28,87 - 24,5 = 4,37;$$

$$2Z_0^{\text{min}} = 30,021 - 26,1 = 3,921;$$

$$2Z_0^{\text{max}} = 30,0 - 24,5 = 5,50.$$

9,4. Производим проверку выполненного расчета:

$$2Z_4^{\max} = 2Z_4^{\min} + \delta_3 - \delta_4 = 0,06 + 0,033 - 0,021 = 0,072;$$

$$2Z_3^{\max} = 2Z_3^{\min} + \delta_2 - \delta_3 = 0,18 + 0,052 - 0,033 = 0,199;$$

$$2Z_2^{\max} = 2Z_2^{\min} + \delta_1 - \delta_2 = 0,701 + 0,21 - 0,052 = 0,859;$$

$$2Z_1^{\max} = 2Z_1^{\min} + \delta_{\text{зар}} - \delta_1 = 2,98 + 1,6 - 0,21 = 4,37.$$

9,5. Определяем номинальные припуски:

$$2Z_i = 2Z_i^{\min} + |ES_{i-1}| - |ES_i|;$$

$$2Z_4 = 2Z_4^{\min} + |ES_3| - |ES_4| = 0,06 + 0,033 - 0,021 = 0,072;$$

$$2Z_3 = 2Z_3^{\min} + |ES_2| - |ES_3| = 0,18 + 0,052 - 0,033 = 0,199;$$

$$2Z_2 = 2Z_2^{\min} + |ES_1| - |ES_2| = 0,701 + 0,21 - 0,052 = 0,859;$$

$$2Z_1 = 2Z_1^{\min} + |ES_{\text{зар}}| - |ES_1| = 2,98 + 1,1 - 0,21 = 3,87;$$

$$2Z_0 = D_4 - D_{\text{зар}} = 30,0 - 25,0 = 5,0.$$

9.6. Строим схему расположения полей припусков и допусков (рис .4.12).

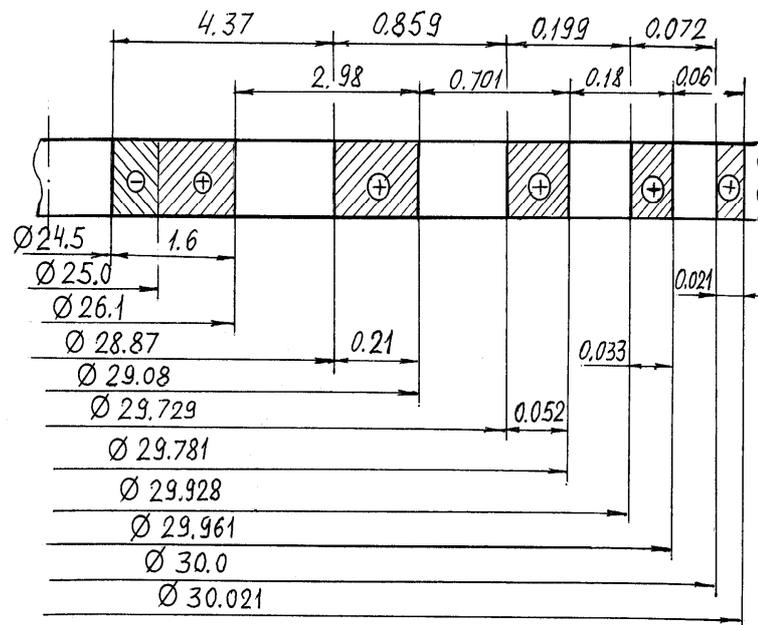


Рис. 4.12. Схема расположения припусков и межпереходных размеров при обработке отверстия $\text{Ø}30\text{H}7$ для метода автоматического получения размеров

Пример 3. Определить расчетно-аналитическим методом промежуточные и общие припуски и межпереходные размеры на обработку поверхности $\text{Ø}35\text{h}7$.

1. Исходные данные по детали:

материал детали - сталь 40Х;

масса детали - 6,46 кг.

2. Исходные данные для расчета:

- годовая программа N=500 шт;
- вид заготовки - горячекатаный прокат обычной точности;
- после отрезки заготовку правят и центруют;
- обработка выполняется на токарно-винторезном и круглошлифовальном станках;
- метод закрепления - в жестком переднем центре и вращающемся заднем.

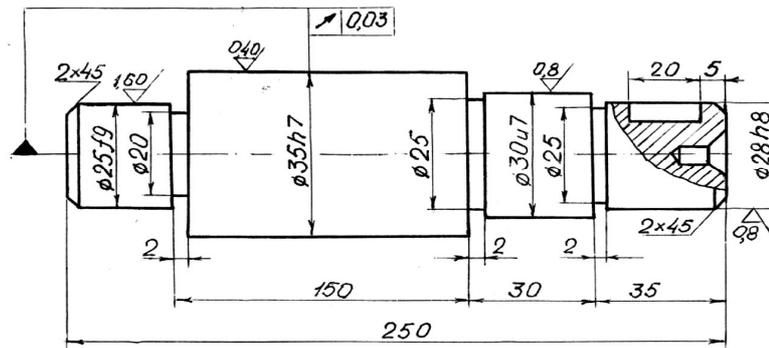


Рис. 4.13. Эскиз детали "палец"

3. Определение минимальных расчетных припусков.

3.1. Составляем план обработки.

Наименование поверхности и план ее обработки	Точность (квалитет)	Шероховатость, мкм
Поверхность $\varnothing 35h7$		
1. Черновое обтачивание	12	Rz 160
2. Чистовое обтачивание	9	Rz 20
3. Шлифование	7	Ra 0,8

3.2. Расчет припуска на черновое точение.

3.2.1. Качество поверхности заготовки определяем из табл. 3.14:

$$R_z = 150 \text{ мкм} \quad T_{\text{заг}} = 250 \text{ мкм}$$

3.2.2. Определяем суммарную величину пространственных отклонений заготовки $\rho_{\text{заг}}$.

При обработке заготовки в центрах используется формула:

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_k^2 + \rho_{\text{ц}}^2}. \quad (4.26)$$

Наибольшая кривизна $\rho_k = 2\Delta_k L_k.$

Из табл. 3.15 величина $\Delta_k=0,12$ $\rho_k = 0,12 \cdot 250 = 30$ мкм.

Погрешность зацентровки

$$\rho_\delta = 0,25\sqrt{\delta^2 + 1}.$$

Из табл. 3.16 допуск на диаметр заготовки $\delta = 1,1$ мм;

$$\rho_u = 0,25\sqrt{1100^2 + 1000^2} = 372 \text{ мкм};$$

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{30^2 + 372^2} = 373 \text{ мкм}.$$

3.2.3. Погрешность установки в радиальном направлении при установке заготовки в центрах $\varepsilon_y = 0$.

3.2.4. Минимальный расчетный припуск на черновое обтачивание

$$2Z_{1\text{расч}}^{\text{min}} = 2(R_{Z_{\text{заг}}} + T_{\text{заг}} + \rho_{\text{заг}}) = 2(150 + 250 + 373) = 1546 \text{ мкм}.$$

3.3. Расчет припуска на чистовое точение.

3.3.1. Качество поверхности после чернового точения находим по табл. 3.19:

$$R_{Z_1} = 160 \text{ мкм}, \quad T_1 = 100 \text{ мкм}.$$

3.3.2. Суммарная величина пространственных отклонений после чернового точения

$$\rho_1 = \rho_{\text{ост}} = K_{\text{yt}} \rho_{\text{заг}}; \quad (4.27)$$

для чернового точения $K_{\text{yt}}=0,06$;

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 373,2 = 23 \text{ мкм}.$$

3.3.1. Минимальный расчетный припуск на чистовое точение

$$2Z_{2\text{расч}}^{\text{min}} = 2(R_{Z_1} + T_1 + \rho_1) = 2(160 + 100 + 23) = 566 \text{ мкм}.$$

3.4. Расчет припуска на шлифование.

3.4.1. Качество поверхности после чистового точения находим по табл. 3.19:

$$R_{Z_2} = 20 \text{ мкм}; \quad T_2 = 30 \text{ мкм}.$$

3.4.2. Суммарная величина пространственных отклонений после чистового точения

$$\rho_2 = K_{\text{yt}} \rho_1 = 0,04 \cdot 23 \approx 1 \text{ мкм}.$$

3.4.3. Определяем расчетный припуск на шлифование:

$$2Z_3^{\text{min}} = 2(20 + 30 + 1^2 + 1^2) = 102 \text{ мкм}$$

Таблица 4.60

Карта расчета припусков и межпереходных размеров по поверхности $\varnothing 35h7$

Поверхность детали и план ее обработки	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2Z_p^{\min}$, мкм	Расчетный размер, мм	Допуск δ_i , мкм	Предельные размеры, мм		Предельные значения припуска, мм		Номинальный припуск, мм
	R_z	T	ρ	ε				max	min	max	min	
								9	10	11	12	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Поверхность $\varnothing 35h7$												
Исходная заготовка	150	250	373			37,214	1100	40,4	39,3			
1.Черновое растачивание	160	100	23	0	1546	35,668	250	35,92	35,67	4,48	3,63	4,08
2.Чистовое растачивание	20	30	1	0	566	35,102	62	35,164	35,102	0,756	0,568	0,756
3.Шлифование				0	102	34,975	25	35,0	35,0	0,189	0,102	0,164

4. Расчет предельных межпереходных размеров.

Так как точение выполняем на токарном станке с ЧПУ, то расчеты ведем для метода автоматического получения размеров. Шлифование выполняем на круглошлифовальном станке способом продольной подачи, и расчеты производим по индивидуальному методу.

4.1. Из табл. П.19 находим предельные отклонения межпереходных размеров:

- шлифование (по h7) $es_3 = 0; ei_3 = -25; \delta_3 = 25$ мкм;

- чистовое точение (по h9) - $es_2 = 0; ei_2 = -62; \delta_2 = 62$ мкм;

- черновое точение (по h12) - $es_1 = 0; ei_1 = -250; \delta_1 = 250$ мкм.

Предельные отклонения размера исходной заготовки находим по табл. 3.16:

$$es_{\text{заг}} = +400 \text{ мкм}; \quad ei_{\text{заг}} = -700 \text{ мкм}; \quad \delta_3 = 700 \text{ мкм}.$$

4.2. Определяем расчетные межпереходные размеры.

При обработке наружных поверхностей за расчетный принимается наименьший размер. Расчеты начинают с конечного перехода:

$$d_{3\text{расч}}^{\min} = d_3^{\min} = d_3 + ei = 35,0 + (-0,025) = 34,975 \text{ мм}.$$

Расчетный размер для чистового точения определяем с учетом того, что шлифование велось по методу индивидуального получения размеров:

$$d_{2\text{расч}}^{\min} = d_{3\text{расч}}^{\min} + 2Z_3^{\min} + \delta_3 = 34,975 + 0,102 + 0,025 = 35,102 \text{ мм}.$$

Остальные межпереходные расчетные размеры определяем для метода автоматического получения заданных размеров:

$$d_{1\text{расч}}^{\min} = d_{2\text{расч}}^{\min} + 2Z_2^{\min} = 35,102 + 0,566 = 35,668 \text{ мкм};$$

$$d_{\text{заг расч}}^{\min} = d_{1\text{расч}}^{\min} + 2Z_1^{\min} = 35,668 + 1,546 = 37,214 \text{ мкм}.$$

4.3. Определяем предельные межпереходные размеры.

Наименьшие предельные межпереходные размеры наружных поверхностей получаем округлением соответствующих расчетных размеров до точного последнего знака допуска в большую сторону:

$$d_3^{\min} = 34,975 \text{ мм}; \quad d_2^{\min} = 35,102 \text{ мм};$$

$$d_1^{\min} = 35,67 \text{ мм}; \quad d_{\text{зар}}^{\min} = 37,3 \text{ мм}.$$

Наибольшие предельные размеры получаем прибавлением допусков к наименьшим размерам:

$$d_i^{\max} = d_i^{\min} + \delta_i;$$

$$d_3^{\max} = 35,0 \text{ мм}; \quad d_2^{\max} = 35,164 \text{ мм};$$

$$d_1^{\max} = 35,92 \text{ мм}; \quad d_{\text{зар}}^{\max} = 38,4 \text{ мм}.$$

В соответствии с табл. П.2.9 принимаем диаметр заготовки $D_{\text{зар}}=40$ мм:

$$D_{\text{зар}}^{\min} = D_{\text{зар}} + ei = 40 + (-0,7) = 39,3 \text{ мм};$$

$$D_{\text{зар}}^{\max} = D_{\text{зар}} + es = 40 + (+0,4) = 40,4 \text{ мм}.$$

5. Расчет предельных значений промежуточных припусков:

$$2Z_3^{\min} = d_2^{\min} - d_3^{\max} = 35,102 - 35,0 = 0,102 \text{ мм};$$

$$2Z_3^{\max} = d_2^{\max} - d_3^{\min} = 35,164 - 34,975 = 0,189 \text{ мм};$$

$$2Z_2^{\min} = d_1^{\min} - d_2^{\max} = 35,67 - 35,164 = 0,506 \text{ мм};$$

$$2Z_2^{\max} = d_1^{\max} - d_2^{\min} = 35,92 - 35,102 = 0,818 \text{ мм};$$

$$2Z_1^{\min} = d_{\text{зар}}^{\min} - d_1^{\max} = 39,3 - 35,92 = 3,38 \text{ мм};$$

$$2Z_1^{\max} = d_{\text{зар}}^{\max} - d_1^{\min} = 40,4 - 35,67 = 4,73 \text{ мм}.$$

6. Проверка выполненных расчетов:

$$2Z_3^{\max} = 2Z_3^{\min} + \delta_2 + \delta_3 = 0,102 + 0,062 + 0,025 = 0,189 \text{ мм};$$

$$2Z_2^{\max} = 2Z_2^{\min} + \delta_1 - \delta_2 = 0,506 + 0,25 - 0,062 = 0,694 \text{ мм};$$

$$2Z_1^{\max} = 2Z_1^{\min} + \delta_{\text{зар}} - \delta_1 = 3,38 + 1,1 - 0,25 = 4,23 \text{ мм}.$$

7. Определяем номинальные припуски:

для метода индивидуального получения размеров:

$$2Z_3 = 2Z_3^{\min} + |ei_2| + |ei_3| = 0,102 + 0,062 + 0,025 = 0,189 \text{ мм};$$

метода автоматического получения заданных размеров:

$$2Z_2 = 2Z_2^{\min} + |ei_1| - |ei_2| = 0,506 + 0,25 - 0,062 = 0,694 \text{ мм};$$

$$2Z_1 = 2Z_1^{\min} + |ei_{\text{зар}}| - |ei_1| = 3,38 + 0,7 - 0,25 = 3,83 \text{ мм}.$$

Все расчетные данные заносим в табл. 4.60.

8. Строим схему расположения полей припусков и допусков (рис.4.14).

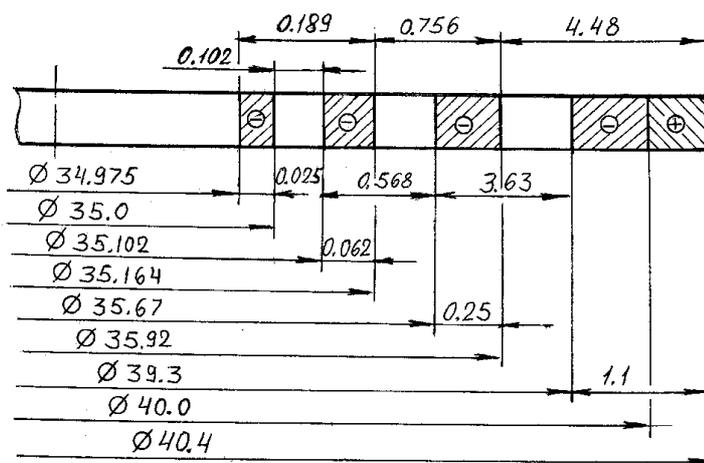


Рис. 4.14. Схема расположения полей допусков и припусков при обработке поверхности $\varnothing 35h7$ для метода автоматического получения размеров

Пример 4. Аналитическим методом рассчитать припуски и промежуточные размеры на обработку отверстия $\varnothing 30H7$ детали "шків" (см.рис. 4.6).

1. Исходные данные по детали:

- материал детали - серый чугун СЧ15 (ГОСТ 1412-89);
- масса детали - 2,1 кг;
- вид заготовки – отливка, получаемая литьем в песчано-глинистые формы с машинной формовкой по металлическим моделям;
- тип производства – серийное.

2. Составляем план обработки отверстия $\varnothing 30H7$.

Наименование поверхности и план ее обработки	Точность (квалитет)	Шероховатость поверхности
Отверстие $\varnothing 30H7$		
1. Черновое растачивание	12	Rz 240
2. Чистовое растачивание	9	Rz 40
3. Развертывание чистовое	8	Rz 20
4. Развертывание тонкое	7	Ra 0,8

Обработка выполняется на токарно-револьверном станке с базированием по наружной цилиндрической поверхности $\varnothing 130$ и торцу обода шкива в трехлачковом патроне.

3. Определение минимальных расчетных межпереходных припусков. 3.1. Черновое растачивание

$$2Z_{1\text{расч}}^{\min} = 2\left(R_{Z_{\text{заг}}} + T_{\text{заг}} + \sqrt{\rho_{\text{заг}}^2 + \varepsilon_1^2}\right).$$

Из табл. 3.20 находим $R_{Z_{\text{заг}}} + T_{\text{заг}} = 800$ мкм. Суммарное значение пространственных отклонений заготовки $\rho_{\text{заг}}$ определяем по формуле

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2}. \quad (4.28)$$

Погрешность обрабатываемой поверхности, вызванную короблением, определяем по формуле

$$\rho_{\text{кор}} = \rho_{\text{заг}} = \Delta_{\kappa} D, \quad \text{мкм}, \quad (4.29)$$

где $\Delta_{\kappa} = 1,5$ мкм/мм - по табл. 3.23;

$$\rho_{\text{кор}} = 1,5 \cdot 130 = 195 \text{ мкм}.$$

Величину $\rho_{\text{см}}$ находим согласно табл. 4.3 как допуск на расстояние от оси отверстия до наружной базовой поверхности, которое равно 65 мм. Допуск на отливку находим по табл. 4.9.

$$\delta_{\text{отл}} = \rho_{\text{см}} = 2200 \text{ мкм}.$$

Подставляя найденное значение в формулу (4.28), получим

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{195^2 + 2200^2} = 2209 \text{ мкм}.$$

Погрешность установки ε_1 определяем по формуле

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_{\text{отл}}^2 + \varepsilon_{\text{зк}_1}^2 + \varepsilon_{\text{пр}_1}^2}.$$

Из табл. 3.9 находим, что $\varepsilon_{\text{отл}} = 0$, $\varepsilon_{\text{пр}_1} = 0$.

Из табл. 3.10 находим $\varepsilon_{\text{зк}_1} = 600$ мкм.

$$2Z_{1\text{расч}}^{\min} = 2\left(800 + \sqrt{2209^2 + 600^2}\right) = 6180 \text{ мкм}.$$

3.2. Чистовое растачивание

$$2Z_{2\text{расч}}^{\min} = 2\left(R_{Z_1} + T_1 + \sqrt{\rho_1^2 + \varepsilon_2^2}\right).$$

После первого технологического перехода при обработке серого чугуна $T_1 = 0$. Величина R_{Z_1} в соответствии с планом обработки равна 240 мкм.

Значения пространственных погрешностей и погрешностей установки определяем как остаточные с предшествующего перехода через коэффициенты уточнения:

$$\rho_1 = \rho_{ост_1} = \rho_{заг} K_{ym_1} = 2209 \cdot 0,06 = 132,8 \approx 133 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 K_{ym_1} = 600 \cdot 0,06 = 36 \text{ мкм};$$

$$2Z_{2\text{расч}}^{\min} = 2\left(240 + \sqrt{133^2 + 36^2}\right) = 754 \text{ мкм}.$$

3.3. Чистовое развертывание

$$2Z_{3\text{расч}}^{\min} = 2\left(R_{Z_2} + \sqrt{\rho_2^2 + \varepsilon_3^2}\right), \quad R_{Z_2} = 40 \text{ мкм};$$

$$\rho_2 = \rho_1 \hat{E}_{\dot{\alpha}_1} = 133 \cdot 0,05 \approx 7 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_3 = \varepsilon_2 K_{ym_1} = 36 \cdot 0,05 \approx 2 \text{ мкм},$$

$$2Z_{3\text{расч}}^{\min} = 2\left(40 + \sqrt{7^2 + 2^2}\right) \approx 94 \text{ мкм}.$$

3.4. Точное развертывание

$$2Z_{4\text{расч}}^{\min} = 2\left(R_{Z_3} + \sqrt{\rho_3^2 + \varepsilon_4^2}\right),$$

$$R_{Z_3} = 20 \text{ мкм},$$

$$\rho_3 = \rho_2 K_{ym_3} = 7 \cdot 0,02 = 0,14 \text{ мкм},$$

$$\varepsilon_4 = \varepsilon_3 K_{ym_3} = 2 \cdot 0,02 = 0,04 \text{ мкм},$$

$$2Z_{4\text{расч}}^{\min} = 2\left(20 + \sqrt{0,14^2 + 0,04^2}\right) = 40 \text{ мкм}.$$

4. Определение межпереходных расчетных размеров.

Обработка выполняется на токарно-револьверном настроенном станке по методу автоматического получения заданных размеров. Поэтому расчетным размером при обработке отверстий является наибольший размер.

4.1. Из табл. П.20 находим предельные отклонения на межпереходные размеры для полей допусков Н7, Н8, Н9, Н12:

$$EJ_4 = EJ_3 = EJ_2 = EJ_1 = 0;$$

$$ES_4 = 0,021; \delta_4 = 0,021; ES_3 = 0,033; \delta_3 = 0,033;$$

$$ES_2 = 0,052; \delta_2 = 0,052; ES_1 = 0,21; \delta_1 = 0,21.$$

4.2. Определяем расчетные межпереходные размеры:

$$D_4^{\text{расч}} = D_4 + ES_4 = 30,0 + 0,021 = 30,021 \text{ мм}.$$

Для определения остальных расчетных межпереходных размеров используем формулу

$$D_i^{\text{расч}} = D_{i+1}^{\text{расч}} - 2Z_{i+1}^{\text{расч}}{}^{\text{min}} ;$$

$$D_3^{\text{расч}} = D_4^{\text{расч}} - 2Z_4^{\text{расч}}{}^{\text{min}} = 30,021 - 0,040 = 29,981 \text{ мм};$$

$$D_2^{\text{расч}} = D_3^{\text{расч}} - 2Z_3^{\text{расч}}{}^{\text{min}} = 29,981 - 0,094 = 29,887 \text{ мм};$$

$$D_1^{\text{расч}} = D_2^{\text{расч}} - 2Z_2^{\text{расч}}{}^{\text{min}} = 29,887 - 0,754 = 29,133 \text{ мм};$$

$$D_{\text{заг}}^{\text{расч}} = D_1^{\text{расч}} - 2Z_1^{\text{расч}}{}^{\text{min}} = 29,133 - 6,180 = 22,953 \text{ мм}.$$

5. Предельные межпереходные размеры.

Максимальные предельные размеры получаем округлением расчетных размеров до точного последнего знака допуска в меньшую сторону:

$$D_4^{\text{max}} = 30,021; \quad D_3^{\text{max}} = 29,981; \quad D_2^{\text{max}} = 29,887;$$

$$D_1^{\text{max}} = 29,13; \quad D_{\text{заг}}^{\text{max}} = 22,9.$$

Минимальные предельные размеры получаем вычитанием допуска из максимального размера:

$$D_i^{\text{min}} = D_i^{\text{max}} - \delta_i ;$$

$$D_4^{\text{min}} = 30,021 - 0,021 = 30,0;$$

$$D_3^{\text{min}} = 29,948;$$

$$D_2^{\text{min}} = 29,835;$$

$$D_1^{\text{min}} = 28,92;$$

$$D_{\text{заг}}^{\text{min}} = 21,1.$$

6. Предельные припуски.

Так как обработка выполняется по методу автоматического получения заданных размеров, то для расчета предельных припусков пользуемся формулами (1.13) и (1.14):

$$2Z_4^{\text{min}} = D_4^{\text{max}} - D_3^{\text{max}} = 30,021 - 29,981 = 0,040;$$

$$2Z_3^{\text{min}} = D_3^{\text{max}} - D_2^{\text{max}} = 29,981 - 29,887 = 0,094;$$

$$2Z_2^{\text{min}} = D_2^{\text{max}} - D_1^{\text{max}} = 29,887 - 29,13 = 0,757;$$

$$2Z_1^{\text{min}} = D_1^{\text{max}} - D_{\text{заг}}^{\text{max}} = 29,13 - 22,9 = 6,23;$$

$$2Z_0^{\text{min}} = D_4^{\text{max}} - D_{\text{заг}}^{\text{max}} = 30,021 - 22,9 = 7,121;$$

$$2Z_4^{\text{max}} = D_4^{\text{min}} - D_3^{\text{min}} = 30,000 - 29,948 = 0,052;$$

$$2Z_3^{\text{max}} = D_3^{\text{min}} - D_2^{\text{min}} = 29,948 - 29,835 = 0,113;$$

$$2Z_2^{\text{max}} = D_2^{\text{min}} - D_1^{\text{min}} = 29,835 - 28,92 = 0,915;$$

$$2Z_1^{\max} = D_1^{\min} - D_{\text{çää}}^{\min} = 28,92 - 21,1 = 7,82;$$

$$2Z_0^{\max} = D_4^{\min} - D_{\text{çää}}^{\min} = 30,000 - 21,1 = 8,9.$$

7. Проверка выполненного расчета:

$$2Z_4^{\max} = 2Z_4^{\min} + \delta_3 - \delta_4 = 0,04 + 0,033 - 0,021 = 0,052;$$

$$2Z_3^{\max} = 2Z_3^{\min} + \delta_2 - \delta_3 = 0,094 + 0,052 - 0,033 = 0,113;$$

$$2Z_2^{\max} = 2Z_2^{\min} + \delta_1 - \delta_2 = 0,757 + 0,210 - 0,052 = 0,915;$$

$$2Z_1^{\max} = 2Z_1^{\min} + \delta_{\text{çää}} - \delta_1 = 6,23 + 1,8 - 0,21 = 7,82.$$

8. Определяем номинальные межпереходные припуски:

$$2Z_4^{\max} = 2Z_4^{\min} + |ES_3| - |ES_4| = 0,040 + 0,033 - 0,021 = 0,052;$$

$$2Z_3^{\max} = 2Z_3^{\min} + |ES_2| - |ES_3| = 0,094 + 0,052 - 0,033 = 0,113;$$

$$2Z_2^{\max} = 2Z_2^{\min} + |ES_1| - |ES_2| = 0,757 + 0,210 - 0,052 = 0,915;$$

$$2Z_1^{\max} = 2Z_1^{\min} + |ES_{\text{çää}}| - |ES_1| = 6,13 + 0,9 - 0,21 = 6,82.$$

Все расчетные данные заносим в табл. 4.61.

9. Строим схему расположения полей припусков и допусков (рис. 4.15).

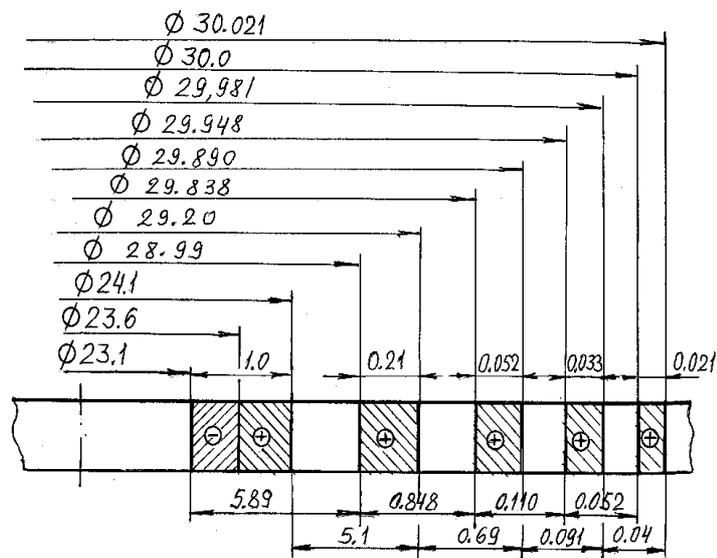


Рис. 4.15. Схема полей допусков и межпереходных припусков на обработку отверстия $\text{Ø}30\text{H}7$ при методе автоматического получения размеров

Таблица 4.61

Карта расчета припусков и межпереходных размеров по поверхности $\varnothing 30H7$

Поверхность детали и план ее обработки	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2Z_{ip}^{min}$, мкм	Расчетный размер, мм	Допуск, мкм	Предельные размеры, мм		Предельные значения припуска, мм		Номинальный припуск, мм
	R ₂	T	ρ,	ε				max	min	max	min	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Отверстие $\varnothing 30H7$												
Исходная заготовка	800		2200			22,953	1800	22,9	21,1	8,9	7,121	8,0
1.Черновое растачивание	240		133	600	6180	29,133	210	29,13	28,92	7,82	6,23	6,82
2.Чистовое растачивание	40		7	36	754	29,887	52	29,887	29,835	0,915	0,757	0,915
3.Развертывание чистовое	20		0,14	2	94	29,981	33	29,981	29,948	0,113	0,094	0,113
4. Развертывание тонкое					40	30,021	21	30,021	30,000	0,052	0,04	0,052

Пример 5. Рассчитать аналитическим методом припуски и межпереходные размеры для обработки детали "шкив" (см. рис. 4.6). В качестве заготовки используется поковка.

1. Исходные данные по детали:

- материал заготовки - сталь 35 (по ГОСТ 1050: (0,32...0,40) %С; (0,17...0,37) % Si; (0,5...0,8) %Mn; не более 0,25 % Cr;
- масса детали - 2,1 кг.

2. Исходные данные для расчета:

- годовая программа N=10000 шт.;
- тип производства - серийный;
- вид заготовки - поковка;
- оборудование - пневматический штамповочный молот;
- нагрев заготовки - в печах.

2.1. Масса поковки (расчетная)

$$M_{пр} = M_{д} \cdot K_p, \quad (4.30)$$

где $K_p=1,6$ (табл. 2.14)

$$M_{пр}=2,1 \cdot 1,6=3,36 \text{ кг.}$$

2.2 Класс точности поковки.

В соответствии с табл. 2.15 для штамповочных молотов принимаем класс точности Т4.

2.3. Группа стали

- средняя массовая доля углерода для стали 35:

$$(0,32+0,4) / 2 = 0,36 \text{ \%};$$

- средняя массовая доля основных легирующих элементов:

$$\text{Si} - (0,17+0,37) / 2 = 0,27 \text{ \%}; \quad \text{Mn} - (0,5+0,8) / 2 = 0,65 \text{ \%};$$

- суммарная массовая доля легирующих элементов:

$$0,27 + 0,6 + 0,25 = 1,17 \text{ \%}.$$

В соответствии с табл. 2.13 для стали с суммарной массовой долей легирующих элементов 1,17 % и средней массовой долей углерода 0,36 % принята группа стали М1.

2.4. Степень сложности поковки.

2.4.1. В качестве описывающей поковку фигуры на основании рис. 2.2 принимаем цилиндр с размерами:

$$D = d \cdot k = 130 \cdot 1,05 = 136,5 \text{ мм};$$

$$H = h \cdot k = 45 \cdot 1,05 = 47,25 \text{ мм}.$$

2.4.2. Расчетная масса описывающей фигуры:

$$M_{\text{ср}} = \frac{\pi D^2}{4} H \gamma = \frac{3,14(1,365)^2}{4} 0,4725 \cdot 7,8 = 5,39 \text{ кг}.$$

2.4.3. Коэффициент сложности поковки

$$K_1 = M_{\text{пр}} / M_{\text{ср}} = 3,36 / 5,39 = 0,62.$$

2.4.4. По табл. 2.13 находим, что для коэффициента 0,62 соответствует вторая степень сложности С2.

2.5. Конфигурация поверхности разъема штампа - плоская (П).

2.6. Исходный индекс. По табл. 2.16 определяем, что для поковки массой 3,36 кг, материала группы М1, второй степени сложности С2 и класса точности Т4 исходный индекс 11.

3. Расчет припусков и межпереходных размеров на обработку поверхности $\varnothing 130d11$. Обработку поверхности $\varnothing 130d11$ производим на токарно-винторезном станке при установке заготовки в трехлапчатом самоцентрирующем патроне с базированием по цилиндрической поверхности $\varnothing 50h8$.

3.1. Составляем план обработки поверхности $\varnothing 130d11$.

Наименование поверхности и план ее обработки	Точность	Шероховатость поверхности
Поверхность $\varnothing 130d11$	11	6,3
1. Черновое обтачивание	12	12,5
2. Полуцисттовое обтачивание	11	6,3

3.2. Определение минимальных расчетных межпереходных припусков.

3.2.1. Припуск на черновое обтачивание

$$2Z_{1 \text{ д\ddot{a}н+}}^{\text{min}} = 2 \left[R_{Z_{\text{с\ddot{a}д}}} + \overset{\circ}{\Delta}_{\text{с\ddot{а}д}} + \sqrt{\rho_{\text{с\ddot{а}д}}^2 + \varepsilon_1^2} \right].$$

Качество поверхности черной поковки определяем по табл. 3.25:

$$T_{\text{зар}} = 450; \quad R_{Z_{\text{зар}}} = 240.$$

Величину пространственных отклонений при консольной обработке штампованной заготовки, закрепленной в трехкулачковом патроне, определяем по формуле

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2} . \quad (4.27)$$

Величину $\rho_{\text{кор}}$ и $\rho_{\text{см}}$ выбираем из табл. 2.21 и 2.25:

$$\begin{aligned} \rho_{\text{кор}} &= 0,7; & \rho_{\text{см}} &= 0,8; \\ \rho_{\text{заг}} &= \sqrt{800^2 + 700^2} = 1063 \text{ мкм}. \end{aligned}$$

Погрешность установки в трехкулачковом патроне определяем по формуле

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2} .$$

Из табл. 4.45 находим, что $\varepsilon_6=0$.

Из табл. 4.47 находим $\varepsilon_3 = 370$ мкм.

При однопозиционной обработке $\varepsilon_{\text{пр}} = 0$;

$$\varepsilon_1 = 370;$$

$$2Z_{1\text{дан}}^{\text{min}} = 2 \left[400 + 250 + \sqrt{1063^2 + 370^2} \right] = 3231 \text{ мкм}.$$

3.2.2. Расчет припуска на получистовое обтачивание

$$2Z_{2\text{расч}}^{\text{min}} = \left[R_{Z_1} + T_1 + \sqrt{\rho_1^2 + \varepsilon_2^2} \right].$$

Из табл. П.2.14 находим:

$$R_{Z_1} = 240 \text{ мкм}; \quad T_1 = 240 \text{ мкм};$$

$$\rho_1 = \rho_{\text{заг}} K_{\text{ут}} = 1063 \cdot 0,06 \approx 64 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 K_{\text{ут}} = 370 \cdot 0,06 = 22 \text{ мкм};$$

$$2Z_{2\text{расч}}^{\text{min}} = 2 \left[240 + 240 + \sqrt{64^2 + 22^2} \right] = 1095 \text{ мкм}.$$

3.3. Определение расчетных межпереходных размеров.

Так как обработка происходит на ненастроенном станке, то расчет ведем по методу индивидуального получения заданных размеров.

3.3.1. Из табл. П.4.14 находим предельные отклонения межпереходных размеров:

- для конечного перехода (размер 130d11):

$$es_2 = -0,200; \quad ei_2 = -0,450; \quad \delta_2 = 0,250 ;$$

- для первого перехода (по h12):

$$es_1 = 0; \quad ei_1 = -0,400; \quad \delta_1 = 0,400 .$$

- для поковки $\varnothing 130$ мм и с исходным индексом 11 из табл. 2.22 находим:

$$es_{заг} = +1,4 \text{ мм}; \quad ei_{заг} = -0,8 \text{ мм}; \quad \delta_{заг} = 2,2 \text{ мм}.$$

Для наружных поверхностей расчетными размерами являются наименьшие размеры:

$$d_2^{\min} = d_2 + ei_2 = 130,0 + (-0,45) = 129,55 \text{ мм};$$

$$d_1^{\text{расч}} = d_2^{\text{расч}} + \delta_2 + 2Z_2^{\min} = 129,55 + 0,25 + 1,095 = 130,895 \text{ мм};$$

$$d_{заг.п}^{\text{расч}} = d_1^{\text{расч}} + \delta_1 + 2Z_{1п}^{\min} = 130,895 + 0,4 + 3,231 = 134,526 \text{ мм}.$$

3.3.2. Расчет предельных межпереходных размеров.

Минимальные предельные межпереходные размеры получаем округлением расчетных размеров до последнего точного знака допуска в большую сторону:

$$d_2^{\min} = 129,55 \text{ мм}, \quad d_1^{\min} = 130,9 \text{ мм}, \quad d_{заг}^{\text{минт}} = 134,6 \text{ мм} .$$

Максимальные предельные размеры наружных поверхностей получаем прибавлением допуска к минимальному предельному размеру:

$$d_2^{\max} = d_2^{\min} + \delta_2 = 129,55 + 0,25 = 129,80 \text{ мм};$$

$$d_1^{\max} = d_1^{\min} + \delta_1 = 130,9 + 0,4 = 131,3 \text{ мм};$$

$$d_{заг}^{\max} = d_{заг}^{\min} + \delta_{заг} = 134,6 + 2,2 = 136,8 \text{ мм}.$$

3.3.3. Расчет предельных припусков.

Расчет ведем для метода индивидуального получения размеров по формулам (1.24) и (1.25):

$$2Z_i^{\min} = d_{i-1}^{\min} - d_i^{\min} \quad 2Z_i^{\max} = d_{i-1}^{\max} - d_i^{\max};$$

$$2Z_2^{\min} = d_1^{\min} - d_2^{\min} = 130,9 - 129,8 = 1,1 \text{ мм};$$

$$2Z_2^{\max} = d_1^{\max} - d_2^{\max} = 131,3 - 129,55 = 1,75 \text{ мм};$$

$$2Z_1^{\min} = d_{\text{зар}}^{\min} - d_1^{\min} = 134,6 - 131,3 = 3,3 \text{ мм};$$

$$2Z_1^{\max} = d_{\text{зар}}^{\max} - d_1^{\max} = 136,8 - 130,9 = 5,9 \text{ мм}.$$

3.4. Проверка выполненного расчета:

$$2Z_2^{\max} = 2Z_2^{\min} + \delta_1 + \delta_2 = 1,1 + 0,4 + 0,25 = 1,75 \text{ мм};$$

$$2Z_1^{\max} = 2Z_1^{\min} + \delta_{\text{зар}} + \delta_1 = 3,3 + 0,4 + 2,0 = 5,9 \text{ мм}.$$

3.5. Определение номинальных межпереходных припусков:

$$2Z_1 = 2Z_1^{\min} + |ei_{\text{зар}}| + |es_1| = 3,3 + 0,8 + 0 = 4,1 \text{ мм};$$

$$2Z_2 = 2Z_2^{\min} + |ei_1| + |es_2| = 1,1 + 0,4 + 0,2 = 1,7 \text{ мм};$$

$$2Z_0 = d_{\text{зар}} - d_2 = 135,4 - 130,0 = 5,4 \text{ мм}.$$

Проверка: $2Z_0 = 2Z_1 + 2Z_2 = 4,1 + 1,3 = 5,4 \text{ мм}.$

3.6. Строим схему расположения полей припусков и допусков (рис.4.16).

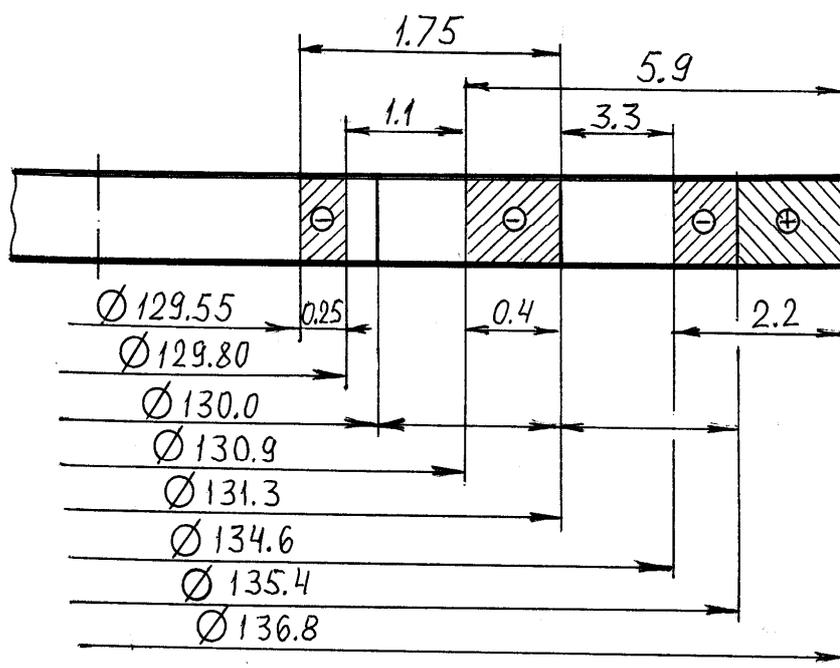


Рис. 4.16. Схема расположения полей припусков и допусков при обработке поверхности Ø130d11

4. Расчет припусков на обработку торца $\varnothing 130d11$ в размер $a=20_{-0,2}$.

Обработку торца производим на токарно-винторезном станке с установкой заготовки на разжимной оправке по отверстию $\varnothing 30H7$. Используется метод индивидуального получения размеров.

4.1 Составляем план обработки поверхности торца:

Наименование поверхности и план ее обработки	Точность (квалитет)	Шероховатость поверхности, мкм
Поверхность торца в размер $a = 20_{-0,2}$		
1. Черновое точение	14	Rz 50
2. Чистовое точение	12	Ra 3,2

4.2. Определение минимальных расчетных межпереходных припусков:

$$Z_{1 \text{ расч}}^{\min} = Rz_{\text{заг}} + T_{\text{заг}} + \rho_{\text{заг}} + \varepsilon_1.$$

Качество поверхности черной поковки определяем по табл. 3.25:

$$Rz_{\text{заг}}=400 \text{ мкм}; \quad T_{\text{заг}}=200 \text{ мкм}.$$

Суммарную величину пространственных отклонений найдем как допустимое отклонение от перпендикулярности торца к оси заготовки по табл. 3.27:

$$\rho_{\text{заг}} = \Delta_H = 0,4 \text{ мм}.$$

Погрешность установки поковки на разжимной оправке находим по табл. 3.11:

$$\varepsilon_{\delta_1}=0; \quad \varepsilon_{np_1}=0; \quad \varepsilon_{\beta_1}=30 \text{ мкм};$$

$$Z_{1 \text{ расч}}^{\min} = 160+200+400+30=790 \text{ мкм};$$

$$Z_{2 \text{ расч}}^{\min} = Rz_1 + T_1 + \rho_1 + \varepsilon_2;$$

$$Rz_1=50 \text{ мкм};$$

$$T_1=50 \text{ мкм}.$$

После черного точения торца величину ρ_1 находим по формуле (табл. 3.31)

$$\rho_1 = \rho_{\text{чер}} + \rho_{\text{неп.}}; \quad (4.32)$$

$$\rho_{\text{чер}} = K_{\text{YT}} \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,06 \cdot 400 = 24 \text{ мкм};$$

$$\rho_{\text{неп.}} = 0,15(R-r) = 0,15(65-15) \approx 8 \text{ мкм};$$

$$\rho_1 = 32 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 K_{\text{YT}} = 30 \cdot 0,06 \approx 2,0 \text{ мкм};$$

$$Z_2^{\text{мин расч}} = 50 + 50 + 32 + 2 = 134 \text{ мкм}.$$

Результаты расчетов занесены в табл. 4.5.

Для чистового точения торца ρ_1 определяем по формуле (табл. 2.16).

4.3. Определение межпереходных расчетных размеров.

Так же как и для других наружных поверхностей, для рассматриваемого торца расчетным является наименьший размер. По табл. 4.14 находим предельные отклонения межпереходных размеров:

$$es_2 = 0; \quad ei_2 = -200 \text{ мкм}; \quad \delta_2 = 200 \text{ мкм};$$

$$es_1 = 0; \quad ei_1 = -520 \text{ мкм}; \quad \delta_1 = 520 \text{ мкм}.$$

Предельные отклонения на размер поковки находим по ГОСТ 7505-89:

$$es_{\text{заг}} = +1,1 \text{ мм}; \quad ei_{\text{заг}} = -0,5 \text{ мм}; \quad \delta_{\text{заг}} = 1,6 \text{ мм}.$$

Расчетный размер для конечного перехода

$$a_2^{\text{расч}} = a_2 + ei_2 = 20 + (-0,2) = 19,8 \text{ мм}.$$

Расчетные размеры для остальных переходов с учетом метода индивидуального получения размеров определяем по формуле

$$a_1^{\text{расч}} = a_{i+1}^{\text{расч}} + \delta_{i+1} + Z_{i+1}^{\text{мин расч}};$$

$$a_1^{\text{расч}} = a_2^{\text{расч}} + \delta_2 + Z_2^{\text{мин расч}} = 19,8 + 0,2 + 0,134 = 20,134 \text{ мм};$$

$$a_{\text{заг}}^{\text{расч}} = a_1^{\text{расч}} + \delta_1 + Z_1^{\text{мин расч}} = 20,134 + 0,52 + 0,790 = 21,444.$$

4.4. Расчет предельных межпереходных размеров.

Минимальные предельные размеры находим округлением расчетных размеров до последнего точного знака допуска в большую сторону:

$$a_2^{\min} = 19,80 \text{ мм}; \quad a_1^{\min} = 20,14 \text{ мм} \quad ; \quad a_{\text{заг}}^{\min} = 21,5 \text{ мм}.$$

Максимальные предельные размеры находим прибавлением допуска к минимальному размеру:

$$a_2^{\max} = 20,0 \text{ мм}; \quad a_1^{\max} = 20,66 \text{ мм}; \quad a_{\text{заг}}^{\max} = 23,1 \text{ мм}.$$

4.5. Расчет предельных значений промежуточных припусков:

$$Z_2^{\min} = a_1^{\min} - a_2^{\max} = 20,14 - 20,0 = 0,14 \text{ мм};$$

$$Z_1^{\min} = a_{\text{заг}}^{\min} - a_1^{\max} = 21,5 - 20,66 = 0,84 \text{ мм};$$

$$Z_2^{\max} = a_1^{\max} - a_2^{\min} = 20,66 - 19,8 = 0,86 \text{ мм};$$

$$Z_1^{\max} = a_{\text{заг}}^{\max} - a_1^{\min} = 23,1 - 20,14 = 2,96 \text{ мм}.$$

4.6. Проверка выполненного расчета:

$$Z_2^{\max} = Z_2^{\min} + \delta_1 + \delta_2 = 0,14 + 0,52 + 0,2 = 0,86 \text{ мм};$$

$$Z_1^{\max} = Z_1^{\min} + \delta_1 + \delta_{\text{заг}} = 0,84 + 0,52 + 1,6 = 2,96 \text{ мм}.$$

4.7. Определяем номинальные межпереходные припуски:

$$Z_2 = Z_2^{\min} + |ei_1| + |es_2| = 0,14 + 0,52 + 0,0 = 0,66 \text{ мм};$$

$$Z_1 = Z_1^{\min} + |ei_{\text{заг}}| + |es_1| = 0,84 + 0,5 + 0,0 = 1,34 \text{ мм};$$

$$Z_0 = a_{\text{заг}} - a_2 = 22,0 - 20,0 = 2,0.$$

4.8. Полученные данные заносим в карту расчета (табл. 4.62).

Таблица 4.63

Карта расчета припусков на обработку и предельных размеров заготовки

Поверхность детали и план ее обработки	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2Z_{ip}^{min}$, мкм	Расчетный размер, мм	Допуск, мкм	Предельные размеры, мм		Предельные значения припуска, мм		Номинальный припуск, мкм
	R ₂	T	ρ	ε				max	min	max	min	
								9	10	11	12	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Поверхность Ø130d11												
Исходная заготовка	240	450	1063			134,526	2200	136,8	134,6			5,4
1.Черновое точение	240	240	64	370	3231	130,895	400	131,3	130,9	5,9	3,3	4,1
2.Получистовое точение				22	1095	129,55	250	129,8	129,55	1,75	1,1	1,3
Торец												
Исходная заготовка	400	200	400			21,444	1600	23,1	21,5			
1.Черновое точение	50	50	32	30	790	20,134	520	20,66	20,14	2,96	0,84	
2.Чистовое точение				2	134	19,8	200	20,0	19,8	0,86	0,14	

4.9. Строим схему расположения полей припусков и допусков (рис. 4.17).

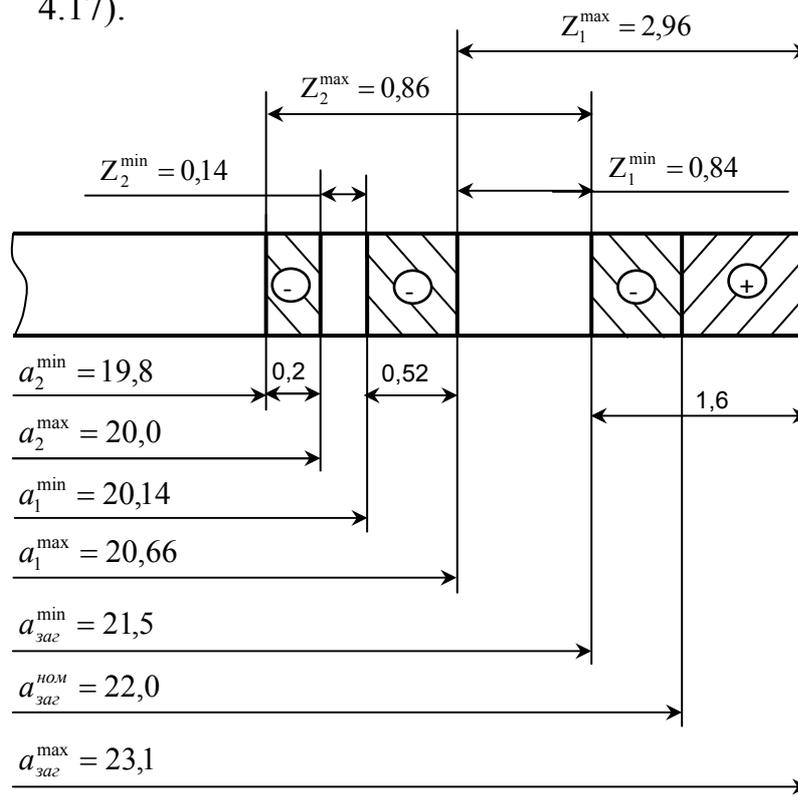


Рис. 4.17. Схема полей допусков и припусков при обработке торца в размер $20_{-0,2}$

4.2.7. Разработка технологических операций механической обработки

На данном этапе разработки технологического процесса механической обработки решаются следующие задачи:

- 1) уточнение содержания и степени концентрации технологических операций обработки детали;
- 2) выбор оборудования, режущих, измерительных и вспомогательных инструментов, специальных приспособлений;
- 3) расчёт режимов обработки и уточнение моделей станков;
- 4) корректировка режимов обработки.

4.2.7.1. Уточнение содержания технологических операций

На данном этапе разработки технологического процесса механической обработки выбираются схемы построения технологических операций: одноместная или многоместная; одноинструментная или многоинструментная; с последовательным, параллельным или параллельно-последовательным порядком обработки [22, 23, 25, 54, 55].

При проектировании конкретной операции уточняют ее содержание, устанавливают последовательность и возможное совмещение переходов, окончательно выбирают инструмент, оборудование, приспособления, назначают режимы резания, устанавливают настроечные размеры, вычерчивают наладки станка, определяют норму времени и норму выработки.

Прорабатывая возможные варианты построения операций, специалисты стремятся достичь наибольшей производительности и экономичности. В этом аспекте главной задачей является сокращение оперативного времени $t_{оп} = t_0 + t_b$. Уменьшить основное время t_0 можно благодаря применению высокопроизводительных режимов резания и режущих инструментов, сокращению числа перестановки и рабочих ходов и пр.

Уменьшения вспомогательного времени t_b достигают сокращением времени установки заготовок, съема ее со станка, времени управления станком, времени индексации на многопозиционных станках, времени на смену инструмента, на контрольные измерения и времени на выполнение других вспомогательных переходов. Стремятся сократить время холостых ходов, применять установочные приспособления с быстродействующими зажимными устройствами.

Обычно степень концентрации операций определяют при разработке схемы ее выполнения (структуры). Стремятся максимально совместить во времени выполнение технологических операций и вспомогательных переходов, добиваясь при этом полного или частичного совмещения элементарного и вспомогательного времени и тем самым сокращения общей трудоемкости операции.

Схемы технологических операций определяются:

- числом заготовок, одновременно устанавливаемых в приспособление или на станок: одноместная обработка;

- числом инструментов, используемых при выполнении операции: одно- или многоинструментальная обработка;

- последовательностью работы инструментов при выполнении операции: последовательная, параллельная и параллельно-последовательная обработка.

Схемы одноместной последовательной одноинструментальной обработки считаются наименее производительными. Основное время t_0 всех n переходов i -й операции выражается зависимостью $t_0 = \sum t_{oi}$

Схемы одноместной последовательной многоинструментальной обработки сменой инструментом имеют примерно такую же производительность.

Схемы одноместной параллельной многоинструментальной обработки значительно производительнее. Основное время операции в этом случае равно времени наиболее продолжительного перехода $T_0 = t_{0 \text{ lim}}$.

Схемы одноместной параллельно-последовательной многоинструментальной обработки по производительности обычно уступают предыдущей.

Схемы одноместной параллельной одноинструментальной обработки позволяют совмещать основное время выполнения отдельных переходов и определять общую продолжительность операции длительностью лимитирующего перехода $t_0 = t_{0 \text{ lim}}$.

Схемы многоместной последовательной одноинструментальной обработки с одновременной установкой заготовок позволяют сокращать основное время на резание и перебеги инструментов, частично вспомогательное время на установку заготовок. Здесь

$$t_o = \sum t_{oi} / k$$

где k — число последовательно обрабатываемых заготовок; t_{oi} — основное время обработки i -й заготовки.

Схемы многоместной последовательной многоинструментальной обработки с одновременной установкой заготовок, как и в предыдущем случае, позволяют сократить штучное время операции.

Схемы многоместной параллельной многоинструментальной обработки с одновременной установкой заготовок существенно сокращают основное и вспомогательное время операции:

$$T_o = t_{o \text{ lim}} / k, \quad t_b = (t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}}) / k,$$

где $t_{\text{уст}}$, $t_{\text{упр}}$ — время на установку и снятие заготовок и время на управление станком соответственно.

Схемы многоместной последовательной и параллельно-последовательной многоинструментальной обработки с раздельной установкой заготовок позволяют полностью перекрывать время на установку и снятие заготовок основным временем. Вспомогательное время операции незначительно и включает в себя только время управления $t_{\text{упр}}$ и время индексации $t_{\text{инд}}$, т. е. $t_b = t_{\text{упр}} + t_{\text{инд}}$.

Схемы многоместной параллельно-последовательной многоинструментальной обработки с непрерывной установкой и сменой обрабатываемых заготовок на станке обеспечивают наибольшую производительность обработки благодаря полному перекрытию вспомогательного времени основным.

В то же время увеличение числа инструментов в наладке повышает время простоев станка, связанных с техническим обслуживанием: заправкой, регулированием, сменой инструментов, его износа или поломки и пр. В целях увеличения продолжительности работы станка без подналадки или для увеличения стойкости инструмента приходится уменьшать скорость резания. В обоих случаях производительность технологической операции падает, поэтому при проектировании многоинструментальных наладок с параллельными и параллельно-последовательными схемами обработки, должен быть решен вопрос об оптимальной степени концентрации операций.

В содержании технологической операции необходимо указывать все элементы операции, выполняемые в технологической последовательности по обработке изделия. При записи содержания операции допускается полная или сокращенная форма записи. При наличии графических изображений, которые достаточно полно отражают всю необходимую информацию по обработке заготовки, следует использовать сокращенную запись, например

«Сверлить 8 отв. $d = 15^{+0,3}$ согласно чертежу».

Полную запись следует выполнять при отсутствии графических изображений.

При сопоставлении возможных вариантов построения технологических операций необходимо производить экономические расчёты эффективности этих вариантов. Сопоставление вариантов построения технологических операций обычно ограничивается сопоставлением оперативного времени, равного сумме основного и вспомогательного времени. Выбирает

вариант, у которого оперативное время наименьшее.

4.2.7.2. Выбор оборудования

Уточнённое содержание технологических операций позволяет выбрать для каждой операции станок из имеющегося на заводе парка станков или по каталогам и справочникам [33, 47, 49].

При выборе металлорежущего оборудования для мелко- и среднесерийного производства следует ориентироваться на универсальные и специализированные станки, в том числе на станки с числовым программным управлением (ЧПУ) последних моделей, как отечественных так и импортных.

Станки с ЧПУ – это станки, работающие в полуавтоматическом режиме по программам, заданной в виде символов, нанесенных на специальный программноноситель. Как и обычные станки, они классифицируются по методам обработки на токарные, фрезерные, сверлильные, расточные, шлифовальные, электроэрозионные, многоцелевые и др.

Преимуществами станков с ЧПУ являются:

1. Высокая производительность (в 2...5 раз выше по сравнению с аналогичными станками с ручным управлением).
2. Сочетание точности и производительности станка-автомата с гибкостью универсального оборудования, что создает возможность для комплексной автоматизации единичного и серийного производства.
3. Подготовка производства переносится в сферу инженерного труда, что снижает потребность в высококвалифицированных рабочих-станочниках.
4. Детали, изготовленные по одной управляющей программе, являются взаимозаменяемыми, что сокращает затраты времени на пригоночные работы при сборке.
5. Благодаря централизованной подготовке программ и более простой, и универсальной технологической оснастке значительно сокращаются сроки перехода на изготовление новых деталей.
6. Сокращается продолжительность цикла изготовления деталей и уменьшается объем незавершенного производства.

Перевод обработки заготовок со станков с ручным управлением на станки с ЧПУ наиболее эффективен при изготовлении сложных деталей, требующих большого количества технологических переходов, выполняемых различными режущими инструментами. В этом случае полностью реализуется метод концентрации операций, обеспечивающий повышение точности обработки и производительности труда.

При выборе оборудования нужно определить группу, основные размеры, тип и мощность станка.

Группа станка (токарная, фрезерная, шлифовальная и т.д.) выбирается в зависимости от характера операции и принятых методов обработки поверхностей детали на этой операции.

Основные размеры станка определяют габаритные размеры заготовки и размеры обрабатываемых поверхностей.

Тип станка (токарно-винторезный, токарно-револьверный станок, многошпиндельный токарный автомат и т.п.) определяется выбранной степенью концентрации технологических

операций и тип производства данной детали. При высокой степени концентрации и больших масштабах выпуска деталей выбирают многосуппортные и многошпиндельные станки, которых в процессе обработки одновременно задействовано много режущих инструментов.

Решающим фактором при выборе того или иного типа станка является рентабельность процесса обработки. Экономическую оценку возможных вариантов проводят по трудоёмкости и себестоимости обработки деталей на станках разных типов. Выбирается тот тип станка, которого себестоимость обработки деталей будет наименьшей. Точный расчёт себестоимости обработки особенно необходим при сравнении операций, выполняемых на станках, требующих сложной наладки (станках - автоматах, полуавтоматах, агрегатных станках и т.п.).

Модель станка определяют выбранные размеры и тип станка. Если какую-либо операцию можно по техническим соображениям выполнить на станках разных моделей, ту или иную модель станка для выполнения данной операции выбирают на основании следующих факторов:

- 1) наиболее полное использование станка по точности обработки,
- 2) наиболее полное использование станка по мощности и времени,
- 3) наименьшая трудоёмкость и себестоимость обработки,
- 4) наименьшая отпускная цена станка,
- 5) реальная возможность приобретения или изготовления того или иного станка.
- 6) необходимость использования имеющихся на заводе станков.

Пример оформления данных выбранного оборудования представлен в табл. 4.63 и 4.64.

Таблица 4.63

Обрабатывающий центр ИР320 ПМФ4
Техническая характеристика

Параметр	Значение
Программируемые перемещения:	
Ось X (стол поперечно), мм	400
Ось Y (шпиндельная бабка вертикально), мм	360
Ось Z (ползун продольно), мм	400
Ось A (вертикальный поворотный стол), град.	360°
Шпиндель	
Мощность главного привода, кВт	7,5...11
Исполнение конуса шпинделя	ISO 40
Наибольший момент на шпинделе, Н*м	200
Скорость вращения, мин ⁻¹	13...5000
Рабочий стол и привода подач	
Размер стола-спутника, мм	320x320
Количество столов-спутников, шт.	4
Грузоподъёмность стола-спутника, кг	150
Дискретность позиционирования рабочего стола, град	0,001°
Скорость перемещения линейных осей, мм/мин	1...1000
Скорости вращения стола (ось A), мин ⁻¹	0,05...200

Емкость инструментального магазина, шт	36
Наибольшая масса/размеры инструмента, кг/мм	10 / 150x200
Габаритные размеры станка с 4-местным накопителем паллет (LxВxH), мм	3840x2300x2507
Общая масса станка с 4-местным накопителем, кг	8000

Таблица

Характеристика токарно-револьверного многооперационного станка с ЧПУ модели 1П420ПФ40

Параметр	Значение
Наибольший диаметр заготовки, мм:	
устанавливаемой над станиной	450
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм:	
штучной заготовки	200
из прутка	50
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки, мм	130
Наибольшее сечение резцов, мм	25x25
Точность позиционирования суппорта, мкм:	
в продольном направлении	25
в поперечном направлении	10
Наибольший диаметр вращающегося инструмента, мм	12
Наибольший допустимый крутящий момент, Н*м:	
на главном шпинделе	500
на инструментальном шпинделе	10
Частота вращения, мин ⁻¹ :	
главного шпинделя	20 ... 4000
инструментального шпинделя	20 ... 1500
Мощность главного привода, кВт	22
Габаритные размеры, м: длина x ширина x высота	4,13x2,26x2,3
Масса, кг	5900

4.2.7.3. Выбор технологической оснастки

К технологической оснастке относятся станочные приспособления, инструменты и средства контроля. Правила выбора технологической ос-

настки регламентирует ГОСТ 14.305-73. В соответствии с положениями ЕСТПП при технологической подготовке производства предпочтение следует отдавать стандартной, унифицированной оснастке с целью сокращения времени на подготовку производства.

Одновременно с выбором станка устанавливается вид станочного приспособления, необходимого для выполнения намеченной операции. Если требуемое приспособление является принадлежностью станка (патрон, тиски и т.д.), то указывается только его наименование. При использовании универ-

сально-сборного или специального приспособления так же делается соответствующее указание.

4.2.7.4. Выбор режущего инструмента

Выбор того или иного типа инструмента зависит от следующих основных факторов: вида станка; метода обработки; материала обрабатываемой заготовки, ее размеров и конфигурации; требуемых точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей; типа производства; стоимости инструмента. При назначении материала инструмента следует, с учетом условий работы, отдавать предпочтение современным инструментальным материалам, обеспечивающим более высокую производительность обработки. К таким материалам можно отнести твердые сплавы с покрытиями, синтетические сверхтвердые материалы (СТМ), режущую керамику.

При выборе режущего инструмента нужно определить его тип, размеры и материал режущей части [3, 31, 40, 43, 47, 49].

Тип режущего инструмента (резец, фреза, сверло и т.п.) определяется принятым методом обработки, выбранной моделью станка и типом производства данной детали.

Размеры мерного режущего инструмента (сверла, зенкера, развёртки, протяжки и т.п.) определяются на основании результатов проведённого ранее расчёта предельных промежуточных размеров заготовки по переходам.

Если применяются режущие инструменты неразмержного типа (токарные, строгальные и долбежные резцы и т.п.), то нужно определить форму и размеры сечения державки резца в зависимости от вида и размера обрабатываемой поверхности, применяемого метода обработки и модели станка.

Материал режущей части режущего инструмента выбирают в зависимости от принятого метода обработки, свойств материала обрабатываемой заготовки и условий работы режущего инструмента (наличия ударной нагрузки, степени равномерности припуска, состава и способа подачи в зону резания смазочно-охлаждающей жидкости и т.п.).

Основные требования к инструментальным материалам следующие:

1. Инструментальный материал должен иметь **высокую твердость**. Твердость инструментального материала должна быть выше твердости обрабатываемого не менее чем в 1,4...1,7 раза.

2. При резании металлов выделяется значительное количество теплоты и режущая часть инструмента нагревается. Поэтому инструментальный материал должен обладать **высокой теплостойкостью**. Способность материала сохранять высокую твердость при температурах резания называется **теплостойкостью**. Увеличение уровня теплостойкости инструментального материала позволяет ему работать с большими скоростями резания, а следовательно, обеспечивать более высокую производительность (табл. 4.65). Следует учитывать, что если станочное оборудование по своим скоростным ха-

рактикам не может обеспечить высокие скорости резания, то применять такие материалы, как композиты и керамика, не имеет смысла: их возможности реализованы не будут.

Таблица 4.65

Теплостойкость и допустимая скорость резания инструментальных материалов.

Материал	Теплостойкость, К	Допустимая скорость при резании Стали 45, м/мин
Легированная сталь	623...673	15...30
Быстрорежущая сталь	873... 823	40...60
Твердые сплавы:		
Группа ВК	1173...1200	120...200
Группы ТК и ТТК	1273...1300	150...250
безвольфрамовые	1073...1100	100...300
с покрытием	1273...1373	200...300
Керамика	1473...1500	400...600
Сверхтвердые материалы (СТМ)	До 1573	500...1200

3. Важным требованием является достаточно **высокая прочность** инструментального материала. Если высокая твердость материала рабочей части инструмента не обеспечивается необходимой прочностью, то это приводит к поломке инструмента и выкрашиванию режущих кромок.

Таким образом, инструментальный материал должен иметь достаточный уровень ударной вязкости и сопротивляться появлению трещин (т.е. иметь высокую трещиностойкость).

4. Инструментальный материал должен иметь **высокую износостойкость** при повышенной температуре, т.е. обладать хорошей сопротивляемостью истиранию обрабатываемым материалом, которая проявляется в сопротивлении материала контактной усталости.

5. Инструментальный материал должен обладать **технологическими свойствами**, обеспечивающими оптимальные условия изготовления из него инструментов. Технологическими свойствами инструментальных сталей являются: хорошая обрабатываемость резанием и давлением; благоприятные особенности термической обработки; хорошая шлифуемость после термической обработки.

В настоящее время быстрорежущие стали широко применяются для изготовления режущего инструмента, несмотря на то, что инструмент из твердого сплава, керамики и СТМ обеспечивает более высокую производительность обработки.

Широкое использование быстрорежущих сталей для изготовления сложнопрофильных инструментов определяется сочетанием высоких значений твердости (до HRC 68) и теплостойкости (600-650 °С) при высоком уровне хрупкой прочности и вязкости, значительно превышающем соответствующие значения для твердых сплавов. Кроме того, быстрорежущие стали обладают достаточно высокой технологичностью, так как хорошо обрабатываются давлением и резанием в отожженном состоянии.

Твердые сплавы в настоящее время являются основным инструментальным материалом, обеспечивающим высокопроизводительную обработку материалов резанием. Сейчас доля твердосплавного инструмента, применяемого в механообрабатывающем производстве, составляет до 50 %, причем этим инструментом снимается до 65 % стружки, так как скорость резания, применяемая при обработке таким инструментом в 2-5 раз выше, чем у быстрорежущего инструмента. Пластинками твердого сплава оснащаются резцы, фрезы, сверла, зенкеры, развертки и другие инструменты. Мелкоразмерные сверла, метчики и некоторые другие инструменты изготавливаются из твердого сплава цельными.

Твердые сплавы получают методами порошковой металлургии в виде пластин. Основными компонентами таких сплавов являются карбиды вольфрама WC, титана TiC, тантала TaC и ниобия NbC, мельчайшие частицы которых соединены посредством сравнительно мягких и менее тугоплавких связей из кобальта или никеля в смеси с молибденом.

Твердые сплавы по составу и областям применения можно разделить на четыре группы: **вольфрамокобальтовые (WC-Co)**, **титановольфрамокобальтовые (WC-TiC-Co)**, **титанотанталовольфрамокобальтовые (WC-TiC-TaC-Co)**, **безвольфрамовые** (на основе TiC, TiCN с различными связками).

Вольфрамокобальтовые сплавы (ВК). Вольфрамокобальтовые сплавы (группа ВК) состоят из карбида вольфрама (WC) и кобальта. Сплавы этой группы различаются содержанием кобальта, размерами зерен карбида вольфрама и технологией изготовления. Для оснащения режущего инструмента применяют сплавы с содержанием кобальта 3-10 %.

Титановольфрамокобальтовые сплавы (ТК). Сплавы второй группы ТК состоят из трех основных фаз: твердого раствора карбидов титана и вольфрама (TiC-WC) карбида вольфрама (WC) и кобальтовой связки. Предназначены они главным образом для оснащения инструментов при обработке резанием сталей, дающих сливную стружку. По сравнению со сплавами группы ВК они обладают большей стойкостью к окислению, твердостью и жаропрочностью и в то же время меньшими теплопроводностью и электропроводностью, а также модулем упругости.

Титанотанталовольфрамокобальтовые сплавы (ТТК). Промышленные танталосодержащие твердые сплавы на основе TiC-WC-TaC-Co со-

стоят из трех основных фаз: твердого раствора карбидов титана, вольфрама и тантала (TiC-TaC-WC), а также карбида вольфрама (WC) и кобальтовой связи. Введение в сплавы добавок карбида тантала улучшает их физико-механические и эксплуатационные свойства, что выражается в увеличении прочности при изгибе при температурах 20 и 600...800 °С. Сплав, содержащий карбид тантала, имеет более высокую твердость, в том числе и при 600-800 °С. Карбид тантала в сплавах снижает ползучесть, существенно повышает предел усталости трехфазных сплавов при циклическом нагружении, а также термостойкость и стойкость к окислению на воздухе.

Классификация современных твердых сплавов по международному стандарту ИСО 513 и определение условий их эффективного использования

При определении областей применения твердых сплавов, обычно руководствуются рекомендациями международной организации стандартов ИСО (ISO). Они предусматривают их использование с учетом обрабатываемых материалов и типа стружки, типа обработки (чистовая, получистовая, легкая черновая и черновая), условий обработки (хорошие, нормальные и тяжелые), а также видов обработки (точение, растачивание, фрезерование и др.).

ISO 513 предусматривает деление всех обрабатываемых материалов на три группы: **Р** (обозначаются синим цветом), **М** (желтым) и **К** (красным). В группу **Р** входят стали и стальное литье, при обработке которых получают сливную стружку. В группу **М** входят нержавеющей стали, титановые и жаропрочные сплавы, при обработке которых получают стружку надлома и сливную. В группу **К** входят чугуны, цветные металлы и их сплавы, материалы с высокой поверхностной твердостью, при обработке которых получают стружку надлома и элементную.

В настоящее время керамический инструмент рекомендуют для чистовой обработки серых, ковких, высокопрочных и отбеленных чугунов, низко- и высоколегированных сталей, в том числе улучшенных, термообработанных (HRC до 55-60), цветных сплавов, конструкционных полимерных материалов (K01-K05, P01-P05). В указанных условиях инструмент, оснащенный пластинами из режущей керамики, заметно превосходит по работоспособности твердосплавный инструмент.

В последние годы появились новые марки оксидной керамики в состав которых введены оксид циркония (ZrO_2) и армированные «нитевидными» кристаллами карбида кремния (SiC). Армированная керамика имеет высокую твердость (HRC_A 92) и повышенную прочность ($\sigma_{изг}$ до 1000 Н/мм²).

Режущую керамику выпускают в виде неперетачиваемых сменных пластин. Пластины изготавливают с отрицательными фасками по периметру с

двух сторон: размер фаски $f=0,2...0,8$ мм, угол ее наклона отрицательный от 10 до 30°. Фаска необходима для упрочнения режущей кромки.

Характеристика основных свойств и область применения ПСТМ на основе плотных модификаций нитрида бора BN

Поликристаллические сверхтвердые материалы (ПСТМ) на основе плотных модификаций нитрида бора, незначительно уступая алмазу по твердости, отличаются высокой термостойкостью (до 1573 °К), стойкостью к циклическому воздействию высоких температур и, что особенно важно, слабым химическим взаимодействием с железом, являющимся основным компонентом большинства обрабатываемых материалов (стали, чугуна, наплавочных материалов).

Главным резервом повышения производительности обработки для инструмента на основе BN является скорость резания, которая может превышать скорость резания твердосплавным инструментом в 5 и более раз.

Инструментальные материалы с износостойким покрытием

В металлообработке все большее применение находят инструментальные материалы с покрытиями. Тонкие «пленочные» покрытия толщиной от 2 до 10 мкм наносят на поверхность заточенного и доведенного инструмента из быстрорежущей стали, твердого сплава и режущей керамики, которые позволяют улучшить ряд служебных характеристик инструмента и значительно изменить условия его работы. Снижение сил и температур резания на 20-40 %, позволяет повысить стойкость режущего инструмента в 2 раза и выше, или увеличить скорость резания от 20 до 60 % и значительно уменьшить шероховатость обработанных поверхностей.

При резании сталей, в основе которых содержится железо, инструментом из быстрорежущей стали в основе которой также содержится железо целесообразнее всего наносить **многослойные** или **композиционные** покрытия. У **многослойных** покрытий нижний слой, прилегающий к инструментальному материалу, обеспечивает прочное сцепление с ним, а верхний - минимальное схватывание с обрабатываемым материалом. Промежуточные слои могут выполнять роль связующих слоев, слоев с тепловыми барьерами или слоев, препятствующих продвижению трещин при разрушении покрытий. **Композиционные** покрытия – это покрытия, изменяющие свой состав и свойства по толщине: например, для быстрорежущего инструмента состав покрытия может постепенно переходить от нитрида циркония (ZrN), обеспечивающего наилучшее сцепление с инструментальной подложкой, к нитриду ниобия (NbN), дающего аномально низкое схватывание с железосодержащими обрабатываемыми материалами.

В качестве материалов для покрытий используют карбиды, натриды карбонитриды, бориды и силициды тугоплавких металлов IV – VI групп периодической системы элементов (IV – титан, цирконий, гафний; V – ванадий, ниобий, тантал; VI – хром, молибден, вольфрам). Применяется также оксид алюминия Al_2O_3 и алмазоподобные покрытия на основе углерода.

Среди методов наибольшее распространение получили: конденсация вещества из плазменной фазы в вакууме с ионной бомбардировкой (метод КИБ), магнетронное распыление (метод МИР) и ионное плакирование.

Твердосплавные пластины с покрытиями из карбида и нитридов титана эффективны для большинства наиболее распространенных видов обработки резанием конструкционных сталей и серых чугунов, особенно для точения, а также чистового и получистового фрезерования с умеренными подачами.

В промышленно развитых странах выпуск СМП с износостойкими покрытиями составляет 60-90 % от общего выпуска твердосплавных пластин, и около 70 % всех типов инструментов из быстрорежущей стали.

Выбор конструкции режущего инструмента

При выборе конструкции режущего инструмента предпочтение следует отдавать стандартному инструменту, в первую очередь с многогранными сменными пластинками. При необходимости можно использовать и специальный, комбинированный, фасонный инструмент, позволяющий совмещать обработку нескольких поверхностей.

Режущий инструмент нужно выбирать по соответствующим стандартам в зависимости от принятых методов обработки. При выборе типоразмера инструмента следует учитывать размеры обрабатываемой поверхности и возможность доступа к ней, например: длина рабочей части расточного резца должна быть больше длины обрабатываемой поверхности на величину расстояния до обрабатываемой поверхности от торца заготовки и запаса хода 10...20 мм.

На заключительном этапе выбора инструмента уточняют основные параметры конструкции, т.е. вариант исполнения, способ крепления сменной пластинки на рабочей части и т.п. После всех уточнений устанавливают необходимые геометрические параметры режущей части.

В результате должен быть составлен список режущих инструментов по всем переходам, включающий полное его наименование и условное обозначение, например:

- резец проходной прямой сечением $h \times b = 25 \times 16$ мм с углом в плане $\varphi = 60^\circ$ с пластинкой из твердого сплава:
Резец 2100 – 0409 BK8 ГОСТ18878-73;
- фреза торцовая насадная мелкозубая праворежущая диаметром $D = 250$ мм с ножами, оснащенными пластинками из твердого сплава BK6M:

Фреза 2214-0161 ВК6М ГОСТ 9473-80;

- сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком общего назначения исполнения 1 нормальной длины диаметром $d = 10$ мм:

Сверло 2330–8599 Т15К6 ГОСТ 22735-77.

Для абразивных инструментов выбираются: тип, форма и размеры, характеристики.

Тип абразивного инструмента определяется принятым способом обработки, формой и размерами обрабатываемой поверхности (абразивный круг, головка, сегменты и др.).

Форма и размеры абразивного инструмента также определяются формой и размерами обрабатываемой поверхности с учетом принятого оборудования, т.е. решается вопрос о форме, например, круга (ПП, ПВ, ПВД и др.) и его размерах применительно к размерам шлифуемой поверхности с учетом возможности установки на станке.

Характеристика абразивного инструмента включает в общем случае пять элементов: материал абразивных зерен, зернистость, твердость инструмента, структуру, связку. Выбор всех элементов характеристики производится в зависимости от конкретных условий обработки и рекомендаций по выбору с учетом возможных сочетаний их для конкретного инструмента.

Пример:

Круг абразивный формы ПП $D = 400$ мм, $H = 63$ мм, $d = 40$ мм из электрокорунда белого с номинальным размером зерна 400 мкм, среднемягкий на керамической связке:

Круг ПП 400 х 63 х 40 24А40НСМ18К5 кл.А, кл.3,35 м/с. ГОСТ 2424-83

Для изготовления абразивных инструментов применяются следующие материалы:

Электрокорунд:

- нормальный (18А, 15А, 14А, 13А, 12АР) зернистостью 50...4;
- белый (25А, 24А, 23А) зернистостью 50 ...М10;
- хромотитанистый (94А, 93А, 92А, 91А) зернистостью 50...6;
- монокорунд (45А, 44А, 43А) зернистостью 50...5;

Карбид кремния:

- зеленый (64С, 63С) зернистостью 50...М10;
- черный (55С, 54С, 53С) зернистостью 50...5.

Круги изготавливают следующих типов: ПП – прямого профиля; 2П – с двухсторонним коническим профилем; 3П – с коническим профилем; К – кольцевые; ПВ – с выточкой; ЧК – чашечные; Т и 1Т – тарельчатые.

Сведения, необходимые для выбора параметров, а также материала режущей части инструментов, приведены в табл. 4.66...4.72.

Таблица 4.66

Выбор геометрических параметров резцов для точения и растачивания

Параметр	Значение угла в град.	Условия работы
1. Главный угол в плане φ	45...60	Обработка жестких деталей ($L / D \leq 5$)
	60.. .75	Обработка деталей малой жесткости ($L / D \leq 10$)
	75.. .90	Обработка с ударами. Обработка деталей особо малой жесткости ($L / D > 10$)
2. Вспомогательный угол в плане φ_1	0. . . 5	Чистовая и отделочная стадия обработки
	5. . .15	Обработка жестких деталей ($L / D \leq 5$)
	15. . .30	Обработка деталей малой жесткости ($L / D \leq 10$)
	30.. .45	Обработка деталей особо малой жесткости ($L / D > 10$)
3. Главный задний угол α	5...6	Черновая обработка стали
	8...15	Чистовая обработка стали
	6...8	Обработка чугуна
4. Главный передний угол γ	8...12	Черновая обработка стали
	12...15	Чистовая обработка стали
	8...12	Обработка чугуна
4. Радиус при вершине резца r , мм	0,8...1,6	Черновая обработка стали
	0,6...1,2	Чистовая обработка стали
	0,6...1,6	Обработка чугуна

Таблица 4 67

Выбор марки твердого сплава при различных видах обработки резанием

Вид и характер обработки	Марка твердого сплава при обработке			
	углеродистой и легированной стали	чугуна НВ 240... 400	чугуна НВ400... 700	цветных металлов и их сплавов

1	2	3	4	5
Черновое точение по корке и окалине при неравномерном сечении среза	T14K8 T5K10	BK4 BK6 BK8	BK4 BK6M	BK4 BK6
Черновое точение по корке и окалине при относительно равномерном сечении среза	T15K6 T14K8	BK4 BK8	BK3 BK6M	BK3 BK3M BK4
Получистовое и чистовое точение при прерывистом резании	T15K6 T14K8 T5K10	BK4 BK6 BK8	BK6M	BK3 BKМ BK4
Точное точение при прерывистом резании	T30K4 T15K6	BK3 BK3M BK4	BK6M BK3	BK3 BK3M BK4
Точное точение при непрерывном резании	T30K4	BK3 BK3M	BK3 BK3M BK6M	BK3 BK3M
Отрезка и прорезка канавок	T15K6 T14K8 T5K10	BK4 BK6 BK8	BK3 BK6M	BK3 BK3M BK4
Предварительное нарезание резьбы	T15K6 T14K8	BK3 BK3M	BK3M BK6M	BK4, BK6, BK6M
Окончательное нарезание резьбы	T30K4 T15K6	BK3 BK3M	BK3M BK6M	BK3 BK3M
Строгание и долбление получистовое и чистовое	T5K10 BK8 BK8B	BK4 BK6 BK8	BK4 BK6 BK8	BK4 BK6 BK8
Черновое фрезерование	T15K6 T14K8 T5K10	BK4 BK6 BK8	BK4 BK6 BK8	BK4 BK6

Окончание табл. 4.67

1	2	3	4	5
Получистовое и чистовое фрезерование	T30K4 T15K6 T14K8	BK4 BK6	BK6M	BK3 BK3M BK4
Сверление неглубоких отверстий	T5K10 BK8 BK8B	BK4 BK6 BK8	BK8 BK8M	BK4 BK6 BK8

Сверление глубоких отверстий	T15K6 T14K8 T5K10 BK8	BK4 BK6 BK8	BK8 BK8M	BK4 BK6 BK8
Расверливание неглубоких предварительно просверленных отверстий	T14K8 T5K10 T15K6	BK4 BK8	BK3 BK3M BK4	BK6M BK3 BK4 BK3M
Расверливание неглубоких отверстий в литых, кованных или штампованных заготовках	T5K10 T5K12 BK8	BK4 BK6 BK8	-	BK4 BK6 BK8
Расверливание глубоких предварительно просверленных отверстий	T15K6 T14K8	BK3 BK3M BK4	BK4 BK6M	BK3 BK3M BK4
Расверливание глубоких отверстий в литых, кованных или штампованных заготовках	T5K10 T5K12 BK8 BK8M	BK4 BK8 BK8M	-	BK4 BK8 BK8M
Черновое зенкерование	T15K6 T14K8 T5K10 T5K12 BK8B	BK4 BK6 BK8	BK6M	BK4 BK6 BK8
Получистовое и чистовое зенкерование	T30K4 T15K6 T14K8	BK3 BK3M BK4	BK4	BK3 BK3M BK4
Предварительное и окончательное развертывание	T30K4 T15K6	BK3 BK3M BK6M	BK3 BK3M BK6M	BK3 BK3M BK4

Таблица 4.68

Выбор материала режущей части фрезы

Обрабатываемый материал	Стадия обработки	Марка материала режущей части фрезы
Сталь конструкционная углеродистая и легированная	Черновая	T15K6, T5K10, TT7K12, T5K12B, T14K8, BK8, P6M5
	Получистовая	T15K6, T5K10, T14K8, TT20K9, P6M5

и легированная	Чистовая	T15K6, T14K8, T30K4, P6M5, Композит 10, ВОК60
	Отделочная	T15K6, T14K8, T30K4, Композит 01, Композит 10, ВОК60, ВЗ, ВШ 75
Сталь коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная	Черновая получ	T15K6, T5K10, T14K8, TT7K12, T5K12, BK4, BK8, BKШ-ОМ, P6M5, P6M5K5
	Чистовая, отделочная	T15K6, T5K10, T14K8, BK8, BK6M, BK10OM, P6M5, Композит 01, Композит 10, ВОК 60, ВШ 75
Чугун	Черновая	BK8, BK8B, BK6, BK4, BK8OM
	Получистовая	BK8, BK6, BK6M, BK4, BK3M
	Чистовая	BK6, BK6M, BK4, BK3M, Композит 01, Композит 05, Композит 10, ВОК 60, ВЗ
	Отделочная	BK6, BK4, BK3M, Композит 01, Композит 05, ВОК 60, ВЗ, ВШ 75
Медные и алюминиевые сплавы	Черновая, получистовая	BK8, BK6, BK4, P6M5
	Чистовая, отделочная	BK6M, BK4, В КЗ, BK3M, P6M5
Сталь закаленная, HRC ₃ 5...64 чугун отбеленный HB 400...650	Чистовая, отделочная	ВОК60, Кортинит, Силинит -Р

Таблица 4.69

Выбор марок быстрорежущей стали при различных видах обработки резанием по ГОСТ 19265—73

Обрабатываемый материал, условия обработки	Точение	Нарезание резьбы	Зенкерование	Фрезерование
--------------------------------------------	---------	------------------	--------------	--------------

		метчи- ком	плашкой		
Углеродистые стали конструкционные	P6M5 10P6M5	P6M5 P9Ф5	P6M5 9XC	P14Ф4 P9Ф5	P6M5 10P6M5
То же, при работе в условиях динамических нагрузок, с большими подачами	P6M3 P18KФ2 P9KЮ				P6M3 P18 P9 P12
Конструкционные стали легированные	P9K5 P9M4K8 11AP3M3 10P6M5	P6M5K5 P6M5	P6M5K8 P6M5	P9Ф5 P14Ф4	10P6M5 P6M5K5
Стали коррозионностойкие, жаростойкие ($\sigma_b < 1079 \text{ Н / мм}^2$)	P6M5K5 P12Ф2K8M3	P9M4K8 P6M5K5	P9M4K8 P6M5K5	P18Ф2K5 P6M5K5	P9Ф2KЮ P6M5K5
Сплавы жаростойкие, жаропрочные	P9M4K8 P6M5K5 P9Ф2K5 P9Ф2KЮ	P9M5K5 P6M5K5	P6M5K5	P18Ф2K5	P9M4K8 P18Ф2K5 P10Ф5K5
Сплавы алюминиевые и медные	P6M5 10P6M5	P6M5 10P6M	P6M5 10P6M5	P6M5 10P6M5	P6M5 10P6M5
Чугуны всех марок	P9; P12	10P6M5	10P6M5	P14Ф4	P6M5

Таблица 4.70

Рекомендации по выбору марки керамики

Обрабатываемый материал	Твердость	Керамика для обработки		
		тонкой	чистовой	получистовой
Чугун: серый	НВ 143-289	ВО13, ВШ75, ЦМ332	ВО13, ВШ75, ЦМ332	ВО13, ВШ75, ЦМ332

ковкий	НВ 163-269	ВО13, ВШ75	ВШ75, ВО13, В3	ВШ75, В3, ВО13
	НВ 170-369	ВШ, В3, ВО13	В3, ВШ75, Силинит-Р, ВО13	В3, ВШ75, Силинит-Р, ВОК60
отбеленный	НВ 400-650	ВОК60 ,В3, кортинит,	ВОК60, В3, кортинит,	ВОК60, В3, кортинит,
Сталь: качественная конструкционная	НВ 160-229	ВО13, ВШ75, ЦМ332	ВО13, ВШ75, ЦМ332	ВО13, ВШ75, ЦМ332
конструкционная легированная	НВ 179-229	ВО13, ВШ75, ЦМ332	ВО13, ВШ75, ЦМ332	ВО13, ВШ75, ЦМ332
улучшенная	НВ 229-380	ВШ75 ВОК60, Силинит-Р	ВШ75, ВО13, Силинит-Р	В3, ВОК60, ВШ75, ВО13
цементуемая закаленная	НРС _э 36-48	ВОК60, В3, кортинит	ВОК60, В3, кортинит	ВОК60, В3, кортинит
	НРС _э 48-57	ВОК60, кортинит	ВОК60, В3, кортинит	Кортинит, ВОК60,
	НРС _э 57-64	ВОК60, В3, ВОК71, кортинит	ВОК60, В3, кортинит, ВОК71	ВОК60, В3, кортинит, ВОК71

Таблица 4.71

Области применения режущих инструментов из сверхтвердых материалов (СТМ)

Наименование	Применение
Композит 01 и композит 02 – поликристаллы из кубического нитрида бора (КБН) с	Для тонкого и чистового точения, преимущественно без удара, и торцового фрезерования закаленных сталей и чугу-

минимальным количеством примесей	нов любой твердости, твердых сплавов с глубиной резания 0,05...0,5 мм (максимально допустимая глубина резания 1 мм)
Композит 05 –поликристаллы, спеченные из зерен КНБ со связкой	Для предварительного и окончательного точения без удара закаленных сталей ($HRC_{\Sigma} \leq 60$) и чугунов любой твердости с глубиной резания 0,05...3,0 мм, а также для торцового фрезерования из чугуна любой твердости, в том числе по корке, с глубиной резания 0,05...6,0 мм
Композит 10 и двухслойные пластины из композита 10Д (композит 10 на подложке из твердого сплава) – поликристаллы на основе вюрцитоподобного нитрида бора (ВНБ)	Для предварительного и окончательного точения с ударом и без удара и торцового фрезерования сталей и чугунов любой твердости с глубиной резания 0,05...3,0, прерывистого точения (наличие на обрабатываемой поверхности отверстий, пазов, инородных включений)
Фрезы, оснащенные гексанидом-Р	Фрезерование низколегированной стали типа 40Х ($HRC_{\Sigma} 48...50$) со скоростью 100...150 м /мин; стали ХВГ ($HRC_{\Sigma} 62...64$) - 50...80 м / мин; серого чугуна – 400...1000 м / мин
Инструмент, оснащенный поликристаллическими алмазами (ПКА)	Для чистовой обработки цветных металлов и сплавов, неметаллических материалов вместо твердосплавного инструмента

Таблица 4.72

Скорости резания различными инструментальными материалами

Обрабатываемый материал	Скорость резания, м/мин для инструментального материала	
	ПСТМ	твердый сплав
Сталь НВ 150...250	100...200	130...300

Сталь HRC 45...55	80...160	40...70
Сталь HRC 60...70	60...120	10...30
Серый чугун HB 120...240	400...1000	100...200
Высокопрочный чугун HB 160...330	300...800	50...100
Отбеленный и закаленный чугун HRC 40...60	50...150	10...20

4.2.7.5. Выбор средств измерения

При выборе контрольной оснастки следует учитывать условия производства, определяющие объем контрольных операций, и точность контролируемого параметра, определяющую выбор контрольного устройства, обеспечивающего необходимую точность измерения. В единичном и мелкосерийном производствах целесообразно применение измерительного инструмента универсального назначения: штангенциркулей, микрометров, нутромеров и т.п. В серийном и массовом производствах целесообразно применение специальных инструментов и приспособлений, обеспечивающих повышение производительности контроля: калибров, шаблонов и т.п.

Результаты выбора оформляются в виде ведомости оборудования и технологической оснастки, (табл. 4.23, 4.24).

4.2.7.6. Вспомогательный инструмент

Из-за несовпадения установочных поверхностей и элементов режущего инструмента и соответствующих посадочных мест станка необходим промежуточный элемент между ними – вспомогательная технологическая оснастка. К такой оснастке относится вспомогательный инструмент. Вспомогательный инструмент выбирают к станку по уже выбранному режущему инструменту для данного технологического перехода. Вспомогательный инструмент должен иметь, с одной стороны, установочные поверхности и элементы крепления, соответствующие режущему инструменту, а с другой – поверхности установки и элементы крепления, соответствующие посадочным местам станка.

К вспомогательному инструменту относятся:

- для резцов – резцедержатели;
- для насадных фрез – оправки;
- для концевых фрез – цанговые патроны, переходные втулки;
- для осевого инструмента с коническим хвостовиком – переходные втулки;
- для осевого инструмента с цилиндрическим хвостовиком – сверлильные патроны, в том числе и быстросменные;
- для метчиков и плашек – специальные патроны;
- для расточных резцов – оправки и борштанги.

Большинство вспомогательного инструмента стандартизовано [3, 5, 7, 13, 14, 30].

Порядок выбора вспомогательного инструмента:

- определить конструкцию режущего инструмента, форму и конструктивные особенности его установочных поверхностей и элементов крепления;
- установить вид и характер посадочного места данного станка, форму установочных поверхностей, особенности элементов и требуемый характер крепления;
- сравнить установочные поверхности и элементы крепления режущего инструмента и посадочного места станка;
- подобрать по стандартам вспомогательный инструмент, который по своим данным являлся бы согласующим промежуточным звеном между ними. При отсутствии стандартного инструмента – спроектировать вспомогательный инструмент;
- проверить соответствие выбранного вспомогательного инструмента характеру выполняемого перехода операции технологического процесса.

ПРИМЕР:

Таблица 4.73

Сводная ведомость режущего инструмента

Наименование инструмента	Размеры	Материал и геометрия режущей части
1	2	3
Сверло центровочное	$d = 2,5 \text{ мм}$ $D = 6 \text{ мм}$ $L = 45 \text{ мм}$ $l = 10 \text{ мм}$	P6M5 $\gamma = 7^\circ ; 2\varphi = 120^\circ ; \alpha = 12^\circ$
Резец проходной отогнутый ГОСТ 18877	$L = 150 \text{ мм}$ $l = 11 \text{ мм}$ $b \times h = 20 \times 25$	T15K6 $\gamma = 10^\circ ; \varphi = 45^\circ ; \alpha = 10^\circ ;$ $\alpha_1 = 4^\circ ; \varepsilon = 90^\circ$ Пластина режущая SNUM 110408 TL 011114 110408 22

Окончание табл. 4.73

1	2	3
---	---	---

Резец проходной упорный ГОСТ 18879	L = 150 l = 16 мм b×h = 20×25	T15K6 $\gamma = 12^\circ ; \varphi = 90^\circ ; \alpha = 7,5^\circ ;$ $\alpha_1 = 7,5^\circ ;$ $\varepsilon = 60^\circ ; \varphi_1 = 27^\circ$ Пластина режущая TNUG 160408 TL 01115 160408 22
------------------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Таблица 4.74.

Оборудование и технологическая оснастка

№ п/п	Операция	Оборудование	Приспособление	Режущий инструмент	Измерительный инструмент
005	Вертикально-фрезерная	Вертикально-фрезерный 6P12	Тиски пневматические	Фреза торцовая Ø90, T15K6, ГОСТ 1092-80	Штангенциркуль, ГОСТ 166-80
010	Вертикально-сверлильная	Вертикально-сверлильный 2H125	Приспособление УСП	Сверло Ø12, P6M5, ГОСТ 2092-77; Зенкер Ø13, P6M5, ГОСТ 12489-71	Калибр-пробка

4.2.8. Расчет режимов резания

Расчет режимов резания является ответственным этапом разработки технологии изготовления детали, так как они оказывают непосредственное влияние на производительность обработки и обеспечение требуемой точности и качества детали. Режим резания определяется совокупностью значений глубины резания t , подачи S и скорости резания V .

Для одноинструментальной схемы обработки в первую очередь устанавливается глубина резания, а затем подача и скорость резания.

При обработке поверхности на предварительно настроенном станке глубина резания определяется припуском на обработку данной поверхности по выполняемому технологическому переходу.

Подача устанавливается максимально допустимой с учетом условий обработки. При черновой обработке следует ориентироваться на обеспечение

съема максимально возможного слоя металла, ограничивающегося жесткостью и прочностью элементов технологической системы. При чистовой и отделочной обработке ограничивающим фактором является возможность обеспечения необходимой точности размеров и шероховатости поверхности. Определенная расчетом или выбранная по нормативам подача согласовывается с паспортными данными станка и устанавливается её ближайшее меньшее значение, имеющееся на станке.

Скорость резания зависит от назначенной стойкости режущего инструмента, глубины резания, подачи, вида обрабатываемого материала, материала инструмента и геометрических параметров его режущей части. Скорость резания рассчитывается по формулам, приведенным в [7, 8], или устанавливается по нормативным данным.

При расчете скорости резания следует ориентироваться на минимально допустимую стойкость режущего инструмента T_m (в минутах машинного времени). С учетом полученного значения скорости резания определяется расчетное значение частоты вращения шпинделя n и согласовывается с паспортными данными станка. При этом для станков со ступенчатой коробкой скоростей по паспорту выбирается ближайшее меньшее значение n (допускается превышение до 5 %).

При использовании расчетно-аналитического метода проводят проверку на прочность и жесткость режущего инструмента и заготовки, а также по прочности слабого звена механизма подачи.

Следующим этапом является определение эффективной мощности резания N_e , с целью установления возможности обеспечения приводом станка требуемой мощности на данном режиме резания. Для определения мощности резания рассчитываются силы или момент резания по соответствующим формулам теории резания. Далее определяется расчетная мощность $N_p = N_e / \eta$, где η - КПД привода станка ($\eta = 0,7...0,8$). Мощность N_p сравнивается с мощностью привода выбранного станка. Если привод станка не обеспечивает требуемую мощность, может потребоваться корректировка составляющих режима резания или выбор другой модели станка.

При определении режимов резания можно использовать источники [3, 25, 28, 31, 34, 37, 40, 43, 45, 47, 49, 54].

Аналитический расчет режимов резания следует проводить по формулам теории резания металлов с учетом кинематических и динамических данных станка, с учетом прочности и жесткости инструмента, заготовки, станка и приспособления.

Расчет нужно вести с учетом конкретных условий обработки, путем введения поправочных коэффициентов на скорость и усилие резания.

Исходными данными при назначении режимов резания являются: размеры детали, технические условия на ее изготовление, материал заготовки, мате-

риал режущей части инструмента, размеры инструмента, его стойкость и паспортные данные станка,

К основным элементам режима резания относятся: глубина резания, подача, скорость резания. Выбранные режимы резания должны обеспечить высокую производительность при наименьшей себестоимости, то есть быть оптимальными.

1. Выбор глубины резания. Глубина резания зависит в основном от величины припуска на обработку. При черновой обработке припуск обычно удаляют за один проход. При большой глубине резания рекомендуется применять инструмент, оснащенный пластинками твердого сплава. Если снимается неравномерный припуск или работа проводится с ударной нагрузкой, рекомендуется применять инструмент, изготовленный из быстрорежущей стали.

Рекомендуется применять положительные углы наклона главной режущей кромки при наличии ударной нагрузки или большом неравномерном припуске.

2. Выбор подачи. При грубой обработке подача назначается максимально возможная. При получистовой и чистовой обработке подача назначается в зависимости от заданной шероховатости поверхности.

Рекомендуется при расчете режимов резания величину подачи для черновой обработки выбирать из соответствующих нормативов, после чего подвергать её проверке:

- а) по прочности державки,
- б) по жесткости державки,
- в) по жесткости заготовки,
- г) по прочности твердосплавной пластинки,
- д) по прочности деталей механизма подачи станка,
- е) по прочности деталей механизма главного движения станка

В каждом отдельном случае следует анализировать конкретные условия работы и выбранную максимально допустимую подачу подвергать всем выше перечисленным проверкам или некоторым из них. Например, при растачивании отверстия в массивной корпусной детали выбранную подачу необходимо проверить на жесткость резца (если расточной резец будет иметь большой вылет и растачивается отверстие малого диаметра) на прочность державки резца, на прочность твердосплавной пластины, на прочность деталей механизмов подачи, но совершенно излишне в этом случае проверять подачу на жесткость заготовки, и, наоборот, при обработке вала большой длины выбранную из таблиц максимально-допустимую подачу необходимо проверять и по жесткости заготовки.

Проверку выбранной подачи можно проводить по следующей методике. Например, при токарной обработке.

а) проверка подачи по прочности державки резца. В этом случае прочность державки в опасном сечении может быть проверена путем сравнения действительной силой резания P_z и допускаемой нагрузкой $P_{\text{дп}}$. Прочность державки будет достаточная, если

$$P_z \leq P_{\text{дп}},$$

где P_z - усилие резания при выбранной подаче;

$P_{\text{дп}}$ - максимальная нагрузка, допускаемая прочностью державки резца в опасном сечении.

Последняя из условий равенства моментов может быть определена:

- для державки резца прямоугольного сечения

$$P_{\text{дп}} = \frac{BH^2[\sigma]}{6l}; \quad (4.33)$$

- для державки круглого сечения

$$P_{\text{дп}} = \frac{\pi d^3}{32l} [\sigma], \quad (4.34)$$

где B - ширина державки резца в опасном сечении в мм; H - высота державки резца в опасном сечении в мм; d - диаметр круглой державки в мм; $[\sigma]$ - допускаемое напряжение на изгиб материала державки, Н/мм².

Для незакаленной углеродистой конструкционной стали с

$\sigma_{\text{в}} = (600 \dots 700) \text{ Н/мм}^2$, $[\sigma] = 200 \text{ Н/мм}^2$. Для державок из углеродистой стали, но подвергнутых термической обработке по режиму для быстрорежущей стали, допустимое напряжение на изгиб примерно в 2 раза выше, l - вылет резца в мм. Усилие резания определяется по известной формуле:

$$P = C_p t^{x_p} S^{y_p} K_p, \quad (4.35)$$

где C_p - коэффициент, учитывающий вид материалов заготовки и режущего инструмента; t - глубина резания в мм; S - подача в мм/об; x_p , y_p - показатели степеней. Значения C_p , x_p и y_p выбирают из соответствующих справочников [44, 46], главным образом, в зависимости от механических свойств материалов заготовки и режущего инструмента.

t - глубина резания (определяется припуском на обработку), S - значение подачи, которое подвергается проверке, K_p - общий поправочный коэффициент на силы резания, учитывающий конкретные условия обработки

$$K_p = K_{\text{мр}} \cdot K_{\text{фр}} \cdot K_{\gamma} \cdot K_{\lambda} \cdot K_{\tau}. \quad (4.36)$$

Таким образом, сравнивая значение усилия резания P_z , определенное при выбранной подаче, с усилием, допускаемым прочностью державки резца в опасном сечении, мы устанавливаем, что если усилие резания $P_z \leq P_{дп}$ то, следовательно, выбранное значение подачи соответствует прочности державки резца.

а) если $P_z > P_{дп}$, то подача должна быть уменьшена, чтобы $P_z \leq P_{д.ж.р}$.

$$P_z \leq P_{д.ж.р}$$

где P_z - усилие резания при выбранной подаче; $P_{д.ж.р}$ - максимальная нагрузка допускаемая жесткостью резца.

Эта величина для резца, закрепленного в резцедержателе, может быть определена:

$$P_{д.ж.р} = 3fEJ/L^3, \quad (4.37)$$

где f - допускаемая стрела прогиба резца в мм (при предварительном точении $f = 0,1$ мм, при чистовом $f = 0,05$ мм; E - модуль упругости материала державки резца в кг/мм² (для углеродистой конструкционной стали $E = (2,0...2,2) \cdot 10^5$, Н / мм²;

J - момент инерции державки в опасном сечении, для прямоугольного сечения $J = \frac{bH^3}{12}$, а для круглого - $J = 0,05 d^4$,

где d - диаметр державки.

Таким образом, и в этом случае, сравнивая значение усилия резания P_z определенное при выбранной подаче, с усилием, допускаемым жесткостью державки резца, мы устанавливаем, что если $P_z \leq P_{д.ж.р}$, то следовательно, выбранное значение подачи соответствует прочности державки резца.

в) если возникает необходимость проверить выбранную подачу по жесткости заготовки, то проверка может быть проведена исходя из следующих соображений.

Под действием суммарной силы R заготовка изгибается, что приводит к возникновению деформаций заготовки в процессе ее обработки и к понижению жесткости.

При обработке длинных валов суммарная нагрузка, возникающая от действия тангенциальной и радиальной составляющих усилия резания, может вызывать деформации, которые приведут к изменению формы поверхности.

В зависимости от длины, диаметра и способа закрепления заготовки

обработанная поверхность может получиться бочкообразной, седлообразной и конусной формы. Поэтому выбранная подача не должна вызвать силы R больше той которую может допустить заготовка, то есть необходимо, чтобы

$$R \leq P_{д.ж.р},$$

где $P_{д.ж.р}$ нагрузка, допускаемая жесткостью заготовки;

$$R = \sqrt{P_z^2 + P_y^2} \quad (4.38)$$

Значение усилия резания P_z определяется по обычной формуле в зависимости от выбранной подачи, а радиальная составляющая может быть определена как часть P_z

$$P_y = (0,4 - 0,5) P_z.$$

Усилие, допускаемое жесткостью заготовки, может быть определено в зависимости от способа закрепления заготовки. Например, при работе на токарном станке заготовка может быть закреплена тремя способами:

а) закрепление заготовки в центрах. В этом случае максимально допустимая сила по жесткости заготовки определится:

$$P_{д.ж.р} = \frac{48 E J f}{L^3}; \quad (4.39)$$

б) закрепление заготовки в патроне и поджатие задним центром:

$$P_{д.ж.р} = 768 E J f / (7 L^3); \quad (4.40)$$

в) закрепление заготовки только в патроне

$$P_{д.ж.р} = \frac{3 E J f}{L^3}. \quad (4.41)$$

В приведенных формулах:

E - модуль упругости обрабатываемого материала;

J - момент инерции сплошного сечения заготовки;

f - допустимая стрела прогиба заготовки, мм;

L - расстояние между точками опоры заготовки.

Модуль упругости: для углеродистой стали (2,0 ... 2,2) 10^5 Н/мм²; для хромоникелевой стали – 2,2 · 10⁵ Н/мм²; для чугуна – (0,9 ... 1,0) 10⁵ Н/мм²; для бронзы – 0,9 · 10⁵ Н/мм²; для латуни - 0,8 · 10⁵ Н/мм²; для алюминия – 0,7 · 10⁵ Н/мм².

Допустимая стрела прогиба f : при предварительном точении

$f = 0,2 \dots 0,4$ мм; при точении под шлифование $f < 0,1$ мм; при точных работах $f \leq 0,2$ от величины допуска на размер обработанной поверхности.

Выбранная подача может быть проверена по прочности механизма подачи. Исходя из условия, что осевая сила P_x при данной подаче должна быть меньше или, в крайнем случае, равна наибольшему усилию, допускаемому прочностью механизма подачи станка $P_{xд}$. Таким образом, необходимо, чтобы $P_x \leq P_{xд}$, значение P_x приводится в паспорте станка.

Выборную подачу следует также проверить по прочности твердосплавной пластинки исходя из условия

$$P_z < P_{д.пр.пл}$$

где $P_{д.пр.пл}$ – нагрузка допускаемая прочностью твердосплавной пластинки. Значение $P_{д.пр.пл}$ приводится в нормативах по режимам резания.

При получистовой и чистовой обработке подача назначается с учетом заданной шероховатости обрабатываемой поверхности. Поддачи при получистовом и чистовом точении рекомендуется выбирать из соответствующих справочников по режимам резания в зависимости от заданной шероховатости поверхности.

Так как при получистовой и чистовой обработке обычными резцами силы резания незначительны, то выбранные поддачи в этом случае можно не проверять по прочности и жесткости державки резца, жесткости заготовки, прочности деталей механизма подачи и деталей механизма главного движения станка.

Выбранная из таблиц подача должна быть откорректирована по кинематическим данным станка (берется ближайшая меньшая).

3. Расчет экономически выгодной скорости резания. Расчет производится по различным эмпирическим формулам. Например, при точении наружной поверхности резцами

$$V_{расч.} = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} \cdot K_v \quad \text{м/мин,} \quad (4.42)$$

где C_v – коэффициент, зависящий от вида материала заготовки и режущего инструмента; T – стойкость режущего инструмента в минутах; t – глубина резания, мм; S – подача, мм/об; m, x, y – показатели степени; K_v – общий поправочный коэффициент, учитывающий конкретные условия обработки

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} \cdot K_{fv} \cdot K_r, \quad (4.43)$$

где – коэффициенты K_{mv} , K_{pv} , K_{iv} , K_{fv} , K_r соответственно учитывают механические свойства обрабатываемого материала, состояние поверхности заготовки, свойства инструментального материала, значение главного угла в плане, величину

радиуса при вершине инструмента. Значение этих коэффициентов приводится в справочной литературе [44,46].

4) частота вращения заготовки ($n_{\text{расч.}}$, мин⁻¹) подсчитывается по найденной скорости резания:

$$n_{\text{расч}} = \frac{1000 V_{\text{расч.}}}{\pi d} . \quad (4.44)$$

Полученное значение частоты вращения корректируется по станку (берется ближайшее меньшее или большее, если оно не превышает 5 %); таким образом, после корректировки по станку находится действительная частота вращения – n_d , на которой будет вестись обработка; по ней подсчитывается действительная скорость резания:

$$V_d = \frac{\pi d n_d}{1000} \quad (4.45)$$

5) окончательно выбранные глубина резания, подача и скорость резания проверяются затем по мощности привода главного движения станка. Для этого подсчитывают усилие резания P_z (если оно не подсчитано ранее), а затем мощность, затрачиваемую на резание

$$N_p = \frac{P_z V_d}{60 \cdot 1020} . \quad (4.46)$$

Необходимая мощность двигателя привода главного движения станка определяется с учетом коэффициента полезного действия (КПД) станка

$$N_{\text{дв.}} = \frac{N_p}{\eta} . \quad (4.47)$$

Эта мощность должна быть меньше или, в крайнем случае, равна действительной мощности электродвигателя станка .

При использовании многоинструментальных наладок методика установления режимов резания будет определяться схемой многоинструментальной обработки. При обработке заготовки комплектом инструментов, установленных в одном блоке, глубина резания и подача устанавливаются для каждого инструмента по методике для одноинструментальной схемы обработки. Для всего блока назначается минимально возможная подача, соответствующая лимитирующему инструменту. Далее выбирается лимитирующий по скорости резания инструмент и для него рассчитывается условная стойкость $T_v = T_p X$, где X - коэффициент длины резания, определяемый как отношение длин перемещений лимитирующего инструмента и инструментального бло-

ка. Для лимитирующего инструмента выбирается по таблицам минимально возможная стойкость T_p в минутах резания. С учетом стойкости T_v определяется соответствующая скорость резания.

При выполнении курсового проекта в данном разделе для двух переходов (обычно черновых) режимы резания определяют расчетно-аналитическим методом, а для остальных переходов используют табличный метод.

При назначении режимов резания табличным методом находят из нормативов табличные значения подачи и скорости резания, определяют расчетное значение скорости резания с учетом конкретных условий обработки через поправочные коэффициенты.

При проведении расчета указывается номер операции и записывается содержание перехода, а также указывается марка инструментального материала и модель станка, на котором выполняется операция.

Результаты расчетов и выбора режимов резания сводятся в таблицу, форма которой представлена в табл. 4.75.

Таблица 4.75

Сводные данные по режимам резания

№ операции	Переход	t, мм	S, мм/об (мм/зуб)	S_M , мм/мин	V, м/мин	n, мин ⁻¹
1	2	3	4	5	6	7
.....

4.2.9. Корректировка режимов резания

Корректировка режимов резания преследует 2 цели:

- 1) обеспечение заданной точности обработки,
- 2) снижение вспомогательного времени, затрачиваемого на операции на переключения механизмов станка на другие режимы обработки при выполнении различных переходов.

Расчёт ожидаемой точности обработки обычно проводят только в наиболее ответственных случаях, а в других случаях ограничиваются проверкой режимов резания по таблицам достижимой точности для различных методов обработки.

Ожидаемую точность обработки рассчитывают по принятой схеме базирования и закрепления заготовки и силам резания, определённым при расчёте режимов резания.

Если принятая схема базирования и закрепления заготовки и принятые режимы резания не обеспечивают заданную точность обработки, то изменяется схема базирования и закрепления заготовки или снижаются режимы резания.

При корректировке режимов резания с целью снижения вспомогательного времени, затрачиваемого на переключения механизмов станка на другие режимы обработки, определённые расчётом подачи и частоты вращения (ходов) сводят к минимуму, сгруппировав их в группы с неизменными в пределах группы подачами или частотами вращения (ходов). В результате такой корректировки для некоторых переходов выбранные ранее режимы резания снижают, но получают экономию по вспомогательному времени, затрачиваемому на операции для переключения механизмов станка на другие режимы обработки.

Режимы резания корректируют **только в сторону их снижения.**

Принятые после корректировки режимы резания являются окончательными. По ним затем определяют нормы времени на выполнение переходов и операций.

Пример 1. Определения режимов резания расчетно-аналитическим методом.

Назначить режим резания для чернового обтачивания поверхности $\varnothing 42$ мм, материал заготовки сталь 45, поверхность – без корки, обработка выполняется на токарном станке с ЧПУ мод. 16К20Ф3.

1. Выбираем режущий инструмент: резец проходной прямой с пластижкой из твердого сплава Т15К6 - 2100-0060 ГОСТ 1887-73.

Конструктивные и геометрические параметры резца: $B \times H = 16 \times 25$, $l=20$, $L=140$, $P = 1,5$, $\varphi = 45^\circ$, $\alpha = 10^\circ$, $\varphi_1 = 10^\circ$, $\gamma = 12^\circ$, $r = 2$ мм.

2. Определяем глубину резания $t = \frac{2Z}{2} = \frac{5,4}{2} = 2,7$ мм,

где $2Z_{\max}$ – максимальный припуск на черновое точение (определен при расчете припусков).

3. Выбираем подачу: $S=0,51$ мм/об.

4. Определяем скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T_m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2,7^{0,16} \cdot 0,51^{0,88}} \cdot 1,25 = 210,4 \text{ м/мин}$$

где $C_v = 350$ – коэффициент, зависящий от материала инструмента и заготовки;

$T=60$ – стойкость режущего инструмента; $t=2,7$ – глубина резания;

$S=0,51$ – подача, мм/об; K_v - общий поправочный коэффициент:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_{rv} = 1,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,25.$$

K_{mv} , K_{pv} , K_{iv} , $K_{\varphi v}$, K_{rv} , - коэффициенты учитывающие соответственно: свойства материала, состояние поверхности заготовки, свойства материала инструмента, влияние угла φ и зависимость от радиуса r при вершине. Значения $C_v, m, x, y, K_{mv}, K_{pv}, K_{iv}, K_{\varphi v}, K_{rv}$, приведены в [45, с. 263].

Рассчитываем частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 210,4}{3,14 \cdot 42} = 1595 \text{ мин}^{-1}$$

Корректируем по паспорту станка: $n_0 = 1600 \text{ мин}^{-1}$

Подсчитываем действительную скорость резания:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 42 \cdot 1600}{1000} = 211 \text{ м/мин}$$

Проверяем выбранную подачу по прочности державки резца ($P_z < P_z^f$).

Подсчитываем тангенциальную составляющую силы P_z по формуле

$$P_z = 10 \cdot C_{Pz} \cdot t^{X_{Pz}} \cdot S^{Y_{Pz}} \cdot V^n \cdot K_{Pz} = 10 \cdot 300 \cdot 2,7^1 \cdot 0,51^{0,75} \cdot 211^{-0,15} \cdot 0,87 = 1906 \text{ Н}$$

где $C_{Pz} = 300$; $X_{Pz} = 1$; $Y_{Pz} = 0,75$; $n = -0,15$;

$$K_{Pz} = K_{MPz} \cdot K_{\varphi Pz} \cdot K_{VPz} \cdot K_{APz} \cdot K_{RPz} = 0,87$$

где K_{MPz} , $K_{\varphi Pz}$, K_{VPz} , K_{APz} , K_{RPz} – табличные коэффициенты.

Подсчитываем допустимую максимальную нагрузку по прочности державки резца в опасном сечении:

$$P_z^f = \frac{B \times H^2 \cdot [\sigma]}{2 \cdot l} = \frac{16 \cdot 25^2 \cdot 200}{2 \cdot 40} = 25000 \text{ Н}$$

$P_z < P_z^f$ - прочность державки резца обеспечивает выбранный режим резания.

Проверяем выбранную подачу по жесткости державки резца $P_z < P_{z ж}$.

Подсчитываем максимальную допустимую нагрузку:

$$P_{\text{зж}} = \frac{3 \cdot f \cdot EI}{l^3} = \frac{3 \cdot 0,1 \cdot 22000 \cdot 20833}{40^3} = 2148 \text{ Н}$$

f – допустимая стрела прогиба, для чернового точения = 0,1;

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{16 \cdot 25^3}{12} = 20833 \text{ мм}^4$$

$P_z < P_{\text{зж}}$ - необходимая жесткость резца обеспечивается.

Проверяем выбранную подачу по прочности твердосплавной пластинки из условия $P_z < P_z''$

Подсчитываем силу, допускаемую прочностью пластинки:

$$P_z'' = 34 \cdot t^{0,77} \cdot C^{1,35} \cdot \left(\frac{\sin 60^\circ}{\sin \varphi} \right)^{0,8} \cdot 10 = 34 \cdot 2,7^{0,77} \cdot 5^{1,35} \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right)^{0,8} \cdot 10 = 5718 \text{ Н}$$

$P_z < P_z''$ - условие выполняется.

Проверяем выбранные режимы резания по мощности электродвигателя.

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V_{\text{действ}}}{60 \cdot 1020} = \frac{1906 \cdot 211}{60 \cdot 1020} = 6,57 \text{ кВт}$$

Потребная мощность привода станка:

$$N_{\text{эл.п}} = N_{\text{шп}} / \eta = 6,57 / 0,8 = 8,02 \text{ кВт.}$$

Мощность привода главного движения станка 16К20Ф3 – 10 кВт.

Коэффициент использования мощности станка:

$$K = N_{\text{эл.п}} / N_{\text{ст}} = 8,02 / 10 = 0,8.$$

Расчет действительной стойкости инструмента:

$$T_{\text{д}} = T_1 \cdot \left(\frac{V}{V_{\text{д}}} \right)^{\frac{1}{m}} = 60 \cdot \left(\frac{210,4}{211} \right)^{\frac{1}{0,2}} = 59 \text{ мин}$$

Пример 2. Сверление отверстия $\varnothing 20$ мм

Обработка выполняется на вертикально-сверлильном станке 2Р135.
Материал заготовки – сталь 40.

Выбираем режущий инструмент: сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком короткой серии из быстрорежущей стали Р6М5 по ГОСТ 4010

$$D = 20 \text{ мм}, L = 131 \text{ мм}, l = 66 \text{ мм}$$

Геометрические параметры: форма заточки – двойная с подточкой поперечной кромки и ленточки ДПЛ; $2\varphi = 118^\circ$; $2\varphi_0 = 70^\circ$; $\psi = 55^\circ$; $\omega = 30^\circ$.

$$\text{Глубина резания } t = 0,5d = 0,5 \cdot 20 = 10 \text{ мм},$$

Выбираем подачу [45]: $S = 0,48 \text{ мм/об}$. Стойкость инструмента: $T = 50$ мин.

Определяем скорость резания

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{9,8 \cdot 20^{0,5}}{45^{0,12} \cdot 0,48^{0,5}} \cdot 0,86 = 34,5 \text{ м/мин}$$

$$\text{где } K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv} = 1,08 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 0,86$$

где K_{mv} - коэффициент на обрабатываемый материал;

K_{iv} - коэффициент на инструментальный материал;

K_{lv} - коэффициент, учитывающий глубину сверления;

Коэффициент K_{mv} рассчитывается следующим образом:

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_b} \right)^{0,9} = \left(\frac{750}{690} \right)^{0,9} = 1,08$$

где σ_b – предел прочности материала заготовки.

Частота вращения шпинделя станка:

$$n_{шп} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 34,5}{3,14 \cdot 20} = 549 \text{ мин}^{-1}$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспорту станка и принимаем $n_d = 500 \text{ мин}^{-1}$.

Действительная скорость резания:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 500}{1000} = 31,4 \text{ м/мин}$$

Определяем крутящий момент и осевую силу:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^a \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 20^2 \cdot 0,48^{0,8} \cdot 1,06 = 81,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^a \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 20^1 \cdot 0,48^{0,7} \cdot 1,06 = 8624 \text{ Н}$$

где $K_{кр} = (\sigma_B / 750)^{0,75} = (640 / 750)^{0,75} = 0,88$ – коэффициент, зависящий от материала заготовки

Проверка сверла на прочность по крутящему моменту:

$$M_{кр}^{max} = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \cdot \tau = \frac{3,14 \cdot 20^3}{16} \cdot 246 = 386 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$M_{кр} < M_{кр}^{max}$ - удовлетворяет условию прочности.

Мощность резания:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{81,3 \cdot 500}{9750} = 4,17 \text{ кВт}$$

Потребная мощность на резание:

$$N_{п} = \frac{N}{\eta} = \frac{4,17}{0,98} = 4,26 \text{ кВт}$$

Коэффициент использования мощности станка

$$K = \frac{N_{п}}{N_{ст}} = \frac{4,26}{7,5} = 0,57$$

Расчет действительной стойкости инструмента:

$$T_d = T_1 \cdot \left(\frac{V}{V_d} \right)^{\frac{1}{m}} = 50 \cdot \left(\frac{34,5}{31,4} \right)^{\frac{1}{0,12}} = 109 \text{ мин}$$

Пример 3. Определить табличным методом режим резания для фрезерования торцевой фрезой

Операция – вертикально-фрезерная,

Исходные данные:

Деталь – корпус редуктора, материал – серый чугун СЧ 20, HB 2100...2400 Н/мм², точность обработки поверхности – IT11, шероховатость поверхности Ra 12,5 мкм. Заготовка – отливка 9-0-0-7 ГОСТ 26645-85, масса –

12,0 кг, состояние поверхности – без корки, припуск на обработку $Z = 1,5$ мм.

Станок вертикально-фрезерной модели 6Р13Ф3. Размер обрабатываемой поверхности $L \times B = 400 \times 150$ мм.

Система станок - приспособление - инструмент - деталь (СПИД) - жесткая.

Необходимо выбрать режущий инструмент, назначить элементы режима резания.

Выбор режущего инструмента

Принимаем торцовую фрезу со вставными призматическими зубьями, оснащенными пластинками твердого сплава ВК6, см. [1] (фрезерование, карта I, с. 40). При выборе марки твердого сплава для режущего инструмента можно пользоваться табл. 12, Диаметр фрезы

$$D_{\phi} = 1,6 B = 1,6 \cdot 150 = 240 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартную фрезу диаметром $D = 250$ мм, с числом зубьев $z = 14$. Значение геометрических параметров фрезы:

$$\varphi = 60^{\circ}; \quad \varphi_0 = 30^{\circ}; \quad \varphi_1 = 5^{\circ}; \quad \alpha = 15^{\circ}; \quad \gamma = -5^{\circ}; \quad \lambda = 12$$

Назначение режима резания

1. Устанавливаем глубину резания. Припуск снимаем за один проход $t = Z = 1,5$ мм.

2. Назначаем подачу на зуб фрезы. Для достижения шероховатости поверхности $R_z 12,5$ мкм рекомендуется подача $S_z = 0,48$ мм/зуб, [37, карта 57, поз. 7]

Поправочные коэффициенты на подачу выбираем по карте 60 [37] в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала $K = 0,80$;
- материала режущей части фрезы $K = 0,75$;
- главного угла в плане $K = 0,85$;
- группы обрабатываемости материала $K = 1,00$.

С учетом поправочных коэффициентов величина подачи

$$S_{z \text{ расч.}} = S_{z \text{ табл.}} \cdot K_{SM} \cdot K_{Si} \cdot K_{S\varphi} \cdot K_{So} = 0,48 \cdot 0,80 \cdot 0,75 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 0,25 \text{ мм/зуб}$$

3. Назначаем период стойкости фрезы ([37] табл. 9, с. 38) для $D = 250$ мм, $T = 240$ мин.

Величина допустимого износ азадней поверхности зубьев фрезы $h_3 = 1$ мм [37, табл. 2, с. 21].

4. Определяем скорость резания

Табличное значение скорости резания выбирают по карте 65 [37]

Для полустойчивой обработки $V_{\text{табл.}} = 128$ м / мин (поз. 23)

Выбранную скорость корректируем с учетом поправочных коэффициентов в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала $K_{V_M} = 0,75$;
- материала режущей части фрезы $K_{V_{\text{и}}} = 1,15$;
- состояния поверхности $K_{V_{\text{п}}} = 1,00$;
- главного угла в плане $K_{V_{\text{ф}}} = 0,95$;
- периода стойкости фрезы $K_{V_{\text{т}}} = 1,00$;
- группы обрабатываемости материала $K_{V_O} = 1,00$.

$$V_{\text{расч.}} = V_{\text{табл.}} \cdot K_{V_M} \cdot K_{V_{\text{и}}} \cdot K_{V_{\text{п}}} \cdot K_{V_{\text{ф}}} \cdot K_{V_{\text{т}}} \cdot K_{V_O} = 128 \cdot 0,75 \cdot 1,15 \cdot 1,00 \times \\ \times 0,95 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 104,9 \text{ м/мин}$$

5. Частоту вращения определяем по формуле (4.40)

$$n_{\text{расч}} = \frac{1000 V_{\text{расч.}}}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 104,9}{3,14 \cdot 250} = 134 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка принимаем ближайшее значение

$$n_{\text{факт.}} = 140 \text{ мин}^{-1}$$

с учетом изменения расчетного значения скорости резания определяем фактическую величину

$$V_{\text{факт.}} = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 140}{1000} = 105,5 \text{ м/мин.}$$

Определяем скорость движения подачи (минутная подача) по формуле

$$S_M = S_z \cdot z \cdot n = 0,25 \cdot 14 \cdot 140 = 640 \text{ мм/мин.}$$

Скорость движения подачи используемого станка изменяется плавно, поэтому корректировку для нее не проводим.

По карте 65 поз.23 [37] находим, что необходимая мощность резания составляет $N_p = 4,2$ кВт. Мощность привода главного движения станка $N_{\text{дв}} = 7,5$ кВт, что обеспечивает выбранный режим резания.

4.2.10. Нормирование технологических операций

Разработка технологического процесса обычно завершается установлением технических норм времени на каждую операцию. Под технически обоснованной нормой времени понимается время, необходимое для выполнения заданного объема работы при определенных организационно-технических условиях и наиболее эффективном использовании всех средств производства.

В условиях массового производства определяется норма штучного времени, мин:

$$T_{ш} = T_o + T_v + T_{обсл} + T_{л.п.}, \quad (4.48)$$

где T_o – основное время обработки; T_v – вспомогательное время; $T_{обсл}$ – время обслуживания рабочего места; $T_{л.п.}$ – время на личные потребности.

В условиях серийного производства определяется норма штучно-калькуляционного времени, мин.:

$$T_{ш.к} = T_{шт} + (T_{пз} / n), \quad (4.49)$$

где $T_{пз}$ – подготовительно-заключительное время на партию деталей; n – величина партии запуска деталей.

Норма подготовительно-заключительного времени $T_{пз}$ зависит от оборудования, на котором выполняется операция, характера операции, степени сложности наладки и не зависит от размера партии заготовок. Как самостоятельная часть нормы времени величина $T_{пз}$ определяется в единичном и мелкосерийном производствах и для машинных операций в среднесерийном производстве.

Подготовительно-заключительное время расходуется на ознакомление с работой, получение технологической оснастки перед началом работы и сдачу ее после окончания, наладку оборудования.

Норма подготовительно-заключительного времени $T_{пз}$ определяется по нормативам.

Для расчета основного технологического времени можно использовать формулу, общую для всех видов обработки (формула может изменяться в зависимости от вида обработки):

$$T_o = (L + l_{сп} + l_n) \cdot i / (n \cdot S_o), \quad (4.50)$$

где L – длина обрабатываемой поверхности, мм; $l_{сп}$ – длина врезания инструмента, мм; l_n – длина перебега инструмента, мм; i – число проходов; n – частота вращения; S_o – подача, мм/об.

Для отдельных методов обработки поверхностей деталей машин формулы по определению основного времени представлены в табл. 4.76.

Таблица 4.76

Формулы для определения основного времени и длины врезания

Метод обработки	Формула
1	2
Сверление	$l_{сп} = 0,5d \operatorname{ctg} \varphi + (1 \dots 3)$

1	2
Развертывание	$l_{вр} = 0,5d \operatorname{ctg} \varphi + (1...3)$
Фрезерование торцовое	$l_{вр} = 0,5(D - \sqrt{D^2 - B^2}) + t \operatorname{ctg} \varphi$
Фрезерование цилиндрическое	$l_{вр} = \sqrt{Z(D - t)}$
Фрезерование контурное концевой фрезой	$l_{вр} = 2(l_{р1} + l_{р2}) + l_{вр} + l_n + 4d$
Строгание	$t_o = \frac{(L_p + l_{врL} + l_{пL})(B + b_{врB} + b_{врB})}{n_{дв.х} S}$
Долбление	$t_o = \frac{B}{n_{дв.х} S} * L * a$ В – глубина канавки, мм
Протягивание	$t_o = \frac{L_{р.х}}{1000 V_{р.х}} + \frac{L_{р.х}}{1000 V_{х.х}}$
Шлифование наружных поверхностей вращения с продольной подачей	$t_o = \frac{2(L_z + l_{вр.л} + l_{п.п} + H)(Z_o + i_z S_{поп})}{S_{поп} S_{прод}}$
Шлифование наружных поверхностей вращения с поперечной подачей	$t_o = \frac{L_{уск}}{S_{уск}} + \sum \frac{L_{р.х}}{S_{поп}} + t_{вых}$
Хонингование	$t_o = \frac{Z}{S_{п}} n_{чис.дв.х}$
Полирование	$t_o = 10^{-2} \frac{F}{H} K_1 K_2 K_3$ $F = B L$ $F = \pi d L$
Зубофрезерование дисковыми фрезами	$t_o = (l_{вр} + L_z + l_{п}) \left(\frac{1}{S_{р.х}} + \frac{1}{S_{х.х}} \right) \frac{Z_k i}{n} + \frac{T_{пов} Z i}{n}$
Зубофрезерование цилиндрических колес червячными фрезами	$t_o = \frac{L_{р.х} Z_k}{n_{\phi} S_{\phi} K N}$
Зубодолбление диском-вым долбяком	$t_o = \frac{h_k}{S_p n_{дв.х}} + \sum \frac{\pi m_t Z_k}{S_{кр} n_{дв.х}}$
Шлифование зубьев колес методами копирования и обкатки	$t_o = Z_k (n_{пр} + n_{ок}) \left(\frac{2L_{р.х}}{n S} \right) + 1$
Шевингование	$t_o = \frac{L Z_k K}{S_o Z_{ш} n_{ш}}$

Норма вспомогательного времени на операцию T_e для машинных операций определяется по нормативам. В массовом производстве T_e нормируется по отдельным приёмам, в крупносерийном и среднесерийном производствах – по комплексам приёмов для отдельных переходов или обрабатываемых поверхностей, а в единичном и мелкосерийном производствах – по переходам и операциям для типовых поверхностей и деталей.

При нормировании T_e учитывают возможность выполнения некоторых вспомогательных приёмов во время автоматической работы оборудования, то есть частичное перекрытие вспомогательного времени основным временем. Нормируется только та часть вспомогательного времени, которая не перекрывается основным временем.

Норма вспомогательного времени на операцию T_e учитывает затраты времени на установку и снятие детали $T_{уст}$, выполнение приёмов, связанных с выполнением переходов $T_{пер}$ (подвод режущего инструмента к обрабатываемой заготовке, включение и выключение подачи, изменение частоты вращения шпинделя станка и подачи, пробные проходы и промеры и др.), а также контрольные измерения обработанных поверхностей после окончания обработки $T_{изм}$.

В крупносерийном и среднесерийном производствах норма вспомогательного времени на операцию T_e определяется по формуле

$$T_e = T_{уст} + T_{пер} + T_{изм}. \quad (4.51)$$

Норма времени обслуживания рабочего места $T_{обсл}$ учитывает затраты времени на смену затупившегося режущего инструмента, подналадку станка, подготовку рабочего места к работе в начале смены, чистку и смазку станка в течение смены и уборку рабочего места в конце смены. $T_{обсл}$ определяется в процентах от $T_{он}$ по нормативам. Для станочных работ $T_{обсл}$ равна от 1,6 до 10,5 % от $T_{он}$.

Норма времени на личные потребности на операцию $T_{л.п.}$ определяется в процентах от $T_{он}$ по нормативам. Причём, время на физические потребности для всех видов работ равно 2 % от $T_{он}$, а время на отдых – от 2 до 12 % от $T_{он}$ в зависимости от вида выполняемых работ, применяемого оборудования и наличия факторов, влияющих на утомляемость рабочих.

В структуру вспомогательного времени T_v входит время на установку и снятие детали со станка $T_{вс}$, время на приемы управления станком $T_{уп}$ и время на выполнение операционного контроля детали $T_{кон}$. Данные составляющие определяются по соответствующим нормативам [3].

Время на техническое обслуживание $T_{тех}$ и организационное обслуживание рабочего места $T_{орг}$, а также время на отдых $T_{от}$ определяются по нормативам в процентах от оперативного времени ($T_{оп} = T_o + T_v$).

Подготовительно-заключительное время на партию деталей $T_{пз}$ определяется по нормативам серийного производства [4].

Особенности нормирования операций, выполняемых на станках с ЧПУ

Основное и штучное время обработки детали на станках с ЧПУ определяют по тем же формулам, что и для станков без ЧПУ.

Основное отличие заключается в определении вспомогательного и подготовительно-заключительного времени. Вспомогательное время рассчитывают по следующей формуле:

$$T_{\text{в}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{м.в}}, \quad (4.52)$$

где $T_{\text{уст}}$ – время на установку и снятие заготовки; $T_{\text{м.в}}$ – время, связанное с выполнением вспомогательных ходов и перемещений при обработке поверхности, мин.

Время работы станка по программе управления (время цикла обработки) $T_{\text{п.у}}$ равно неполному оперативному времени работы станка:

$$T_{\text{п.у}} = T_{\text{o}} + T_{\text{м.в}} = T_{\text{оп.н}}. \quad (4.53)$$

Элементы штучного времени определяются так же, как и для случаев обработки на станках с ручным управлением. Если одновременно на станке обрабатывают q заготовок, то штучное время

$$T_{\text{шт}} = \Sigma T_i / q.$$

Машинно-вспомогательное время $T_{\text{м.в}}$ включает комплекс приемов, связанных с позиционированием, ускоренным перемещением рабочих органов станка, подводом инструмента вдоль оси в зону обработки и последующим отводом, автоматической сменой режущего инструмента путем поворота револьверной головки (резцедержателя) или из инструментального магазина. Эти элементы времени зависят от скоростей перемещений рабочих органов станка и длины перемещений. В нормативах принята длина 5 и 300 мм соответственно для установочного и ускоренного перемещений. Если длины или скорости перемещения отличаются от принятых, перемещения необходимо пересчитать, умножив их на коэффициенты

$$K = L_{\text{ф}} / L_{\text{н}}; \quad K = V_{\text{н}} / V_{\text{ф}},$$

где $L_{\text{ф}}$ и $L_{\text{н}}$ – длина перемещения фактическая и по нормативам, мм; $V_{\text{ф}}$ и $V_{\text{н}}$ – скорость перемещения фактическая и по нормативам; по нормативам принята скорость установочного перемещения (позиционирования) 50 мм/мин.

При составлении управляющей программы (УП) следует учитывать возможность совмещения приемов и назначать такую последовательность выполнения переходов обработки, чтобы $T_{\text{м.в}}$ было минимальным. Так, при обработке на станках с крестовым столом и поворотной револьверной головкой следует полностью с одного позиционирования обрабатывать (например, центровать, сверлить) одно, а затем другое и т. д. отверстия, так как время на смену инструмента значительно меньше времени на позициониро-

вание ($t_{\text{поз}} > t_{\text{см ин}}$). Для сверлильно-фрезерно-расточных станков с магазинами $t_{\text{см ин}} > t_{\text{поз}}$, поэтому целесообразно проводить обработку всех отверстий сначала одним, а затем другим инструментом.

Так как способы установки и закрепления заготовок при обработке на станках с ЧПУ принципиально не отличаются от способов, применяемых на станках с ручным управлением, то $t_{\text{бу}}$ определяют по имеющимся нормативам для станков с ручным управлением. На станках со сменными паллетами-спутниками учитывается только время, затрачиваемое на смену паллеты и перемещение стола в рабочую позицию.

Подготовительно-заключительное время $T_{\text{п.з}}$ при обработке на станках с ЧПУ состоит из затрат времени (приемов) $T_{\text{п.з.1}}$, из затрат $T_{\text{п.з.2}}$, учитывающих дополнительные работы, и времени $T_{\text{п.з.3}}$ на пробную обработку детали:

$$T_{\text{п.з}} = T_{\text{п.з.1}} + T_{\text{п.з.2}} + T_{\text{п.з.3}} \quad (4.50)$$

В затраты $T_{\text{п.з.1}}$ включено время на получение наряда, чертежа, технологической документации на рабочем месте в начале работы и на сдачу в конце смены. На ознакомление с документами и осмотр заготовки затрачивается 4 мин; на инструктаж мастера – 2 мин; на установку рабочих органов станка или зажимного приспособления по двум координатам в нулевое положение – 4 мин; на установку перфоленты – 2 мин; итого на комплекс приемов – 12 мин. В соответствии с руководящим материалом Оргстанкинпрома принята единая норма ($T_{\text{п.з.1}} = 12$ мин) для всех станков с ЧПУ.

Время на пробную обработку одной детали учитывают в тех случаях, когда на станках не производится коррекция инструмента. Для станков типа «обрабатывающий центр» и других, на которых после обработки первой детали проводят коррекцию инструмента на заданные размеры, это время включено в нормативы на техническое обслуживание станков.

Нормативы времени на работы, выполняемые на станках с ЧПУ (принятые в станкостроительной промышленности), приведены в [12-19].

В нормативы времени на наладку станка не входит время на настройку и сборку блоков и оправок с инструментом, сборку универсально-сборных приспособлений для установки и крепления заготовок при обработке, на разработку программы управления и другие работы. Затраты на эти операции учитывают отдельно, так как их выполняют вне станка.

При работе на токарном станке с ОСУ в $T_{\text{п.з}}$ входят дополнительные элементы по вводу программы с пульта около 25 мин, привязке инструмента к системе около 20 мин, (может быть предусмотрена наладка инструмента вне станка). Во всех случаях предусматривают проверку УП в покадровом режиме — 10 мин. Так как при разовом заказе учитывается полное время отладки программы (включая составление и редактирование УП - около 45 мин), то общее время может быть весьма большим.

Среднестатистические данные по распределению затрат времени (в %) для отдельно расположенных станков с ЧПУ (в скобках для автоматизированного участка из станков с ЧПУ) таковы: время работы станка по программе управления $T_{п.у}$ - 40 (62); вспомогательное время, связанное с установкой, снятием и контролем детали,—8,5 (10); время на обслуживание рабочего места и личные потребности — 14,5 (5); подготовительно-заключительное время—17 (8); планируемые потери - 20 (15). Так как $T_{пу}$ может быть установлено измерением длительности работы станка от УП (без обработки детали), то по приведенным данным можно укрупненно оценить $T_{ш}$ или $T_{ш.к}$. Например, для автоматизированного участка из станков с ЧПУ $T_{ш.к} = 1,37 T_{п.у}$.

В состав работ по организационному обслуживанию рабочего места включены: осмотр, нагрев системы ЧПУ и гидросистемы, опробование оборудования, получение инструмента от мастера (наладчика) в течение смены, смазывание и очистка станка в течение смены, предъявление контролеру ОТК пробной детали, уборка станка и рабочего места по окончании работы.

К техническому обслуживанию рабочего места относятся: смена затупившегося инструмента, коррекция инструмента на заданные размеры, регулирование и подналадка станка в течение смены, удаление стружки из зоны резания в процессе работы.

Пример1. Определение нормы времени на операцию

Определить норму времени на выполнение токарно-винторезной операции. Станок токарно-винторезный мод. 16К20. Приспособление – патрон трехкулачковый с пневматическим приводом. Режущие инструменты: резец проходной-подрезной, резец расточной, развертка 40Н7.

Деталь – фланец, масса заготовки – 6,7 кг.

Для нормирования используем общемашиностроительные нормативы [40]. Определяемые элементы нормы времени (мин) заносим в табл. 4.77.

Таблица 4.77

Карта нормирования операции

№ перехода	Наименование переходов и приемов	$T_{п.з}$	T_o	T_b	№ карты
1	Подготовительно-заключительное время (карта 19):				K18
	- получение наряда, изучение документации, инструктаж мастера;	6			
	-получение и сдача инструмента	8			
	- наладка станка	8			
	Установить и снять заготовку			0,25	
	Подрезать торец начерно				

	<p>основное время $T_{o1} = (L + l_{вр} + l_{п}) / (S \cdot n) =$ $= (75 + 5) / (0,8 \cdot 250) = 0,4$</p> <p>Вспомогательное время, связанное с переходом</p> <p>Время на приемы, не вошедшие в комплекс:</p> <ul style="list-style-type: none"> -изменить частоту вращения - изменить подачу - сменить инструмент поворотом резцедержателя 		0,4			
2	<p>Подрезать торец начисто</p> <p>Основное время $T_{o2} =$ $(75 + 5) / (0,25 \cdot 400)$</p> <p>Время на приемы, не вошедшие в комплекс:</p> <ul style="list-style-type: none"> -изменить частоту вращения -изменить подачу S, мм/об 		0,8			
3	<p>Точить поверхность $\varnothing 172$ начерно</p> <p>Основное время $T_{o3} = (33 + 5) / (1,0 \cdot 200)$</p> <p>Вспомогательное время, связанное с переходом</p> <p>Время на приемы, не вошедшие в комплекс:</p> <ul style="list-style-type: none"> -изменить частоту вращения -изменить подачу S, мм/об 		0,19			
4	<p>Точить поверхность $\varnothing 172$ начисто</p> <p>Основное время $T_{o4} =$ $(33 + 5) / (0,25 \cdot 400)$</p> <p>Вспомогательное время, связанное с переходом</p> <p>Время на приемы, не вошедшие в комплекс:</p> <ul style="list-style-type: none"> -изменить частоту вращения -изменить подачу S, мм/об 		0,38			
5	<p>Расточить отверстие $\varnothing 40$ предварительно</p> <p>Основное время $T_{o5} =$ $(73 + 5) / (0,35 \cdot 680)$</p> <p>Вспомогательное время, связанное с переходом</p> <p>Время на приемы, не вошедшие в комплекс:</p>		0,33			
					0,35	K18
					0,08	K18
					0,07	K18
					0,07	K18
					0,60	K18
					0,08	K18
					0,07	K18
					0,21	K18
					0,08	K18
					0,07	K18
					0,45	K18
					0,08	K18
					0,07	K18
					0,19	K18
					0,08	K18
					0,07	K18

6	-изменить частоту вращения -изменить подачу S, мм/об - сменить инструмент		0,39		
	Расточить отверстие $\varnothing 40$ начисто Основное время $T_{o6}=(73+5)/(0,25 \cdot 800)$ Вспомогательное время, связанное с переходом Время на приемы, не вошедшие в комплекс:			0,70	K18
7	-изменить частоту вращения -изменить подачу S, мм/об		0,49		
	Развернуть отверстие $\varnothing 40H7$ Основное время $T_{o7}=(73+6)/(1,6 \cdot 125)$ Вспомогательное время, связанное с переходом Время на приемы, не вошедшие в комплекс:			0,14	K18
	- подвести заднюю бабку			0,20	K18
	-изменить частоту вращения -изменить подачу S, мм/об			0,08 0,07	K18 K18

Основное время, указанное в табл.4.77, определено для каждого перехода с учетом размеров обрабатываемых поверхностей, длины врезания и перебега, а также режимов резания.

Определяем вспомогательное время на контрольные измерения детали после обработки [40, карта 86].

При измерении поверхности $\varnothing 172h11$ штангенциркулем $T_{в\text{ изм}} = 0,16$ мин.

При измерении поверхности $\varnothing 40H7$ калибром-пробкой $T_{в\text{ изм}} = 0,16$ мин.

Периодичность контроля [40, карта 87]: $\varnothing 40H7 - 40\%$, $\varnothing 172h11 - 90\%$

С учетом периодичности контроля получаем:

$$T_{в\text{ изм }1} = 0,16 \cdot 0,4 = 0,07 \text{ мин}; \quad T_{в\text{ изм }2} = 0,16 \cdot 0,9 = 0,15 \text{ мин.}$$

Определяем суммарное основное и суммарное вспомогательное время:

$$T_o = T_{o1} + T_{o2} + T_{o3} + T_{o4} + T_{o5} + T_{o6} + T_{o7} = 2,98 \text{ мин};$$

$$T_v = T_{уст} + \sum T_{пер} + \sum T_{изм} = 0,25 + 4,03 + 0,22 = 4,50 \text{ мин.}$$

$$T_{оп} = T_o + T_v = 2,98 + 4,50 = 7,48 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание, отдых и личные потребности определяем [40, карта 19] в процентах от оперативного времени:

$$T_{обс} = 4 \% T_{оп}; \quad T_{лп} = 4 \% T_{оп}.$$

Определяем время штучное $T_{ш}$ и время штучно-калькуляционное $T_{шк}$

$$T_{ш} = T_{оп} + T_{обс} + T_{отд} = 7,48 + 0,3 + 0,3 = 8,08 \text{ мин.},$$

$$T_{шк} = T_{ш} + (T_{пз} / n) = 8,08 + (22 / 50) = 8,52 \text{ мин.}$$

Пример 2. Расчет нормы времени на операцию, выполняемую на станке с ЧПУ

Операция вертикально-сверлильная с ЧПУ, станок 2P135Ф2

Исходные данные:

- деталь – планка; размеры В x L x Н - 160x200 x30;

- заготовка – прокат листовой, материал – сталь 40, масса – 7,6 кг.

Необходимо обработать 2 отверстия $\varnothing 30$ Н7, расстояние между обрабатываемыми отверстиями – 120 мм.

Технологические базы – нижняя плоскость и 2 отверстия обработаны окончательно. Заготовка устанавливается в специальном приспособлении с пневмозажимом.

План обработки: сверление, зенкерование, развертывание черновое и чистовое.

Режущие инструменты: сверло $\varnothing 28$, зенкер $\varnothing 29,8$, развертка черновая $\varnothing 29,93$, развертка чистовая $\varnothing 30$ Н7 (всего 4 инструмента).

1. Определяем подготовительно-заключительное время $T_{пз}$

1.1. На организационную подготовку $T_{пз1}$ [36, карта 24, поз. 1,3,4]

$$T_{пз1} = 4,0 + 2,0 + 2,0 = 8,0 \text{ мин.}$$

1.2. На наладку станка $T_{пз2}$ [36, карта 24, поз. 5, 14, 16, 18, 19, 20]

$$T_{пз2} = 2,0 + 2,0 + 0,25 + 0,6 \cdot 5 + 0,8 + 1,5 = 9,55 \text{ мин.}$$

1.3. На пробную обработку детали $T_{пз3}$ [36, карта 3] При работе осевыми инструментами напроход – пробная обработка не проводится, т.е. $T_{пз3} = 0$

Суммарное подготовительно-заключительное время

$$T_{пз} = 8,0 + 9,55 = 17,55 \text{ мин.}$$

2. Определяем время автоматической работы станка по программе

2.1. Основное время T_o определяем по формуле

$$T_o = \frac{L_{рх}}{S_M} i ,$$

где длина рабочего хода $L_{рх} = l_o + l_1 + l_2 + l_3$

l_0, l_1, l_2, l_3 - соответственно обозначают: длину обрабатываемой поверхности, длину подвода, длину врезания, длину перебега. Значения l_1, l_2, l_3 определяем из [37, с.329]

В данном случае l_0 – длина обрабатываемых отверстий равна 30 мм.

Определяем длину рабочего хода для каждого перехода:

для сверления $L_{px} = 30 + 5 + 6 + 5 = 46$ мм;

для зенкерования $L_{px} = 30 + 4 + 4 + 4 = 42$ мм;

для развертывания черного и чистового $L_{px} = 30 + 2 + 4 + 4 = 40$ мм.

Основное время для переходов:

- сверления $T_{o1} = \frac{46}{80} \cdot 2 = 1,15$ мин;

- зенкерования $T_{o2} = \frac{42}{160} \cdot 2 = 0,525$ мин;

- развертывания черного $T_{o3} = \frac{40}{125} \cdot 2 = 0,64$ мин;

- развертывания чистового $T_{o4} = \frac{40}{100} \cdot 2 = 0,80$ мин.

Для определения машинно-вспомогательного времени на выполнение автоматических вспомогательных ходов ($T_{мвх}$) из данных на операцию выбирают величину быстрого подвода инструмента от исходной точки R (и его отвода для смены инструмента), из карты наладки инструментов – значения коррекции на вылет каждого инструмента по отношению к инструменту с максимальным вылетом. В данном примере $R = 100$ мм, величина коррекции для зенкера и разверток $K = 10$ мм. Величина отвода инструмента в исходную точку после выполнения каждого перехода складывается из величин R , K и L_{px} . Значение скорости движения подачи холостого хода выбирается из паспортных данных станка [36, с.459, 33].

Для станка 2Р135Ф2 $S_{xx} = 4000$ мм /мин.

С учетом этих данных определяем:

для перехода сверления $T_{мвх} = \frac{2R + L_{xx}}{S_{xx}} = \frac{2 \cdot 100 + 46}{4000} = 0,06$ мин;

для переходов зенкерования $T_{мвх} = \frac{2(R + K) + L_{xx}}{S_{xx}} = \frac{2(100 + 10) + 42}{4000} = 0,07$ мин;

для развертывания черного и чистового $T_{мвх} = \frac{2(R + K) + L_{xx}}{S_{xx}} =$

$$= \frac{2(100 + 10) + 40}{4000} = 0,07 \text{ мин.}$$

Так как обрабатываются 2 отверстия, то необходимо учесть время на позиционирование при переходе к обработке второго отверстия и для начала обработки другой заготовки:

$$T_{\text{мвх.поз}} = \frac{L}{S_{\text{ХХ}}} = \frac{120}{4000} = 0,03 \text{ мин.}$$

Суммарное время на холостые перемещения:

$$T_{\text{мвх}} = (0,06 + 0,07 + 0,07 + 0,07) \cdot 2 + (0,03 \cdot 2) = 0,60 \text{ мин.}$$

Машинно-вспомогательное время на автоматическую смену инструмента ($T_{\text{мви}}$) берем из паспортных данных станка [36, с. 459]. Для станка 2P135Ф2 время поворота револьверной головки на одну позицию $T_{\text{мви}} = 0,03$ мин. В данном примере для цикла обработки заготовки нужно выполнить 4 раза смену инструмента с поворотом револьверной головки на одну позицию.

При обработке партии заготовок нужно еще учесть время поворота револьверной головки на пять позиций с той целью, чтобы поставить ее в исходное положение для обработки следующей заготовки. Это время равно 0,10 мин.

Суммарное время на автоматическую смену инструмента составит

$$T_{\text{мви}} = (4 \cdot 0,03 \cdot 2) + 0,10 = 0,34 \text{ мин.}$$

Время цикла автоматической работы станка по программе для обработки данной заготовки определяют по формуле

$$T_{\text{ца}} = \Sigma T_{\text{о}} + \Sigma T_{\text{мв}}$$

$$T_{\text{ца}} = 1,12 + 0,52 + 0,64 + 0,80 + 0,60 + 0,34 = 4,02 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время включает следующие составляющие:

$$T_{\text{в}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{в оп}} + T_{\text{изм}}$$

Вспомогательное время на установку и снятие заготовки $T_{\text{уст}} = 0,15$ мин [36, карта 13, поз.5].

Вспомогательное время на закрепление и открепление заготовки $T_{\text{уст.зо}} = 0,03$ мин [36, карта 13, поз. 31].

Вспомогательное время, связанное с операцией, определяют по [36, карта 14, поз. 1...6]:

$$T_{\text{в оп}} = 0,20 + 0,03 + 0,20 + 0,12 + 0,24 + 0,03 = 0,82 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время на контрольное измерение гладким калибром пробкой [36, карта 15, поз. 188] $T_{\text{изм}} = 0,13$ мин. При окончательной обработке мерным режущим инструментом контролируют 40 % деталей, поэтому в данном случае на измерение одной детали приходится

$$T_{\text{изм}}^1 = 0,13 \cdot 2 \cdot 0,4 = 0,10 \text{ мин.}$$

Суммарное вспомогательное время:

$$T_{\text{в}} = 0,15 + 0,03 + 0,82 + 0,10 = 1,10 \text{ мин.}$$

Определение нормы штучного и штучно-калькуляционного времени

Норму штучного времени определяют по формуле

$$T_{\text{шт}} = (T_{\text{ц а}} + T_{\text{в}}) \cdot \left(1 + \frac{a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{отл}}}{100}\right),$$

Время на техническое и организационное обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности приводится в % от оперативного времени [36, карта 16, поз. 27]: $a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{лп}} = 8\%$.

$$T_{\text{шт}} = (4,02 + 1,10) \cdot 1,08 = 5,52 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{\text{ш.к.}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} = 5,52 + \frac{17,55}{200} = 5,61 \text{ мин,}$$

где n – количество заготовок в партии.

Результаты расчетов технического нормирования по операциям сводятся в таблицу 4.78.

Таблица 4.78

Сводная ведомость норм времени

№ операции	Наименование операции	$T_{\text{о}}$	$T_{\text{в}}$	$T_{\text{пз}}$	$T_{\text{шт}}$	$T_{\text{шк}}$
010	Фрезерно-центровальная	0,18	1,05	12	1,4	1,5
015	Токарно-винторезная с ЧПУ	1,99	2,66	14	5,29	5,37
020	Зубофрезерная с ЧПУ	2	1,54	24	4,03	4,1
025	Шлицефрезерная	4,53	0,71	10	5,97	6,03
030	Круглошлифовальная с ЧПУ	4,43	2,49	10	5,05	5,11
035	Зубошлифовальная с ЧПУ	0,9	1,51	10	2,75	2,8
040	Токарно-винторезная с ЧПУ	8,94	1,14	22	11,48	11,61

После выполнения данного раздела курсового проекта разрабатывается комплект технологических документов, который представляется в приложении к пояснительной записке проекта.

4.3. Конструкторская часть

4.3.1. Служебное назначение и принцип работы приспособления

В конструкторской части курсового проекта разрабатывается конструкция станочного приспособления для одной из операций механической обработки по согласованию с руководителем. В пояснительной записке формулируется служебное назначение приспособления. На основе операционного эскиза разрабатываются эскиз конструкции приспособления и технические требования на нее.

4.3.2. Порядок проектирования станочных приспособлений

К проектированию приспособления приступают только после окончательной отработки технологического процесса.

Для операции, на которую разрабатывают приспособление, должна быть установлена схема базирования и проведен расчет режимов резания.

Приступая к проектированию, необходимо проанализировать существующие конструкции приспособлений, используемые при обработке аналогичных деталей, наметить пути их усовершенствования или решить вопрос о замене их новыми, принципиально отличающимися от существующих.

Улучшение существующих и используемых на практике конструкций приспособлений можно проводить различными путями: заменой ручных зажимов быстродействующими механическими, гидравлическими, пневматическими и т.д.; превращением одноместных приспособлений в многоместные; автоматизацией загрузки приспособлений и снятия детали и т.д.

Обычно проектирование станочных приспособлений состоит из двух этапов. На первом этапе разрабатывают эскизы механической обработки детали, на которых отмечают базовые поверхности и места зажима ее в приспособлении. Положение детали на эскизе должно соответствовать ее положению в станочном приспособлении при выполнении данной операции на станке. Деталь изображают в таком виде, какой она имеет после выполнения данной операции.

Второй этап заключается в собственно конструировании приспособления. При этом необходимо проработать и уточнить:

- годовую программу выпуска детали;
- чертежи заготовки и готовой детали и технические условия на деталь;
- технологический процесс и эскиз механической обработки на соответствующей операции;
- техническую характеристику, паспортные данные, размеры соединительных элементов и состояние станка, на котором будет установлено приспособление;

- условия эксплуатации, обслуживания и ремонта проектируемого приспособления.

Проектирование приспособления рекомендуется вести в следующем порядке:

1. Уточняют основные технические данные станка (высота центров, размер над суппортом, расстояние между центрами, размер стола, длина холостого и рабочего ходов и т.д.), необходимые для определения габаритных размеров приспособления и размеров, зависящих от конструкции станка (ширина и форма пазов, размер отверстия шпинделя, номер конуса Морзе и т.д.).

2. Определяют метод базирования детали с учетом выбранных базовых поверхностей.

3. Линиями невидимого контура (штриховой, штрихпунктирной, тонкой) вычерчивают контуры детали в положении, соответствующем рабочему положению детали на данной операции. Проекция детали вычерчивают на расстояниях, достаточных для дальнейшего изображения всех элементов приспособления: установочных, направляющих и зажимных.

4. Определяют направление действия усилий резания и места их приложения.

5. Определяют местоположение установочных (подвижных и неподвижных опор, оправок, призм и т.д.) и направляющих (кондукторные втулки, установы и т.д.) деталей приспособления и вычерчивают их контуры. При размещении опор следует учитывать направление действия сил резания и сил зажима и располагать их таким образом, чтобы усилия резания воспринимались опорами, а не зажимными элементами приспособления.

6. Выбирают тип зажимного устройства в соответствии с выбранным типом приспособления.

7. Вычерчивают зажимные и вспомогательные элементы приспособления.

8. Вычерчивают корпус приспособления с выполнением всех необходимых размеров и сечений.

9. Проставляют габаритные и контрольные размеры приспособления.

10. Разрабатывают технические условия и технические требования на приспособление.

Примеры расчета приспособлений с механизированными приводами

Пример 1. На вертикально-фрезерном станке 6Н12 производится предварительное торцовое фрезерование поверхности размером 120x80. Припуск на обработку $Z = 2,5$ мм. Материал заготовки - сталь 45 с пределом прочности $\sigma_b = 650$ Н/мм². Вид заготовки – поковка. Обработка ведется по корке. За-

готовка крепится в пневмотисках с плоскими губками (Рис.4.19). Требуется рассчитать элементы силового механизма приспособления.

1. Определяем элементы режима резания.

Выбираем фрезу. Берем торцовую фрезу со вставными ножами из твердого сплава Т15К6 (ГОСТ 24359–80)

$$D_{\phi} = 1,6 \cdot B = 1,6 \cdot 80 = 128.$$

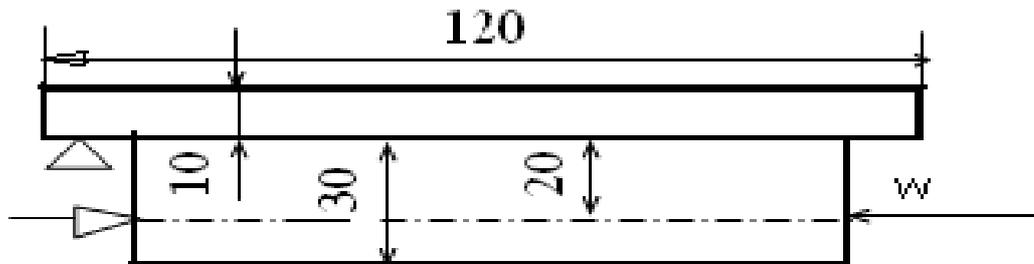


Рис. 4.18. Схема установки заготовки

Диаметр стандартной фрезы $D_{\phi} = 125$ мм; $L = 55$; $d = 40$; $Z = 8$;

$\varphi = 60^{\circ}$; $\varphi' = 5^{\circ}$; $\alpha = 15^{\circ}$; $\gamma = 5^{\circ}$; $\lambda = 15^{\circ}$; $T = 180$; $h_0 = 1,0$.

Назначаем глубину резания $t = z = 2,5$ мм.

Назначаем подачу $S_z = 0,3$ мм/зуб.

Рассчитываем скорость резания, допускаемую режущими свойствами инструмента:

$$V = \frac{C_v D^q}{T m_t x_v S_y v B u v Z p v} K_v;$$

$$C_v = 332; q = 0,2; X_v = 1,0; Y_v = 0,4; P_v = 0; U_v = 0,2;$$

$$K_{Mv} = 75/65 = 1,15; K_{Nv} = 0,9; K_{Uv} = 1,0; K_{Gv} = 1,28;$$

$$K_{Hv} = 0,89; m = 0,2.$$

$$V = \frac{332 \cdot 125^{0,2}}{180^{0,2} \cdot 2,5^0 \cdot 1,0 \cdot 3^{0,4} \cdot 80^{0,2} \cdot 8^0} = 208 \text{ м /мин.}$$

Подсчитываем расчетную частоту вращения фрезы:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 208}{3,14 \cdot 125} = 529.$$

Определяем действительную частоту вращения фрезы по паспортным данным станка: $n_d = 475 \text{ мин}^{-1}$,

Действительная скорость резания $V_d = 186 \text{ м/мин}$.

Скорость движения подачи (минутная подача)

$$S_M = S_Z z n_d = 0,3 \cdot 8 \cdot 475 = 1140 \text{ мм/мин}$$

Корректируем подачу по паспортным данным станка: $S_M = 750 \text{ мм/мин}$.

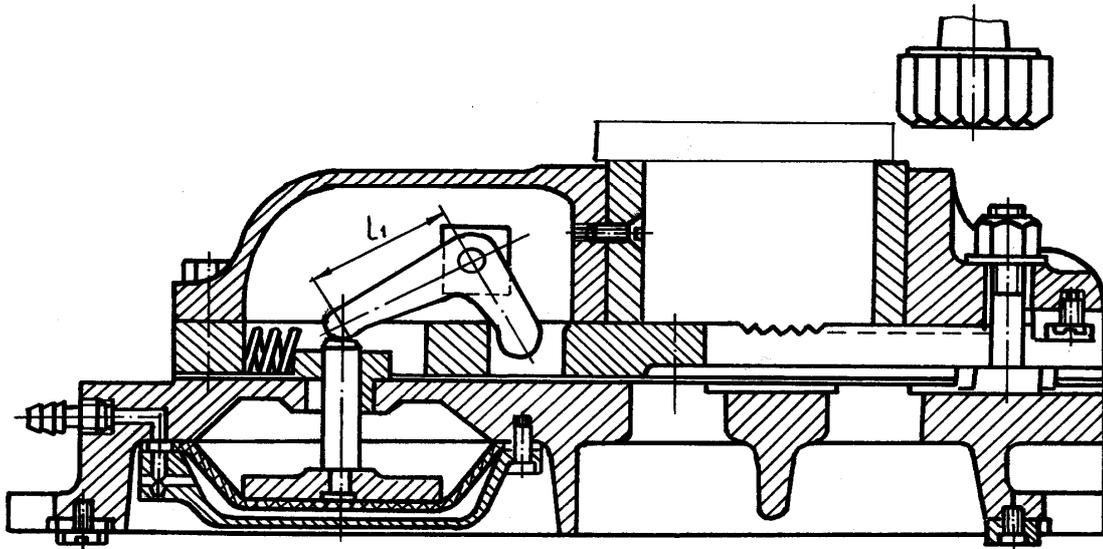


Рис. 4.19. Схема приспособления

Действительная подача на зуб:

$$S_{Zs} = \frac{S_{ns}}{Zn_s} = \frac{750}{8 \cdot 475} = 0,19 \text{ мм/зуб.}$$

2. Подсчитываем тангенциальную силу резания P_Z :

$$\begin{aligned} P_1 = P_Z &= C_{Pz} t^{Xv} S_Z^{Yv} B^{Uv} ZD_{\delta}^{-qv} = \\ &= \frac{680 \cdot 2,5^{1,1} \cdot 0,19^{0,8} \cdot 80^{0,95} \cdot 8}{125^{1,1}} = 1070 \end{aligned}$$

3. Определяем усилие подачи $P_S = P_2$:

$$P_2 = P_S = 0,9P_Z = 0,9 \cdot 1070 = 963 \text{ Н.}$$

4. Определяем необходимое усилие зажима [6, табл. 2.1]:

$$W = k \frac{P_2(L + l_2 f) + P_1 L_1}{L_2 f^2 + L f + L_3};$$

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 = 1,5 \cdot 1,8 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 4,86;$$

$$f = 0,5;$$

$$\begin{aligned} W &= 4,86 \frac{963(120 + 30 \cdot 0,5) + 1070 \cdot 10}{30 \cdot 0,5^2 + 120 \cdot 0,5 + 20} = \\ &= 4,86 \frac{13005 + 10700}{7,5 + 60 + 20} = 7815 \text{ Н.} \end{aligned}$$

5. Строим кинематическую схему приспособления (Рис. 4.20).

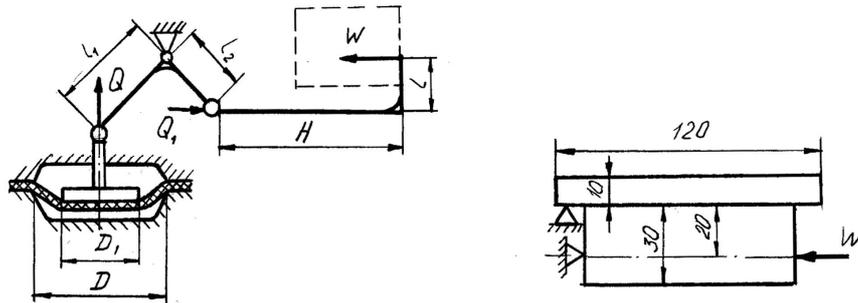


Рис. 4.20. Кинематическая схема приспособления

6. Определяем требуемое усилие на штоке [6. П.1.15]:

$$Q = \frac{L_2}{L_1} \cdot \frac{W}{\left(1 - 3 \frac{L}{H} f\right)} + Q_1;$$

$$Q = 1,2 \cdot \frac{40}{80} \cdot \frac{7815}{\left(1 - 3 \frac{30}{220} \cdot 0,15\right)} = 4995,5 \text{ Н.}$$

7. Определяем диаметр пневмокамеры:

$$D = \sqrt{\frac{Q}{0,785 p \eta}} = \sqrt{\frac{4995,5}{0,785 \cdot 0,4 \cdot 0,85}} = 136,8.$$

Принимаем стандартный ближайший диаметр $D = 160$ мм.

8. Определяем действительное усилие на штоке:

$$Q = 0,785 D^2 p \eta = 0,785 \cdot 160^2 \cdot 0,4 \cdot 0,85 = 6833 \text{ Н.}$$

9. Остальные элементы пневмопривода выбираем по ГОСТ.

Пример 2. На токарно-винторезном станке производится предварительное обтачивание заготовки по диаметру $D_1 = 200$ мм. Заготовка закреплена в трехкулачковом рычажном самоцентрирующемся патроне (Рис.4.21) по диаметру $D_3 = 70$ мм с помощью пневмопривода без упора в торец.

Определить потребное усилие на штоке Q , если составляющие сил резания: $P_z = 3000$ Н и $P_x = 1056$ Н.

1. Определяем момент от сил резания:

$$M_p = \frac{P_z D_0}{2} = \frac{3300 \cdot 200}{2} = 330000 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

2. Определяем общий коэффициент запаса:

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 = \\ = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 2,59 = 2,6.$$

3. Определяем требуемое усилие зажима, развиваемое одним кулачком [6.табл. 2.1]

$$W_1 = \frac{KM_p + f_k R_3 P_x}{n f_1 R_0 + n f_1 f_k R_3}, \text{ Н},$$

где R_0 - радиус поверхности обработки, мм; R_3 - радиус поверхности закрепления, мм; P_x - осевая составляющая сил резания (сила подачи), Н; f_1 - коэффициент трения между поверхностью зажима и поверхностью кулачка; $f_k = 0,1$ - коэффициент трения в направляющих кулачка; n - количество кулачков;

$$W_1 = \frac{2,6 \cdot 330000 + 0,1 \cdot 35 \cdot 1056}{3 \cdot 0,5 \cdot 100 + 3 \cdot 0,5 \cdot 0,1 \cdot 35} = 5550,4 \text{ Н}.$$

4. Определяем усилие на штоке:

$$Q = n K_{об} W_1 [1 + 3 f_k (L/H)] (a/b), \text{ Н},$$

$K_{тр} = 1,05$ – коэффициент, учитывающий дополнительные силы трения в патроне;

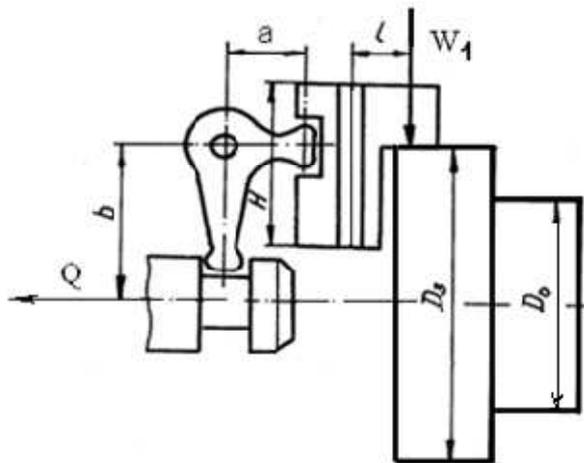


Рис. 4.21. Закрепление детали в трехкулачковом рычажном патроне

a – короткое плечо рычага, мм; b – расстояние от оси рычага до оси штока, мм; L – вылет кулачка от оси до центра приложения силы зажима; H – длина направляющей части кулачка, мм; W_1 – усилие зажима, развиваемое одним кулачком, Н;

$$Q = 3 \cdot 1,05 \cdot 5550,4 \cdot [1 + 3 \cdot 0,1(40/65)](20/100) = 4142,3 \text{ Н.}$$

Список используемой литературы

1. Ансеров, М.А. Приспособления для металлорежущих станков [Текст]. /М.А. Ансеров – 4-е изд., испр. и доп. – Л.: Машиностроение, 1985. – 656 с.: ил.
2. Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении / М.Г. Афонькин, М.В. Магницкая. – Л.: Машиностроение, 1987. – 256 с.
3. Балабанов А.Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя./А.Н. Балабанов – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 464 с.
4. Белоусов, А.П. Проектирование станочных приспособлений. /А.П. Белоусов – М.: Высш. шк., 1980. – 240 с.
5. Вяткин, Б.А. Расчёт припусков и межпереходных размеров: учеб. пособие [Текст] / Б.А. Вяткин, В.В. Зрюкин, Н.А. Можин. – Иваново: ИГТА, 2003. – 204 с.: ил.
6. Вяткин, Б.А. Расчёт и проектирование станочных приспособлений: учеб. пособие [Текст] / Б.А. Вяткин, В.В. Зрюкин, Н.А. Можин. – Иваново: ИГТА, 2005. – 192 с.: ил.
7. Горбачевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов. . /А.Ф.Горбачевич, А.П.Шкред - 4-е изд., перераб. и доп. –Минск.: Высш. школа, 1983. – 256 с.
8. Горошкин, А.К. Приспособления для металлорежущих станков: справ. /А.К. Горошкин – М.: Машиностроение, 1979. – 303 с.
9. ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.
10. ГОСТ 2.106-96 ЕСКД. Текстовые документы.
11. ГОСТ 2.104–68 ЕСКД. Основные надписи.
12. ГОСТ 2.104–68 ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений.
13. ГОСТ 2.307-68. ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений .
14. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. – М.: Изд. стандартов, 1994. – 54 с.
15. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски.– М.: Изд. стандартов,1993.– 52 с.
16. ГОСТ 3.1118-82. ЕСТД. Формы и правила оформления маршрутных карт.
17. ГОСТ 3.1404-86. ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием.
18. ГОСТ 3.1105-84. ЕСТД. Формы и правила оформления документов общего назначения.
- 19.ГОСТ 3.1107-81. ЕСТД. Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические обозначения.

20. ГОСТ 3.1109–82. ЕСТД. Термины и определения основных понятий.
21. ГОСТ 3.1122–84 ЕСТД. Формы и правила оформления документов.
22. Добрыднев, И.С. Курсовое проектирование по предмету “Технология машиностроения”: Учеб. пособие для техникумов по специальности “Обработка металлов резанием”. /И.С. Добрыднев –М.: Машиностроение, 1985. – 184с.
23. Егоров, М.Е. Технология машиностроения [Текст]: учеб. для вузов / М.Е. Егоров, В.И. Дементьев, В.Л. Дмитриев. – М.: Высш. шк., 1976. – 536 с.: ил.
24. Зуев, А.А. Технология машиностроения: учеб. для вузов [Текст]. /А.А. Зуев – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Изд-во «Лань», 2003. – 496 с.: ил.
25. Клепиков, В.В. Технология машиностроения / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. – М.: ФОРУМ, 2008. – 964 с.
26. Корсаков, В.С. Основы технологии машиностроения/В.С. Корсаков – М.: Высш. шк., 1974.
27. Корсаков, В.С. Основы конструирования приспособлений в машиностроении/В.С. Корсаков – М.: Машиностроение, 1983. – 277 с.
28. Краткий справочник металлиста / под общ. ред. П.Н. Орлова, Е.А. Скороходова. – М.: Машиностроение, 1987. – 960 с.
29. Косилова, А. Г. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении [Текст]: справочник технолога / А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков, М. А. Калинин. – М.: Машиностроение, 1976. – 288 с.: ил.
30. Кузнецов, Ю.И. Конструирование приспособлений для станков с ЧПУ. - М.: Высш. Шк., 1988. – 303 с.
31. Металлообрабатывающий твердосплавный инструмент: Справочник / В.В. Самойлов, Э.Ф. Эйхманс, В.А. Фальковский и др.; Редкол.: И.А. Ординарцев (пред.) и др. – М, : Машиностроение, 1988. – 368 с.
32. Можин, Н.А. Оформление технологической документации и технологических наладок / Н.А. Можин, Д.А. Бекташов. – Иваново: ИГТА, 2011. – 64с.
33. Можин, Н.А. Станки с числовым программным управлением: / Н.А. Можин, К.В. Гришин. – Иваново: ИГТА, 2012. – 116 с.
34. Нефедов, Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту / Н.А. Нефедов, К.А. Осипов. – М.: Машиностроение, 1990. – 448 с.
35. Новожилов, Э.Д. Приспособления в единичном производстве. – М.: Машиностроение, 1983.
36. Общемашиностроительные нормативы времени и режимы резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. В 2-х частях. Ч.1. Нормативы времени. - М.: Экономика, 1990. – 208 с.
37. Общемашиностроительные нормативы времени и режимы резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых

станках с числовым программным управлением. В 2-х частях. Ч.2. Нормативы режимов резания. – М.: Экономика, 1990. – 474 с.

38. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Мелкосерийное и единичное производство. – М.: НИИТруда, 1982. – 136 с.

39. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного на работы, выполняемые на металлорежущих станках, крупносерийное и массовое производство. – М.: НИИТруда, 1982.–136 с.

40. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования. Серийное производство. – М.: Машиностроение, 1974.– 421с.

41. Обработка металлов резанием. Справочник технолога / А.А. Панов и др.; под общ.ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.

42. Переналаживаемая технологическая оснастка / В.Д. Бирюков и др.; Под общ. ред. Д.И. Полякова. – М.: Машиностроение, 1988. – 248 с.

43. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: справочник / под ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990.–400 с.

44. Проектирование технологии: / И.М. Баранчукова и др.; Под общ. Ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Машиностроение, 1990. – 416 с.

45. Режимы резания металлов. Справочник / под ред. А.Д. Корчемкина. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.

46. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т.1 / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.

47. Справочник технолога-машиностроителя [Текст]. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.: ил.

48. Справочник технолога-машиностроителя [Текст]. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А.М. Дальского и др. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001. – 912 с.: ил.

49. Справочник технолога-машиностроителя [Текст]. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А.М. Дальского и др. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001. – 944 с.: ил.

50. Станочные приспособления: Справочник. В 2т. Т.1 / Под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова. - М.: Машиностроение, 1984. - 591 с.

51. Станочные приспособления: Справочник. В 2 т. Т.2 / Под ред. Б.Н. Вардашкина, В.В. Данилевского. – М.: Машиностроение, 1984. – 581 с.

52. СТП ИГТА 001 – 2003. Проекты (работы) дипломные и курсовые. Правила оформления.

53. Технологичность конструкции изделия: справочник / Ю.Д. Амиров и др.; под общ. ред. Ю.Д. Амирова.– М.: Машиностроение, 1990.–786 с.

54. Технология машиностроения / Л.В. Лебедев и др. – М.: Академия, 2006. – 528 с.

55. Технология машиностроения: В 2 т. Т.1. Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов / В.М. Бурцев и др.; Под ред. А.М. Дальского. – М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – 564 с.

56. Технология машиностроения [Текст]. В 2-х т. Т. 2. Производство машин: учеб. для вузов / под общей ред. Г.Н. Мельникова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – 640 с.: ил.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Форма титульного листа

Приложение П.1.1

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
« Ивановская государственная текстильная академия »
(ИГТА)

Кафедра технологии машиностроительного производства

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовому проекту по технологии машиностроения

на тему « _____ »

Автор _____
подпись _____ инициалы, фамилия _____

Направление подготовки _____
код, наименование _____

Номер зачетной книжки _____ группа _____

Руководитель _____
должность, подпись _____ инициалы, фамилия _____

Проект защищен _____ Оценка _____
Дата _____

Иваново 20...

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
« Ивановская государственная текстильная академия»
(ИГТА)

Кафедра Технологии машиностроительного производства

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой _____

« ____ » _____ 201__ г.

З А Д А Н И Е

на курсовое проектирование
по технологии машиностроения

студенту Факультета механики и автоматике группы

Разработать технологический процесс изготовления детали

_____ название, шифр _____

Годовая программа выпуска изделия _____

Конструкторские разработки _____

Научно-исследовательские разработки _____

Перечень графического материала _____

Дата выдачи задания « ____ » _____ 201__ г.

Дата защиты проекта « ____ » _____ 201__ г.

Руководитель проекта _____ (_____)

Студент _____ (_____)

Приложение п.1.3

Приближенные формулы для определения основного времени

Наименование перехода	Основное время ($T_o \cdot 10^{-3}$), мин
1	2
Черновое обтачивание за один проход	0,17d L
Чистовое обтачивание по 11-му качеству	0,1dL
Чистовое обтачивание по 9-му качеству	0,17dL
Черновое подрезание торца 6,3	$0,037(D^2 - d^2)$
Чистовое подрезание торца 1,6	$0,052(D^2 - d^2)$
Черновое и чистовое обтачивание фасонным резцом	$0,63(D^2 - d^2)$
Шлифование черновое по 11-му качеству	0,07d L
Шлифование чистовое по 9-му качеству	0,1d L
Шлифование чистовое по 6-му качеству	0,15d L
Сверление отверстий	0,52d L
Расверливание отверстий d =20...60	0,31d L
Зенкерование	0,21d L
Развертывание черновое	0,43d L
Развертывание чистовое	0,86dL
Внутреннее шлифование отверстий 9-го качества	1,5d L
Внутреннее шлифование отверстий 7-го качества	1,8d L
Черновое растачивание отверстий за один проход	0,2d L
Черновое растачивание под развертку	0,3d L
Развертывание плавающей разверткой по 9-му качеству	0,27d L
Развертывание плавающей разверткой по 7-му качеству	0,52d L
В приведенных выше формулах: d - диаметр; L - длина обрабатываемой поверхности; D- диаметр обрабатываемого торца; (D - d) - разность наибольшего и наименьшего размера обрабатываемого торца	
Протягивание отверстий и шпоночных канавок (L – длина протяжки)	9,4 L
Строгание черновое на строгальных станках	0,065BL

Окончание прил. П.1.3

1	2
Строгание чистовое под шлифование или шабрение	0,034BL
Черновое фрезерование торцевой фрезой	6L
Чистовое фрезерование торцевой фрезой	4L
Черновое фрезерование цилиндрической фрезой	7L
Шлифование плоскостей торцом круга	2,5L
Для строгания, фрезерования и шлифования торцом круга: В – ширина поверхности; L - длина	
Фрезерование зубьев червячной фрезой (D =80 ...300) D - диаметр зубчатого колеса, b – ширина зуба	2,2Db
Обработка зубьев червячных колес (D = 100-400)	60,3D
Фрезерование шлицев на валах методом обкатки	9Lz
Шлифование шлицев (L – длина шлицев, z – число шлицев на валу)	4,5Lz
Нарезание резьбы на валу резцом (d = 32 ... 120) d – диаметр резьбы, L – длина резьбы	19dL
Нарезание резьбы метчиком (d = 10 –24)	0,4dL

Приложение П.1.4

Значение коэффициента φ_k

Виды станков	Значение коэффициента φ_k для производства	
	единичного и мелкосерийного	крупно- серийного
Токарно-винторезные	2,14	1,36
Токарные с ЧПУ	1,60	1,26
Токарно-револьверные	1,98	1,35
Вертикально-сверлильные	1,72	1,30
Вертикально-сверлильные с ЧПУ	1,35	1,22
Радиально-сверлильные	1,75	1,41
Расточные	3,25	–
Многооперационные станки	1,45	1,33
Круглошлифовальные	2,1	1,55
Фрезерные	1,84	1,51
Фрезерные с ЧПУ	1,36	1,28
Зуборезные	1,66	1,27

Приложение П.2.1

Допускаемое отклонение $\rho_{\text{кор}}$ по изогнутости от плоскости
и прямолинейности для плоских поверхностей

Наибольший размер поковки, мм	Допускаемые отклонения по изогнутости для классов точности, мм				
	T1	T2	T3	T4	T5
До 100	0,3	0,5	0,5	0,6	0,8
100...160	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
160...250	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
250...400	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
400...630	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
630...1000	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5

Приложение. П.2.2

Допускаемая величина смещения $\rho_{\text{см}}$ по поверхности
разъема штампа, мм (ГОСТ 7505-89)

Масса поковки, кг	Допускаемая величина смещения $\rho_{\text{см}}$ по поверхности разъема штампа, мм									
	Плоская поверхность разъема штампа (П)									
	T1	T2	T3	T4	T5					
	Симметрично изогнутая поверхность разъема штампа (И _с)									
	T1	T2	T3	T4	T5					
						Несимметрично изогнутая поверхность разъема штампа (И _н)				
						T1	T2	T3	T4	T5
До 0,5	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6			
0,5...1,0	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7			
1,0...1,8	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8			
1,8...3,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0			
3,2...5,6	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2			
5,6...10,0	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4			
10,0...20,0	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8			
20,0...50,0	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5			
50,0...125,0	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5	3,2			
125,0...250,0	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5	3,2	4,0			

Приложение П.2.3

Штамповочные уклоны (ГОСТ 7505-89)

Оборудование	Штамповочные уклоны (не менее), град	
	на наружной поверхности	на внутренней поверхности
Штамповочные молоты, прессы без выталкивателей	7	10
Прессы с выталкивателями, горизонтально-ковочные машины	5	7
Горячештамповочные автоматы	1	2

Приложение П.2.4

Значения коэффициентов уточнения K_y

Вид заготовки	Технологический переход	K_y
Калиброванный прокат	После обтачивания: однократного, двукратного	0,05
		0,02
	После шлифования: Обдирочного, чистового	0,06
		0,04
Горячекатаный прокат, штамповка, отливка	После обтачивания: Чернового и однократного получистового чистового	0,06
		0,05
		0,04

Приложение П.2.5

Величина радиусов закруглений наружных углов поковок

Масса поковки, кг	Минимальная величина радиусов закруглений, мм, при глубине полости ручья штампа, мм			
	до 10	10...25	25...50	свыше 50
До 1,0	1,0	1,6	2,0	3,0
1,0...6,3	1,6	2,0	2,5	3,6
6,3...16,0	2,0	2,5	3,0	4,0
16,0...40,0	2,5	3,0	4,0	5,0
40,0...100,0	3,0	4,0	5,0	7,0

Приложение П.2.6

Дополнительные припуски на смещение по поверхности
разъемов штампов, мм (ГОСТ 7505-89)

Масса поковки, кг	Припуски для классов точности								
	Плоская поверхность разъема (П)								
	T1	T2	T3	T4	T5				
			Симметрично изогнутая поверх- ность разъема (И _с)						
			T1	T2	T3	T4	T5		
			Несимметрично изогнутая поверхность разъема (И _н)						
		T1	T2	T3	T4	T5			
До 0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	
0,5...1,0				0,2		0,3			
1,0...1,8				0,2	0,3				0,4
1,8...3,2						0,3			0,5
3,2...5,6	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6		
5,6...10,0				0,4	0,5	0,6	0,7		
10,0...20,0	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	
20,0...50,0				0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2
50,0...125,0				0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	1,6
125,0...250,0	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	1,6	2,0	

Приложение П.2.7

Дополнительные припуски на отклонение от плоскостности, мм
(ГОСТ 7505-89)

Наибольший размер поковки, мм	Припуски для классов точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
До 100	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4
100...160	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
160...250	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
250...400	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
400...630	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
630...1000	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2

Приложение П.2.8

Удельная кривизна проката Δ_k

Состояние проката	Диаметр проката, мм				
	До 30	30...50	50...80	80...150	Свыше 150
	Величина удельной кривизны Δ_k , мкм/мм				
Калиброванный прокат					
В состоянии поставки 8 квалитет	0,5	0,5	-	-	-
9 квалитет	1,0	0,75	0,5	-	-
10...11 квалитеты	2,0	1,0	1,0	-	-
12 квалитет	3,0	2,0	1,0	-	-
После термообработки (без правки) в печах	1,6	1,3	0,9	-	-
ТВЧ	0,8	0,65	0,45	-	-
Горячекатаный прокат					
После термообработки (без правки) в печах	0,2	1,3	1,3	0,6	0,3
ТВЧ	1,0	0,65	0,65	0,3	0,15
После правки на прессах	0,05	0,12	0,10	0,07	0,05

Приложение П.2.9

Допуски и припуски на толщину поковок, подвергаемых холодной и горячей калибровке, мм (ГОСТ 7505-89)

Площадь поверхности, подвергаемой калибровке, см	Припуск, мм	Поле допуска при K^* , мм	
		до 0,5	свыше 0,5
До 2,5	0,25	0,32	0,26
2,5 - 6,3	0,30	0,36	0,32
6,3 - 10,	0,36	0,40	0,36
10,0 - 16,0	0,40	0,44	0,40
16,0 - 25,0	0,50	0,50	0,44
25,0 - 40,0	0,60	0,60	0,50
40,0 - 80,0	0,70	0,80	0,60

Приложение П.2.10

Качество наружной поверхности проката в состоянии
поставки

Вид проката	Точность проката	Диаметр, мм	Высота микро-неровностей R ₂ , мкм	Глубина дефектного слоя T, мкм
Горячекатаный	Обычная	До 25	150	150
		26...75	150	250
		78...150	200	300
		160...250	300	400
	Повышенная	До 25	100	100
		26...75	100	150
		78...150	150	200
		160...250	250	300
Калиброванный	Квалитет 8...12	3...100	60	60

Приложение П.2.11

Допускаемые отклонения по диаметру
для круглой калиброванной стали

Номинальный диаметр заготовки, мм	Квалитеты				
	8	9	10	11	12
	Допустимые отклонения (-) δ, мм				
6,1-10,0	0,022	0,030	0,058	0,100	0,200
10,2-18,0	0,027	0,035	0,070	0,120	0,240
18,5-30,0	0,033	0,045	0,084	0,140	0,280
31,0-50,0	-	0,050	0,100	0,170	0,340
52,0-65,0	-	0,060	0,120	0,200	0,400
67,0-80,0	-	-	-	0,200	0,400
82,0-100,0	-	-	-	0,230	0,460

Предельные отклонения по диаметру для круглой
горячекатаной стали по ГОСТ 2590-88

Номинальный диаметр проката, мм	Обыкновенная точность			Повышенная точность		
	Допускаемые отклонения по диаметру, мкм		Допуск δ , мкм	Допускае- мые откло- нения по диаметру, мкм		Допуск δ , мкм
	+	-		+	-	
1	2	3	4	5	6	7
10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18,19	0,3	0,5	800	0,2	0,3	500
20, 21, 22, 24, 25,	0,4	0,5	900	0,2	0,4	600
26, 28 ,30, 32, 34, 36,38,40,42,45, 48	0,4	0,7	1100	0,2	0,6	800
50, 53, 56	0,4	1,0	1400	0,2	0,9	1100
60, 63, 65, 70, 75	0,5	1,1	1600	0,3	1,0	1300
80, 85, 90, 95	0,5	1,3	1800	0,4	1,2	1600
100, 105, 110	0,6	1,7	2300	0,5	1,5	2000
120, 125	0,8	2,0	2800	0,6	1,8	2400
130, 140, 150	0,8	2,0	2800	0,6	2,0	2600
160,170, 180, 190, 200	0,9	2,5	3400	-	-	-
210, 220, 240, 250	1,2	3,0	4200	-	-	-

Примечание. Допуски на сторону квадрата прутковых заготовок из квадратной горячекатаной стали определяют, заменяя номинальный диаметр на размер стороны квадрата. При этом следует учитывать, что ГОСТом для стали размеры квадрата 53, 56, 210, 220, 230 и 250 не предусмотрены.

Приложение П.2.13

Удельная перпендикулярность торцевой поверхности проката
после резки

Способ резки проката по упору	Величина Δ_H , мкм/мм
На ножницах	до 0,2
Приводными ножницами, дисковыми пилами	0,01
Отрезными резцами	0,045
Дисковыми фрезами на фрезерных станках, холодная резка на прессах	0,07

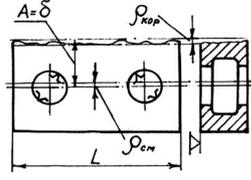
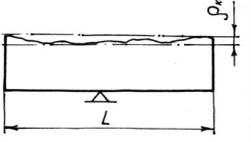
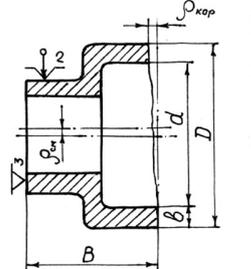
Приложение П.2.14

Качество черных поверхностей отливки

Способ литья	Квалитет	Размер отливки, мм	Материал отливки	Высота микро-неровностей и глубина дефектного слоя, мкм	
				R_z	T
Литье в кокиль и центробежное литье	14		Чугун	200	300
			Сталь	200	200
			Цветные сплавы	200	100
В оболочковые формы	12-11		Чугун	40	260
			Сталь	40	160
			Цветные сплавы	40	100
По выплавляемым моделям	10-9		Чугун	30	170
			Сталь	30	160
			Цветные сплавы	30	60
Под давлением	11-9		Цветные сплавы	50	100
В разовые песчано-глинистые формы	16	До 1250	Чугун	800	
		Св. 1250 до 3150	Сталь	600	
			Цветные сплавы	500	
			Чугун	1000	
			Сталь	800	

Приложение П.2.15

Суммарное значение пространственных отклонений при механической обработке литых заготовок [6]

Тип детали и метод базирования	Эскиз	Расчетные формулы
<p>Корпусные детали Базирование по отверстиям с параллельными осями и перпендикулярной к ним плоскостью</p>		$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2}$ $\rho_{\text{заг}} = \rho_{\text{кор}} + \rho_{\text{см}}$ $\rho_{\text{см}} = \delta$ $\rho_{\text{см}} = \Delta_{\text{к}} L$
<p>Корпусные детали с базирование по плоскости, противоположной обрабатываемой</p>		$\rho_{\text{заг}} = \rho_{\text{кор}}$
<p>Детали типа тел вращения Крепление (базирование) в самоцентрирующихся патронах по наружному диаметру с прижимом к торцевой поверхности</p>		$\rho_{D_{\text{заг}}} = \rho_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} D$ $\rho_{d_{\text{заг}}} = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2}$ $\rho_{\text{см}} = \delta_{\text{в}}$ $\rho_{B_{\text{заг}}} = \Delta_{\text{к}} B$

Приложение П.2.16

Удельное коробление отливок

Тип детали	Удельное коробление $\Delta_{\text{к}}$, мкм/мм
Корпусные детали	0,7...1,0
Диски	0,7...3,0
Плиты	2,0...3,0

Приложение П.2.17

Качество черных поверхностей поковок [5]

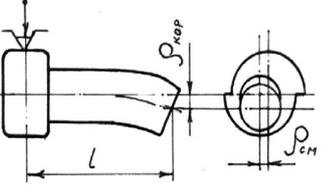
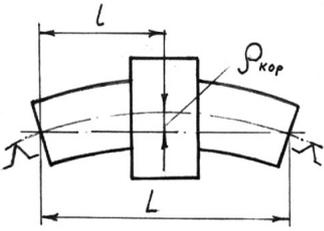
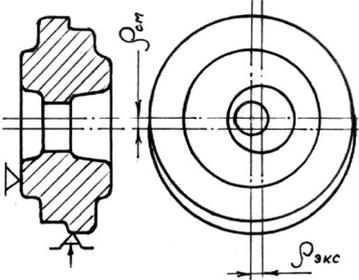
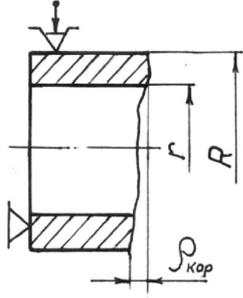
Метод получения поковки	Масса поковки, кг	Наибольший поперечный или габаритный размер поковки, мм	Высота микронеровностей и глубина дефектного слоя, мкм	
			R _Z	T
Штамповка	До 0,25		80	150
	0,25...4,00		160	200
	4,00...25,0		240	250
	25,0...40,0		320	300
	40,0...100,0		350	350
	100,0...200,0		400	400
Свободная ковка на молотах и прессах		До 180	2000	
		180-500	3000	
		500-1250	4000	
		1250-3150	5000	
Ковка в подкладных штампах		До 180	1500	
		Свыше 180	2500	

Приложение П.2.18

Допуск перпендикулярности Δ_n торца фланца к оси поковки, мм

Масса штамповок и поволок, кг	Δ_n , при штамповке	
	на прессах	на горизонтально-ковочной машине
До 0,25	0,2	0,3
0,25-1,60	0,3	0,5
1,60-4,00	0,4	0,7
4,00-10,0	0,5	0,9
10,00-25,00	0,6	1,1
25,00-40,00	0,7	1,2

Суммарное значение пространственных отклонений ρ
 различных видов штампованных заготовок
 и механической обработки

Тип детали и метод ее базирования	Эскиз базирования	Расчетные формулы
Стержневые детали (валы ступенчатые, рычаги и т.д.) с базированием по крайней ступени (поверхности)		$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2}$ $\rho_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} L$
Стержневые детали при обработке в центрах		$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2} \quad \rho_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} L$ <p>При $l \leq \frac{L}{2}$</p>
Детали типа дисков с пробиваемым контрольным отверстием (шестерни, диски и т.д.) с установкой по наружному диаметру и торцу		$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{экс}}^2 + \rho_{\text{см}}^2}$
То же при обработке торцовых поверхностей		$\rho_{\text{заг}} = \rho_{\text{кор}}$ $\rho_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} D = \Delta_{\text{к}} 2R$

Допускаемая предельная кривизна Δ_k поковок типа валов

Средний Диаметр поковки D_{cp} , мм	Δ_k , мкм на 1 мм длины				
	После центровки для классов точности		После правки на прессах	После термообработки	
	T1, T2, T3	T4, T5		в печах	ТВЧ
До 25	5	10	0,20	2,5	1,25
25...50	5	10	0,15	1,5	0,75
50...80	3	6	0,12	1,5	0,75
80...120	2	4	0,10	1,0	0,50
120...180	1,6	3	0,08	1,0	0,50
180...260	1,4	2,5	-	-	-
260...360	1,2	2,0	-	-	-
360...500	1,1	1,5	-	-	-

Примечание.

Для ступенчатых валов средний диаметр D_{cp} определяют по формуле

$$D_{cp} = \frac{D_1 l_1 + D_2 l_2 + \dots + D_n l_n}{L} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i l_i}{L},$$

где D_1, D_2, \dots, D_n - диаметры стержней; l_1, l_2, \dots, l_n - длины ступеней;

L – общая длина вала.

Для стержневых деталей тип рычагов и пластин $D_{cp} = H_{cp}$ определяют по среднему сечению стержня.

Рекомендуемые варианты обработки
цилиндрических поверхностей

Вариант обработки	Средние экономически обоснованные параметры обработанной поверхности		
	Квалитет	Шероховатость	
		R _a , мкм	R _Z , R _a , мкм
1. Обтачивание однократное	12...10	6,3	40
1. Обтачивание черновое 2. Обтачиваниеполучистовое	11...10	12,5...6,3	80...40
1. Обтачивание черновое 2. Обтачивание получистовое 3. Обтачивание чистовое	9...7	3,2...1,6	20...2,5
1. Обтачивание черновое 2. Обтачивание чистовое 3. Шлифование однократное	8	3,2	20
1. Обтачивание однократное 2. Шлифование однократное	9...8	6,3...3,2	40...20
1. Обтачивание однократное 2. Шлифование предварительное 3. Шлифование чистовое	7...6	1,6...0,80	2,5...1,25
1. Обтачивание черновое 2. Обтачивание чистовое 3. Шлифование предварительное 4. Шлифование чистовое	6	0,80	1,25
1. Обтачивание черновое 2. Обтачивание чистовое 3. Обтачивание тонкое	6	1,6...0,80	0,4
1. Обтачивание черновое 2. Обтачивание чистовое 3. Шлифование предварительное 4. Шлифование чистовое	6...5	0,4...0,10	0,63...0,012

Рекомендуемые варианты обработки
цилиндрических отверстий в сплошном материале

Вариант обработки	Средние экономически обоснованные параметры обработанной поверхности		
	Квалитет	Шероховатость	
		R _a , мкм	R _Z , R _a , мкм
1. Сверление	12	25...12,5	160...80
1. Сверление 2. Зенкерование	11	6,3...3,2	40...20
1. Сверление 2. Развертывание	9...8	3,2...1,6	20...10
1. Сверление 2. Протягивание	9...8	3,2...0,8	20...1,25
1. Сверление 2. Зенкерование 3. Развертывание	8	3,2...1,6	20...2,5
1. Сверление 2. Развертывание предварительное 3. Развертывание чистовое	7	1,6	2,5
1. Сверление 2. Зенкерование 3. Развертывание предварительное 4. Развертывание чистовое	7	1,6	2,5
1. Сверление 2. Зенкерование 3. Шлифование	6	0,8	1,25
1. 2. 3.			

Рекомендуемые варианты обработки цилиндрических
отверстий в заготовках с отверстиями

Вариант обработки поверхности	Средние экономически обоснованные параметры обработанной поверхности		
	Квалитет	Шероховатость	
		R _a , мкм	R _Z , R _a , мкм
1	2	3	4
1. Рассверливание	12	25...12,5	160...80
1. Зенкерование однократное	12	6,3...3,2	40...20
1. Растачивание однократное	12	12,5	80
1.Зенкерование черновое 2.Зенкерование чистовое	10	6.3...3,2	40...20
1. Растачивание черновое 2. Растачивание чистовое	9...8	3,2...0,8	20...1,25
1. Зенкерование 2. Растачивание	9	3,2	20
1. Зенкерование 2. Развертывание	8	1,6	2,5
1. Растачивание предварительное 2. Развертывание	8	1,6	2,5
1. Зенкерование черновое 2. Зенкерование чистовое 3. Развертывание	8	1,6	2,5
1. Растачивание черновое 2. Растачивание чистовое 3. Развертывание	8	1,6	2,5
1.Зенкерование 2. Растачивание чистовое 3. Развертывание	8	1,6	2,5
1. Зенкерование 2. Развертывание черновое 3. Развертывание чистовое	7	0,4	0,63
1. Растачивание черновое 2. Растачивание чистовое 3. Развертывание черновое 4. Развертывание чистовое	7...6	0,4	0,63

Окончание прил. П.3.3

1. Растачивание черновое 2. Растачивание чистовое 3. Растачивание тонкое	7	0,4...0,2	0,63...0,32
1. Растачивание черновое 2. Растачивание чистовое 3. Шлифование	7	0,80	1,25
1. Растачивание черновое 2. Растачивание чистовое 3. Шлифование предварительное 4. Шлифование окончательное	6	0,20	0,40
1. Протягивание прогрессивное 2. Шлифование	7	0,80	1,25
1. Зенкерование 2. Протягивание	8...7	0,80	1,25

Приложение П.3.4

Средняя точность обработки зубчатых колес

Способ обработки	Степень точности	Параметр шероховатости R_a , мкм
Фрезерование:		
предварительное	9...10	12,5...3,2
чистовое дисковой фрезой	8...9	6,3...1,6
чистовое червячной фрезой	7...6	6,3...1,6
Долбление чистовое	6...8	3,2...0,8
Протягивание	6...7	3,2...0,8
Строгание чистовое	5...7	3,2...0,8
Шевингование	5...7	1,6...0,4
Шлифование дисковыми и тарельчатыми кругами	4...5	0,8...0,2
Шлифование червячными кругами	3...4	0,8...0,63
Притирка	4...5	0,63...0,32

Рекомендуемые варианты обработки плоских поверхностей

Вариант обработки поверхности	Средние экономически обоснованные параметры обработанной поверхности		
	Квалитет	Шероховатость	
		R _a , мкм	R _z , мкм
Цилиндрическое фрезерование			
1. Фрезерование однократное	12	12,5	80
1. Фрезерование черновое 2. Фрезерование получистовое	11	6,3	40
1. Фрезерование черновое 2. Фрезерование получистовое 3. Фрезерование чистовое	9	1,6	10
Торцовое фрезерование			
1. Фрезерование однократное	12...11	6,3	40
1. Фрезерование черновое 2. Фрезерование получистовое	11	3,2	20
1. Фрезерование черновое 2. Фрезерование получистовое 3. Фрезерование чистовое	9	1,6	10
1. Фрезерование черновое 2. Фрезерование чистовое 3. Фрезерование тонкое	8	0,80	1,25
1. Стругание однократное	12	12,5	80
1. Стругание черновое 2. Стругание чистовое	11	3,2	20
1. Стругание черновое 2. Стругание чистовое 3. Стругание тонкое	9...8	1,6...0,8	2,5...1,25
1. Протягивание однократное	11...9	6,3	40
1. Протягивание предварительное 2. Протягивание чистовое	8...6	3,2...0,8	20...1,25
1. Шлифование однократное	8	1,6...0,8	2,5...1,25
1. Шлифование предварительное 2. Шлифование чистовое	8...7	1,6...0,8	2,5...1,25
1. Шлифование предварительное 2. Шлифование чистовое 3. Шлифование тонкое	6	0,2...0,05	0,32...0,08

Приложение П.3.6

Средняя точность и шероховатость обработки
резьбовых поверхностей

Способ обработки	Поле допуска	Параметр шероховатости R_a , мкм
Круглыми плашками	8g	12,5...6,3
Метчиками	6...7H	6,3...3,2
Фрезерование: дисковыми фрезами	6g	6,3...1,6
гребенчатыми фрезами	6g	6,3...3,2
Точение: резцами	4g	3,2...0,8
гребенками	6g	6,3...0,8
Вращающимися резцами (вихревой метод)	6g	3,2...1,6
Самораскрывающимися головками	4g	0,8...0,4
Накатывание: плоскими плашками	6g, 7g, 8g	0,8...0,4
резьбонакатными роликами	6g...7g	0,8...0,2
Шлифование	4g...5g	0,32...0,64

Приложение П.4.1

Минимальные припуски на чистовое обтачивание валов
после черного обтачивания

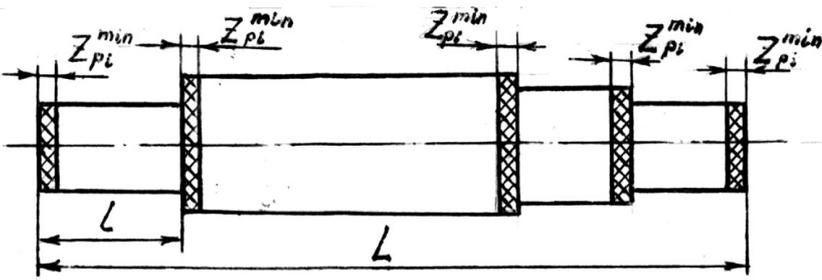
Диаметр вала,	Длина обрабатываемой детали, мм				
	Припуск на диаметр $2Z^{\min}$, мм				
10...18	0,9	0,9	1,0	1,1	-
18...30	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4
30...50	1,0	1,0	1,1	1,3	1,5
50...80	1,1	1,1	1,2	1,4	1,6
80...120	1,1	1,2	1,2	1,4	1,6
120...180	1,2	1,2	1,3	1,5	1,7
180...260	1,3	1,3	1,4	1,6	1,8
260...360	1,3	1,4	1,5	1,7	1,9

Минимальный припуск на шлифование валов
после чистового обтачивания

Диаметр вала, мм	Состояние вала	Длина вала, мм					
		До 100	100-250	250-500	500-800	800-1200	1200-2000
Припуск на диаметр $2Z_{\min}$, мм							
1	2	3	4	5	6	7	8
До 10	Сырой	0,2	0,2	0,3	-	-	-
	Закаленный	0,3	0,3	0,4	-	-	-
10...18	Сырой	0,2	0,3	0,3	0,3	-	-
	Закаленный	0,3	0,3	0,4	0,5	-	-
18...30	Сырой	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	-
	Закаленный	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	-
30...50	Сырой	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6
	Закаленный	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7
50...80	Сырой	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7
	Закаленный	0,4	0,5	0,5	0,6	0,8	0,9
80...120	Сырой	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7
	Закаленный	0,5	0,5	0,6	0,6	0,8	0,9
120...180	Сырой	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8
	Закаленный	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
180...260	Сырой	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9
	Закаленный	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,1
260...360	Сырой	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9
	Закаленный	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1

Приложение П.4.3

Минимальные припуски на чистовое подрезание торцов



Диаметр детали, мм	Общая длина обрабатываемой детали L, мм					
	До 18	18-50	50-120	120-260	260-500	Св. 500
	Припуск Z_{pi}^{min} , мм					
До 30	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2
30...50	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2
50...120	0,7	0,7	0,8	1,0	1,2	1,2
120...260	0,8	0,8	1,0	1,0	1,2	1,4
260...500	1,0	1,0	1,2	1,2	1,4	1,5
Св. 500	1,2	1,2	1,4	1,4	1,5	1,7

П

Приложение П.4.4

Минимальные припуски на шлифование торцов

Диаметр детали, мм	Z^{min} при общей длине обрабатываемой детали L, мм					
	До 18	18-50	50-120	120-260	260-500	Св. 500
1	2	3	4	5	6	7
До 30	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6

Окончание прил. П.4.4

1	2	3	4	5	6	7
30...50	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6
50...120	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6
120...260	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7
260...500	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7
Св. 500	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8

Примечания:

1. При обработке валов с уступами припуск берут на каждый уступ отдельно, исходя из его диаметра D и общей длины L .
2. Допуск устанавливают на измеряемый размер L .

Приложение П.4.5

Межпереходные размеры при обработке отверстий
в сплошном материале с полем допуска H7

Диаметр отверстия, мм	Диаметр получаемого отверстия, мм					
	Сверло		После растачи- вания резцом	После зенкера	После черно- вой раз- вертки	После чисто- вой раз- вертки
	1-е	2-е				
1	2	3	4	5	6	7
10	9,8	-	-	-	9,96	10H7
12	11,0	-	-	11,85	11,95	12H7
14	13,0	-	-	13,85	13,95	14H7
15	14,0	-	-	14,85	14,95	15H7
16	15,0	-	-	15,85	15,95	16H7

Окончание прил. П.4.5

1	2	3	4	5	6	7
18	17,0	-	-	17,85	17,94	18H7
20	18,0	-	19,8	19,80	19,94	20H7
22	20,0	-	21,8	21,80	21,94	22H7
24	22,0	-	23,8	23,80	23,94	24H7
25	23,0	-	24,8	24,80	24,94	25H7
26	24,0	-	25,8	25,80	25,94	26H7
28	26,0	-	27,8	27,80	27,94	28H7
30	15,0	28,0	29,8	29,80	29,93	30H7
32	15,0	30,0	31,7	31,75	31,93	32H7
35	20,0	33,0	34,7	34,75	34,93	35H7
38	20,0	36,0	37,7	37,75	37,93	38H7
40	25,0	38,0	39,7	39,75	39,93	40H7
42	25,0	40,0	41,7	41,75	41,93	42H7
45	25,0	43,0	44,7	44,75	44,93	45H7
48	25,0	46,0	47,7	47,75	47,93	48H7
50	25,0	48,0	49,7	49,75	49,93	50H7
60	30,0	55,0	59,7	59,50	59,93	60H7
70	30,0	65,0	69,5	69,50	69,90	70H7
80	30,0	75,0	79,5	79,50	79,90	80H7
90	30,0	80,0	89,3	-	89,90	90H7
100	30,0	80,0	99,3	-	99,90	100H7

Межпереходные размеры при обработке отверстий
в сплошном материале с полем допуска Н8

Диаметр отверстия, мм	Диаметр получаемого отверстия, мм				
	Сверло		После рас- тачивания резцом	После зенкера	После развертки
	1-е	2-е			
1	2	3	4	5	6
10	9,8	-	-	-	10Н8
12	11,8	-	-	-	12Н8
14	13,8	-	-	-	14Н8
15	14,8	-	-	-	15Н8
16	15,8	-	-	15,85	16Н8
18	17,0	-	-	17,85	18Н8
20	18,0	-	19,8	19,80	20Н8
22	20,0	-	21,8	21,80	22Н8
24	22,0	-	23,8	23,80	24Н8
25	23,0	-	24,8	24,80	25Н8
26	24,0	-	25,8	25,80	26Н8
28	26,0	-	27,8	27,80	28Н8
30	15,0	28,0	29,8	29,80	30Н8
32	15,0	30,0	31,7	31,75	32Н8
35	20,0	33,0	34,7	34,75	35Н8
38	20,0	36,0	37,7	37,75	38Н8
40	25,0	38,0	39,7	39,75	40Н8
42	25,0	40,0	41,7	41,75	42Н8
45	25,0	43,0	44,7	44,75	45Н8
48	25,0	46,0	47,7	47,75	48Н8
50	25,0	48,0	49,7	49,75	50Н8
60	30,0	55,0	59,5	-	60Н8
70	30,0	65,0	69,5	-	70Н8
80	30,0	75,0	79,5	-	80Н8
90	30,0	80,0	89,3	-	90Н8
100	30,0	80,0	99,3	-	100Н8

Межпереходные размеры при обработке литых
или штампованных отверстий

Диаметр отверстия, мм	Диаметр получаемого отверстия, мм				
	Черновое растачивание		Чистовое растачи- вание	Черновая развертка	Чистовая развертка (H7 или H8)
	1-е	2-е			
1	2	3	4	5	6
30	-	28,0	29,8	29,93	30
32	-	30,0	31,7	31,93	32
35	-	33,0	34,7	34,93	35
38	-	35,0	37,7	37,93	38
40	-	38,0	39,7	39,93	40
42	-	40,0	41,7	41,93	42
45	-	43,0	44,7	44,93	45
48	-	46,0	47,7	47,93	48
50	45	48,0	49,7	49,93	50
52	47	50,0	51,5	51,92	52
55	51	53,0	54,5	54,92	55
58	54	56,0	57,5	57,92	58
60	56	58,0	59,5	59,92	60
62	58	60,0	61,5	61,92	62
65	61	63,0	64,5	64,92	65
68	64	66,0	67,5	67,90	68
70	66	68,0	69,5	69,90	70
72	68	70,0	71,5	71,90	72
75	71	73,0	74,5	74,90	75
80	75	78,0	79,5	79,90	80
82	77	80,0	81,3	81,85	82
85	80	83,0	84,3	84,85	85
88	83	86,0	87,3	87,85	88

Приложение П.4.8

Припуски на диаметр под различные методы обработки отверстий, мм

Интервал размеров, мм	Припуски на диаметр для методов, мм				
	Чистового растачивания после чернового или после зенкерования	Развертывания нормального	Чистового развертывания	Растачивания или зенкерования после сверления	Развертывания после сверления
10...18	-	0,14	0,04	0,7	0,2
18...30	0,7	1,18	0,05	1,0	0,25
30...50	0,8	0,23	0,06	1,3	0,32
50...80	1,0	0,27	0,07	-	-
80...120	1,2	0,32	0,09	-	-
120...180	1,4	-	-	-	-
180...260	1,5	-	-	-	-

Приложение П.4.9

Минимальный припуск на шлифование отверстий

Диаметр отверстия, мм	Состояние поверхности детали	Длина шлифуемого отверстия, мм			
		до 50	50-100	100-200	200-300
		Припуск на диаметр $2Z^{\min}$, мм			
1	2	3	4	5	6
До 10	Сырая	0,2	-	-	-
	Закаленная	0,2	-	-	-
10...18	Сырая	0,2	0,3	-	-
	Закаленная	0,3	0,4	-	-
18...30	Сырая	0,3	0,3	0,4	-
	Закаленная	0,3	0,4	0,4	-
30...50	Сырая	0,3	0,3	0,4	0,4
	Закаленная	0,4	0,4	0,4	0,5
50...80	Сырая	0,4	0,4	0,4	0,5
	Закаленная	0,4	0,5	0,5	0,5

Окончание прил.4.9

1	2	3	4	5	6
80...120	Сырая	0,5	0,5	0,5	0,5
	Закаленная	0,5	0,5	0,6	0,6
120...180	Сырая	0,6	0,6	0,6	0,6
	Закаленная	0,6	0,6	0,6	0,6
180...260	Сырая	0,6	0,6	0,7	0,7
	Закаленная	0,7	0,7	0,7	0,7
260...360	Сырая	0,7	0,7	0,7	0,8
	Закаленная	0,7	0,8	0,8	0,8
360...500	Сырая	0,8	0,8	0,8	0,8
	Закаленная	0,8	0,8	0,8	0,9

Приложение П.4.10

Минимальный припуск на тонкое (алмазное) растачивание

Диаметр отвер- стия, мм	Обрабатываемый материал					
	Легкие сплавы		Чугун и бронза		Сталь	
	Характер обработки					
	Предва- ритель- ная	Оконча- тельная	Предва- ритель- ная	Оконча- тельная	Предва- ритель- ная	Оконча- тельная
	Припуск на диаметр $2Z^{\min}$, мм					
До 30	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1
30...50	0,3	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1
50...80	0,4	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1
80...120	0,4	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1
120...180	0,5	0,1	0,4	0,1	0,3	0,1
180...260	0,5	0,1	0,4	0,1	0,3	0,1
260...360	0,5	0,1	0,4	0,1	0,3	0,1

Приложение П.4.11

Минимальный припуск на хонингование отверстий

Диаметр отверстия, мм	Припуск на диаметр $Z_{p_i}^{\min}$, мм					
	После тонкого расточивания		После чистового расточивания		После шлифования	
	Обрабатываемый материал					
	Чугун	Сталь	Чугун	Сталь	Чугун	Сталь
До 50	0,09	0,06	0,09	0,07	0,08	0,05
50...80	0,10	0,07	0,10	0,08	0,09	0,05
80...120	0,11	0,08	0,11	0,09	0,10	0,06
120...180	0,12	0,09	0,12	-	0,11	0,07
180...260	0,12	0,09	-	-	0,12	0,08

Приложение П.4.12

Минимальные припуски на протягивание отверстий

Длина отверстия, мм	Диаметр протягиваемого отверстия, мм			
	10...18	19...30	31...50	51...800
	Припуск на диаметр $2Z_{p_i}^{\min}$, мм			
До 10	0,2	0,3	-	-
10...18	0,3	0,3	0,4	-
18...30	0,4	0,4	0,5	0,6
30...50	0,5	0,5	0,5	0,6
50...80	-	0,5	0,6	0,7
80...120	-	0,6	0,6	0,7
120...180	-	-	0,7	0,8

Приложение П.4.13

Минимальные припуски на обработку плоскостей

Характер припуска	Длина обрабатываемой поверхности, мм	Ширина обрабатываемой поверхности, мм	
		До 100	100...500
		Припуск $2Z^{\min}$, мм	
На чистовое строгание или фрезерование	До 300	1,0	1,5
	300...1000	1,5	2,0
На шлифование после чистовой обработки	До 300	0,3	0,4
	300...1000	0,4	0,5
На шабрение	До 300	0,1	0,2
	Св.300...1000	0,2	0,25

Приложение П.4.14

Диаметры сверл для обработки отверстий под нарезание метрической резьбы

Резьба	Диаметр сверла, мм при шаге резьбы						
	Крупном	Мелком					
		0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	2,0
M5	4,2	4,5					
M6	5,0	5,5	5,2				
M8	6,7	7,5	7,2				
M10	8,5	9,5	9,2	9,0	8,7		
M12	10,2	11,5	11,2	11,0	10,7	10,5	
M14	12,0	13,5	13,2	13,0	12,7	12,5	
M16	14,0	15,5	15,25	15,0	–	14,5	
M18	15,5	17,5	17,25	17,0	–	16,5	16,0
M20	17,5	19,5	19,25	19,0	–	18,5	18,0
M22	19,5	21,5	21,25	21,0	–	20,5	20,0
M24	21,0	–	23,25	23,0	–	22,5	22,0
M27	24,0	–	26,25	26,0	–	25,5	25,0
M30	26,5	–	29,25	29,0	–	28,5	28,0

Приложение П.4.15

Припуски на обработку цилиндрических зубчатых колес (на сторону), мм

Метод обработки	Припуск на сторону при модуле							
	2	3	4	5	6	7	8	9
Чистовое зубо-фрезерование, зубодолбление	0,3	0,35	0,45	0,55	0,6	0,7	0,8	0,9
Шевингование при диаметре колеса: до 50; св. 50 до 100; св. 100 до 200	0,06	0,08	0,10	—	—	—	—	—
	0,08	0,10	0,12	0,12	0,14	0,16	0,16	0,18
	0,12	0,18	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28
Шлифование при диаметре колеса: св.50 до 100; св. 100 до 200; св. 200 до 300	0,16	0,16	0,18	0,18	0,20	—	—	—
	0,18	0,18	0,20	0,22	0,22	0,24	0,24	0,26
	0,18	0,20	0,22	0,24	0,24	0,26	0,26	0,28

Приложение П.4.16

Предельные отклонения размеров отверстий по ЕСДП

Интервалы размеров, мм	Обозначение полей допусков по ГОСТ 25347 - 82								
	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H14	H16
	Предельные отклонения для полей допусков отверстий, мкм								
10-18	+11 0	+18 0	+27 0	+43 0	+70 0	+110 0	+180 0	+400 0	+1100 0
18-30	+13 0	+21 0	+33 0	+52 0	+84 0	+130 0	+210 0	+520 0	+1300 0
30-50	+16 0	+25 0	+39 0	+62 0	+100 0	+160 0	+250 0	+620 0	+1600 0
50-80	+19 0	+30 0	+46 0	+74 0	+120 0	+190 0	+300 0	+740 0	+1900 0
80-120	+22 0	+35 0	+54 0	+87 0	+140 0	+220 0	+350 0	+870 0	+2200 0
120-180	+25	+40	+63	+100	+160	+250	+400	+1000	+2500
	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Предельные отклонения размеров валов по ЕСДП, мкм

Интервал размеров	Предельные отклонения размеров валов для полей допусков							
	h6	h7	h 8	h 9	h 10	h 11	h 12	h 14
От 1	0	0	0	0	0	0	0	0
до 3	-6	-10	-14	-25	-40	-60	-100	-250
Св. 3	0	0	0	0	0	0	0	0
до 6	-8	-12	-18	-30	-48	-75	-120	-300
Св.6	0	0	0	0	0	0	0	0
до 10	-9	-15	-22	-36	-58	-90	-150	-360
Св. 10	0	0	0	0	0	0	0	0
до 18	-11	-18	-27	-43	-70	-110	-180	-430
Св. 18	0	0	0	0	0	0	0	0
до 30	-13	-21	-33	-52	-84	-130	-210	-520
Св.30	0	0	0	0	0	0	0	0
до 50	-16	-25	-39	-62	-100	-160	-250	-620
Св. 50	0	0	0	0	0	0	0	0 –
до 80	-19	-30	-46	-74	-120	-190	-300	740
Св. 80	0	0	0	0	0	0	0	0
до 120	-22	-35	-54	-87	-140	-220	-350	-870
Св. 120	0	0	0	0	0	0	0	0
до 180	-25	-40	-63	-100	-160	-250	-400	-1000
Св. 180	0	0	0	0	0	0	0	0
до 250	-29	-46	-72	-115	-185	-290	-460	-1150
Св. 250	0	0	0	0	0	0	0	0
до 315	-32	-52	-81	-130	-210	-320	-520	-1300
Св. 315	0	0	0	0	0	0	0	0
до 400	-46	-57	-89	-140	-230	-360	-570	-1400
Св. 400 до 500	0 –	0 -63	0 -97	0 -155	0 -250	0 -400	0 -630	0 -1550

Приложение П.4.18

Параметры шероховатости и точность размеров
при различных видах обработки

Вид обработки	Шероховатость R_a , мкм	Точность размера (кавалитет)
1	2	3
Отрезка: - приводной пилой - резцом - фрезой - абразивным кругом	50...25 12,5 100...25 50...25 6,3...3,2	17...15 17...14 17...14 15...12
Строгание: - черновое - чистовое - тонкое	25...12,5 6,3...3,2 1,6...0,80	14...12 13...11; 10 10...8; 7
Долбление: - черновое - чистовое	50...25 12,5...3,2	15...14 13...12
Фрезерование цилиндрической фрезой: - черновое - чистовое - тонкое	50...25 6,3...3,2 1,6...0,80	14...11 11...10 9...7
Фрезерование торцовой фрезой: - черновое - чистовое - тонкое	12,5...6,3 6,3...3,2 1,6 1,6...0,80	14...12; 11 11;10 9;8;7
Фрезерование концевой фрезой: - черновое - чистовое	25...6,3 6,3...1,6	14...12 11
Обтачивание при продольной подаче: - обдирочное - получистовое - чистовое - тонкое (алмазное)	100...25 12,5...6,3 3,2...1,6 0,80 0,80...0,40 0,20	17...15 14...12

1	2	3
Обтачивание при поперечной подаче: - обдирочное - получистовое - чистовое - тонкое (алмазное)	100...25 12,5...6,3 3,2...1,6 0,90...0,40	16...17 15...14 13...11 11...8
Сверление до 15мм: - без кондуктора - по кондуктору	12,5...6,3 -	14...12 11
Сверление св. 15мм: - без кондуктора - по кондуктору	25...12,5 -	14...12 11
Зенкерование: - черновое - чистовое	25...12,5 6,3...3,2	15...12 11...10
Растачивание: - черновое - получистовое - чистовое - тонкое	100...50 25...12,5 3,2...1,6 0,80...0,40	17...15 14...12 9...8 7
Развертывание: - получистовое - чистовое - тонкое	12,5...6,3 3,2...1,6 0,80...0,40	10...8 7;8 7;6
Протягивание: - получистовое - чистовое - отделочное	6,3 3,2...0,80 0,40...0,20	9...8 8...7 7
Шлифование круглое: - получистовое - чистовое - тонкое	6,3...3,2 1,6...0,80 0,40... 0,10	11...8 8...6 5
Шлифование плоское: - получистовое - чистовое - тонкое	6,3...3,2 1,6...0,80 0,40...0,2	11...8 8...6 7...6

Примечания:

1. Значения приведены для сталей; для чугуна, алюминия и алюминиевых сплавов следует брать меньшие значения параметров; для сплавов на медной основе - большие значения.

Приложение П.4.20

Минимальные диаметры отверстий, получаемых в отливках

Длина или глубина отверстия, мм	Минимальные диаметры отверстий, получаемых в отливках при толщине стенок, окружающих отверстие, мм						
	до 25	25-50	50-80	80-125	125-180	180-265	265-360
До 25	25	25	25	25	25	25	25
25...50	28	32	33	33	33	33	33
50...100	32	38	40	40	40	40	40
100...150	38	42	50	50	50	50	50
150...250	-	48	55	60	60	60	60
250...400	-	54	65	80	80	80	80
400...600	-	-	72	90	100	100	100

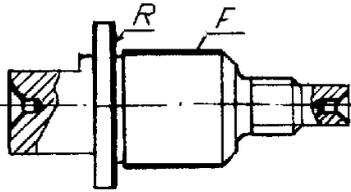
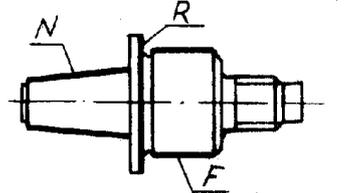
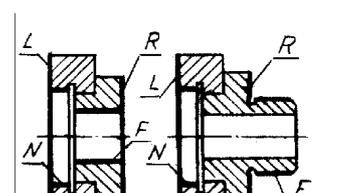
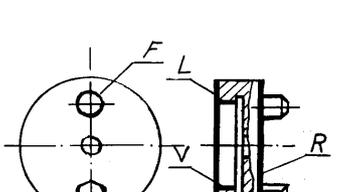
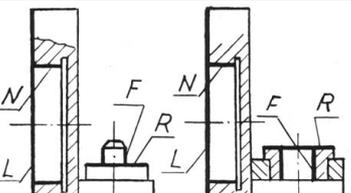
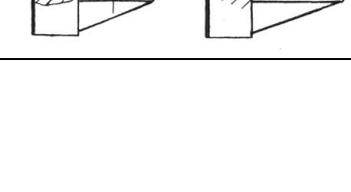
Приложение П.4.20

Предельные диаметры прошиваемых отверстий, мм

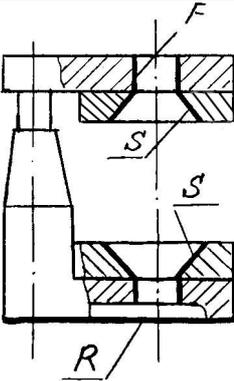
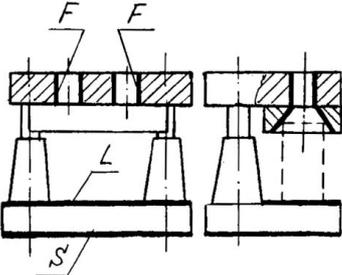
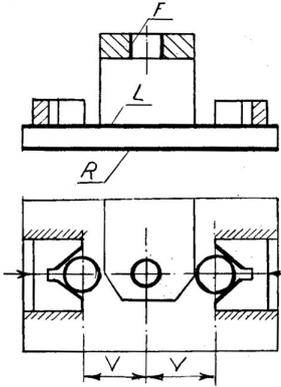
Высота детали, мм	Наружные размеры поковки, мм (D,B)							
	201...250		251...315		316...400		401...500	
	min	max	min	max	min	max	min	max
100...125	80	80	80	100	80	125	80	150
126...160	80	80	80	100	80	125	80	150
161...200	80	80	80	100	80	125	80	150
201...250	80	80	80	100	80	125	80	150
251...315	80	80	80	100	80	125	80	150
316...400	-	-	100	100	100	125	100	150
401...500	-	-	-	-	125	125	125	150
501...630	-	-	-	-	-	-	125	150

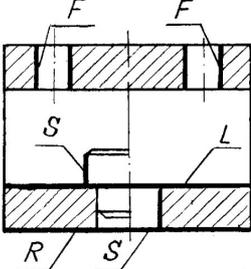
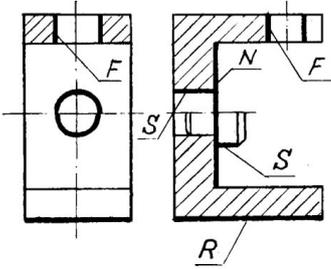
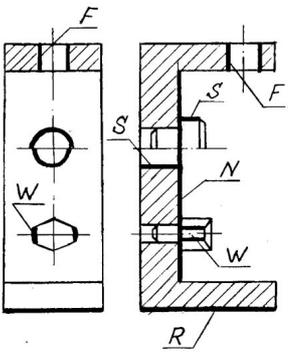
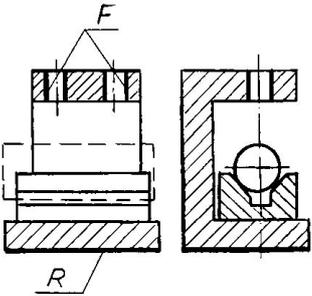
Приложение П.5.1

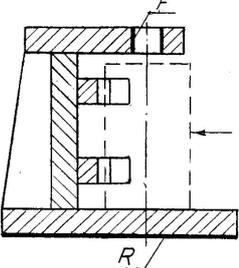
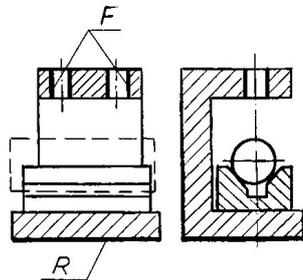
Типовые технические требования для приспособлений к токарным, кругло- и внутришлифовальным станкам

Схема приспособления	Типовые технические требования
<p style="text-align: center;">1</p> 	<p style="text-align: center;">2</p>
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Биение поверхности F относительно оси центровых отверстий не более ...мм. 2. Биение поверхности R относительно оси центровых отверстий не более мм на диаметре...мм.
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Биение поверхности F относительно поверхности N не более...мм. 2. Биение поверхности R относительно поверхности N не более...мм.
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Биение поверхности F относительно поверхностей N и L не более ...мм. 2. Отклонение от параллельности поверхности R относительно поверхности L не более...мм на диаметре...мм.
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отклонение от параллельности поверхности L относительно поверхности R не более ...мм на диаметре...мм. 2. Несовпадение плоскости, проходящей через оси поверхностей F и N, с осью поверхности V не более...мм.
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отклонение от перпендикулярности поверхности R к поверхности F не более ...мм на длине...мм. 2. Несовпадение оси поверхности F с осью поверхности N не более...мм.

Типовые технические требования для приспособлений
к сверлильным станкам

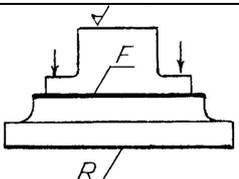
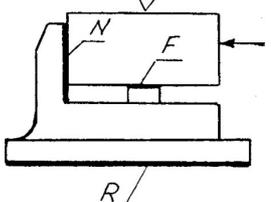
Схема приспособления	Типовые технические требования
<p style="text-align: center;">1</p> 	<p style="text-align: center;">2</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отклонение от перпендикулярности оси поверхности F (или осей кондукторных втулок) к поверхности R не более... мм на длине ...мм. 2. Несовпадение оси поверхности F с осью поверхности S (или поверхностей S) не более...мм.
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отклонение от перпендикулярности оси поверхности F (или осей кондукторных втулок) к поверхностям S не более...мм на длине...мм. 2. Отклонение от параллельности поверхности L относительно поверхности S не более...мм на длине...мм. 3. Несовпадение оси поверхности F (или поверхностей F) с плоскостью симметрии призмы (или призм) не более...мм.
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отклонение от перпендикулярности оси поверхности F (или осей кондукторных втулок) к поверхности R не более...мм на длине...мм. 2. Отклонение от параллельности поверхности L относительно поверхности R не более...мм на длине...мм. 3. Несовпадение оси поверхности F (или поверхностей F) с плоскостью симметрии призмы (или призм) не более...мм. 4. Разность размеров V не более ...мм на длине хода призмы.

1	2
	<p>1. Отклонение от перпендикулярности оси поверхности F (или осей кондукторных втулок) к поверхности R не более...мм на длине...мм.</p> <p>2. Несовпадение оси поверхности F с осью поверхности S (или поверхностей S) не более...мм.</p> <p>3. Несовпадение оси поверхности S с плоскостью, проходящей через оси поверхности F, не более...мм.</p>
	<p>1. Отклонение от перпендикулярности оси поверхности F (или осей кондукторных втулок) к поверхности R не более...мм на длине...мм.</p> <p>2. Несовпадение оси поверхности F с осью поверхности S (или поверхностей S) не более...мм.</p> <p>3. Отклонение от перпендикулярности оси поверхности N к поверхности R не более...мм</p>
	<p>1. Отклонение от перпендикулярности оси поверхности F (или осей кондукторных втулок) к поверхности R не более...мм на длине...мм.</p> <p>2. Несовпадение оси поверхности F с осью поверхности S (или поверхностей S) не более...мм.</p> <p>3. Отклонение от перпендикулярности оси поверхности N к поверхности R не более...мм на длине...мм.</p>
	<p>1. Отклонение от перпендикулярности оси поверхности F (или осей кондукторных втулок) к поверхности R не более...мм на длине...мм.</p> <p>2. Отклонение от параллельности поверхности L относительно поверхности R не более...мм на длине...мм.</p>

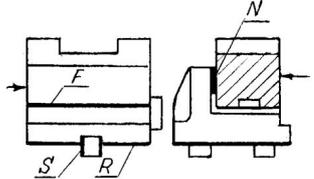
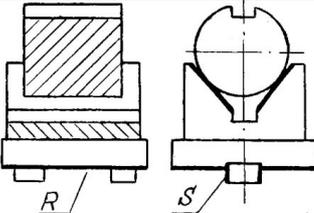
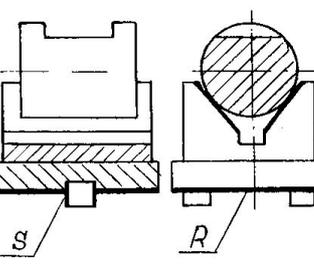
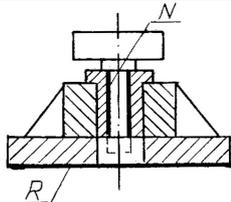
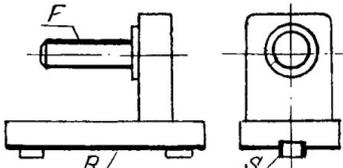
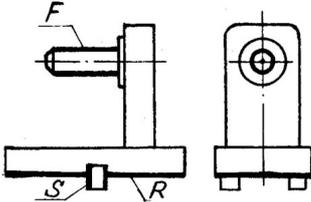
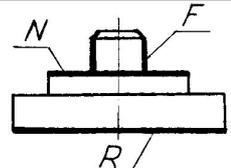
1	2
	<p>1. Отклонение от перпендикулярности оси поверхности F (или осей кондукторных втулок) к поверхности R не более...мм на длине...мм.</p> <p>2. Несовпадение оси поверхности F (или поверхностей F) с осью контрольного валика, установленного в призму, не более...мм.</p>
	<p>1. Отклонение от перпендикулярности оси поверхности F (или осей кондукторных втулок) к поверхности R не более...мм на длине...мм.</p> <p>2. Несовпадение оси поверхности F (или поверхностей F) с осью контрольного валика, установленного в призму, не более...мм.</p> <p>3. Отклонение от параллельности оси контрольного валика, установленного в призму, относительно поверхности R не более...мм на длине...мм.</p>

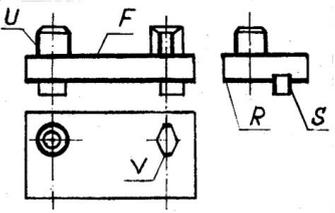
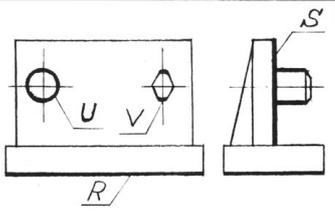
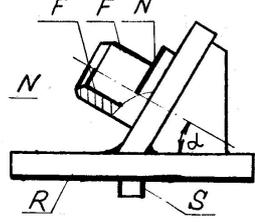
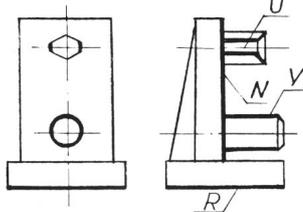
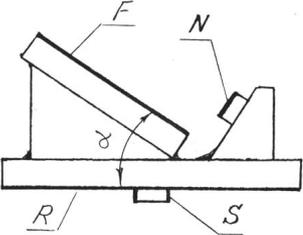
Приложение П.5.3

Типовые технические требования для приспособлений к фрезерным, строгальным и плоскошлифовальным станкам

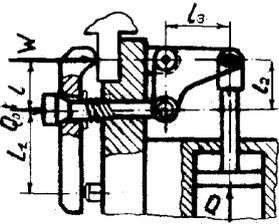
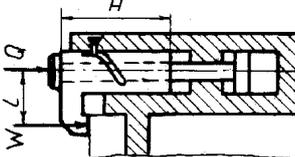
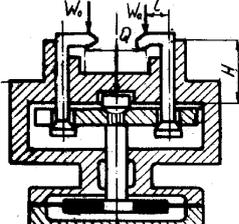
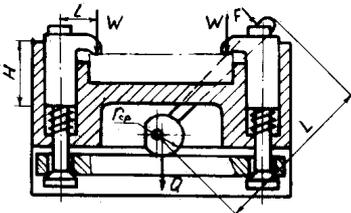
Схема приспособления	Типовые технические требования
<p style="text-align: center;">1</p> 	<p style="text-align: center;">2</p> <p>Отклонение от параллельности поверхности F относительно поверхности R не более...мм на длине...мм.</p>
	<p>1. Отклонение от параллельности поверхности F относительно поверхности R не более...мм на длине...мм.</p> <p>2. Отклонение от перпендикулярности поверхности N к поверхности R не более...мм на длине...мм.</p>

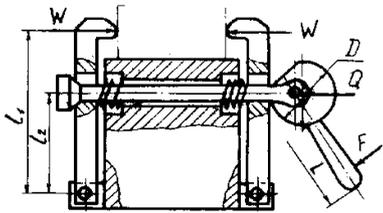
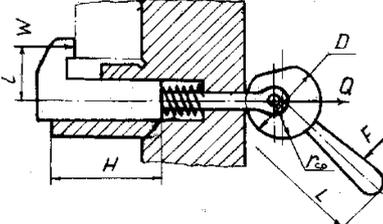
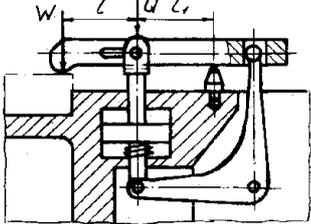
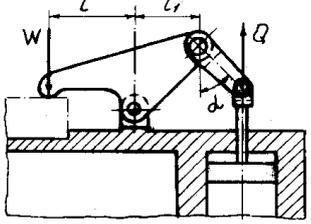
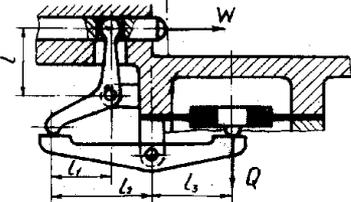
Продолжение прил. 5.3

	<p>1. Отклонение от параллельности поверхности F относительно поверхности R не более...мм на длине...мм.</p> <p>2. Отклонение от перпендикулярности поверхности N к поверхности S не более...мм на длине...мм.</p>
	<p>Отклонение от параллельности оси контрольного валика, установленного в призму, относительно поверхности R (или S, или S и R) не более...мм на длине...мм.</p>
	<p>1. Отклонение от параллельности оси контрольного валика, установленного в призму, относительно поверхности R (или S, или S и R) не более...мм на длине...мм.</p> <p>2. Отклонение от перпендикулярности оси контрольного валика, установленного в призму, к S не более...мм на длине...мм.</p>
	<p>Отклонение от перпендикулярности поверхности N к поверхности R не более...мм на длине...мм.</p>
	<p>Отклонение от параллельности оси контрольного валика, установленного в призму, относительно поверхности R (или S, или S и R) не более...мм на длине...мм.</p>
	<p>1. Отклонение от параллельности оси поверхности F относительно поверхности R не более...мм на длине...мм.</p> <p>2. Отклонение от перпендикулярности оси поверхности F к поверхности S не более...мм на длине...мм.</p>
	<p>Отклонение от перпендикулярности оси поверхности F к поверхности R (или N и R) не более...мм на длине...мм.</p>

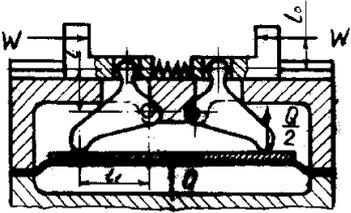
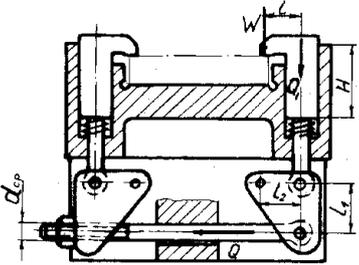
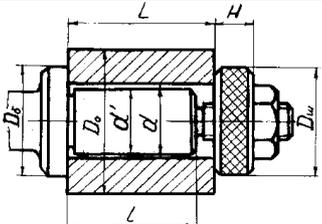
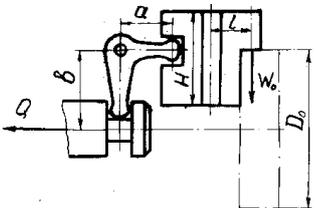
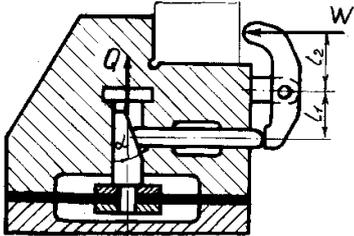
1	2
	<p>1. Отклонение от параллельности плоскости, проходящей через оси поверхностей U и V, относительно поверхности S не более...мм на длине...мм.</p> <p>2. Отклонение от параллельности поверхности F относительно поверхности R не более...мм</p>
	<p>1. Отклонение от перпендикулярности поверхности S к поверхности R не более...мм на длине...мм.</p> <p>2. Отклонение от параллельности плоскости, проходящей через оси поверхностей U и V, относительно поверхности R не более...мм на длине...мм.</p>
	<p>1. Отклонение угла наклона α оси поверхности F к поверхности S не более...мм на длине...мм.</p> <p>2. Отклонение от перпендикулярности оси поверхности F к поверхности N не более...мм на длине...мм.</p>
	<p>1. Отклонение от перпендикулярности поверхности N к поверхности R не более...мм на длине...мм.</p> <p>2. Отклонение от перпендикулярности плоскости, проходящей через оси поверхностей U и V, к поверхности N (R) не более...мм на длине...мм.</p>
	<p>1. Отклонение угла наклона поверхности N относительно поверхности S не более...мм на длине...мм.</p> <p>2. Отклонение угла наклона α плоскости F относительно плоскости R не более...мм на длине...мм.</p>

Схемы конструкций многозвенных зажимных устройств и расчетные зависимости для определения усилий зажима

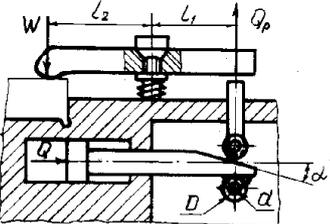
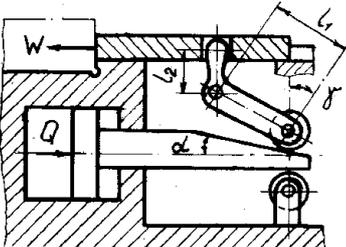
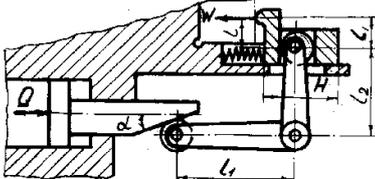
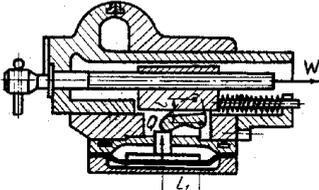
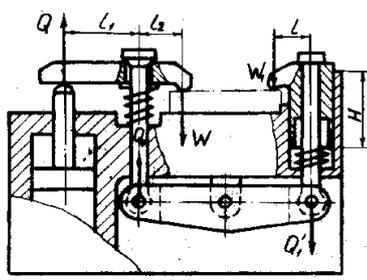
Схема устройства	Формулы для определения усилия, необходимого для получения заданной силы зажима
<p style="text-align: center;">1</p> 	<p style="text-align: center;">2</p> $Q = \left(W \frac{L+L_1}{L_1} + q \right) \frac{L_2}{L_1} \cdot \frac{1}{\eta},$ <p style="text-align: center;">или $Q = Q_0 \frac{L_2}{L_3} \cdot \frac{1}{\eta},$</p> <p style="text-align: center;">где $Q_0 = W \frac{L_1}{L+L_1} + q.$</p>
	$Q = \frac{W}{1 - 3 \frac{L}{H} f},$ <p>где f - коэффициент трения на направляющей поверхности зажимного звена.</p>
	$Q = n \frac{W_0}{1 - 3 \frac{L}{H} f} \cdot \frac{1}{\eta},$ <p>где n - количество прихватов; f - коэффициент трения, учитывающий трение в шарнирах.</p>
	$M = Q [tg(\alpha_{cp} + \varphi_1) + tg\varphi_2] r_{cp},$ <p>где $Q = 2 \left(\frac{W}{1 - \frac{3L}{H} f} + q \right);$</p> <p>$M = FL$ - момент, действующий на эксцентриковый кулачок;</p> <p>r_{cp} - средний радиус, проведенный из центра вращения кулачка в точку контакта;</p> <p>α_{cp} - средний угол подъема кривой эксцентрика;</p> <p>$\varphi_1 = \varphi_2 = 5^\circ 50'$ - углы трения.</p>

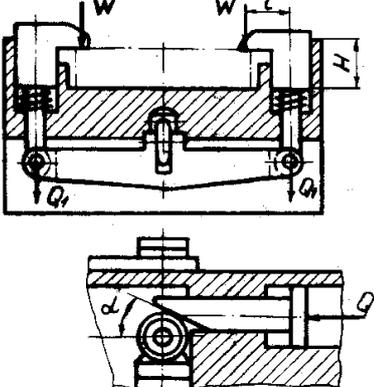
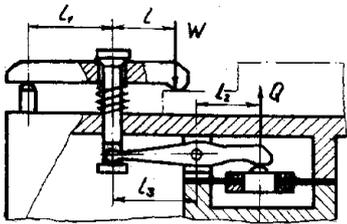
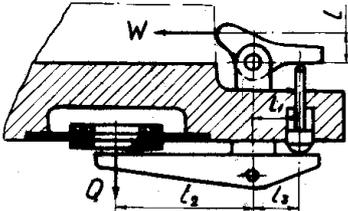
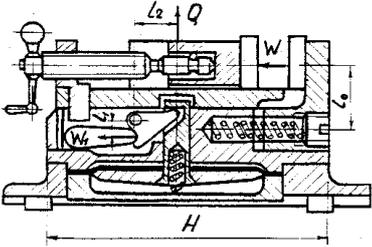
1	2
	$M = Q[\operatorname{tg}(\alpha_{cp} + \varphi_1) + \operatorname{tg}\varphi_2]r_{cp},$ <p>где $Q = 2(W + q)\frac{L_1}{L_2} \cdot \frac{1}{\eta}$;</p> <p>$M = FL$ - момент на кулачке;</p> <p>r_{cp} - средний радиус до точки контакта;</p> <p>α_{cp} - средний угол подъема кривой эксцентрика;</p> <p>$\varphi_1 = \varphi_2 = 5^\circ 50'$ - углы трения.</p>
	$M = Q[\operatorname{tg}(\alpha_{cp} + \varphi_1) + \operatorname{tg}\varphi_2]r_{cp},$ <p>где $Q = \frac{W}{1 - \frac{3L}{H}f} + q$;</p> <p>$M = FL$ - момент на кулачке;</p> <p>r_{cp} - средний радиус до точки контакта;</p> <p>α_{cp} - средний угол подъема кривой эксцентрика;</p> <p>$\varphi_1 = \varphi_2 = 5^\circ 50'$ - углы трения.</p>
	$Q = (W + q)\frac{L + L_1}{L_1} \cdot \frac{1}{\eta},$ <p>где η - коэффициент, учитывающий потери от трения в шарнирах.</p>
	$Q = W \frac{L}{L_1} \cdot \frac{\cos\alpha}{\eta},$ <p>где η - коэффициент, учитывающий потери от трения в шарнирах прихвата.</p>
	$Q = W \frac{L_1}{L} \cdot \frac{L_2}{L_3} \cdot \frac{1}{\eta},$ <p>где η - коэффициент, учитывающий потери от трения в шарнирах прихвата.</p>

Продолжение табл. П.5.4

1	2
	$Q = 2 \left(\frac{W}{1 - 3 \frac{L_0}{H} f} + q \right) \frac{L}{L_1} \cdot \frac{1}{\eta},$ <p>где f - коэффициент трения на направляющей поверхности ползуна; η - коэффициент, учитывающий потери от трения в кулачках.</p>
	$M = Q \left[\frac{d_{cp}}{2} \operatorname{tg}(\alpha_{cp} + \varphi_1) + \frac{2}{3} \cdot \frac{R_1^3 - r^3}{R^2 - r^2} f \right],$ <p>где $Q = 2Q_1 \frac{L_2}{L_1} \cdot \frac{1}{\eta},$</p> $Q = \frac{W}{1 + 3 \frac{L}{H} f_2} - q,$ <p>d_{cp} - средний диаметр резьбы; f_2 - коэффициент трения на прихватах; r и R_1 - радиусы кольцевого опорного торца гайки; f_1 - коэффициент трения в направляющих прихвата.</p>
	$Q = 3 \frac{(D^2 - d^2)}{f(D^3 - d^3)} K M_p,$ <p>где $f = 0,15 \dots 0,20$ - коэффициент трения; $K = 2,5$ - коэффициент запаса.</p>
	$Q = nK \left(1 + 3 \frac{L}{H} f \right) \frac{a}{b} W_0,$ <p>D_0 - диаметр обработки; $K_{тр} = 1,05$ - коэффициент, учитывающий дополнительные силы трения в патроне.</p>
	$W = \frac{WL_2}{\eta L_1} \left[\frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}\varphi_1}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)\operatorname{tg}\varphi_{2np}} \right],$ <p>где $\varphi = \varphi_1 = 5^\circ 50'$ - углы трения; $\varphi_{2np} = 11^\circ$ - приведенный угол трения; α - угол скоса клина; $\eta = 0,85 \dots 0,95$.</p>

Продолжение табл. П.5.4

1	2
	$W = \frac{WL_2}{\eta L_1} \left[\frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg}\varphi_1 \left(\frac{d}{D}\right)}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) \operatorname{tg}\varphi_2 \left(\frac{d}{D}\right)} \right],$ <p>где $\varphi_1 = \varphi_2 = 5^\circ 50'$ - углы трения; $\varphi_{np} = 2^\circ 50'$ - приведенный угол трения; α - угол скоса клина.</p>
	$Q = \frac{WL_2}{\eta L_1} \cos \gamma [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg}\varphi],$ <p>где $\varphi_{np} = 2^\circ 50'$ - приведенный угол трения; $\varphi_1 = 5^\circ 50'$ - угол трения; α - угол скоса клина; $\eta = 0,85 \dots 0,95$.</p>
	$Q = \frac{WL_2}{\eta L_1} \cdot \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg}\varphi_1}{1 - 3 \frac{L}{H} f},$ <p>$50'$ - приведенный угол трения; $\varphi_1 = 5^\circ 50'$ - угол трения; $f = 0,10 \dots 0,15$ - коэффициент трения плунжерной пары; α - угол скоса клина; $\eta = 0,85 \dots 0,95$.</p>
	$Q = (W + q) \frac{L}{L_1 \eta},$ <p>где $\eta = 0,7 \dots 0,8$ - коэффициент, учитывающий потери от трения в передающем кулачке.</p>
	$Q = W \frac{L_2}{L_1} \cdot \frac{1}{\eta}; \quad Q_1 = W \frac{L_2 + L_1}{L_1} - q; \quad Q'_1 = Q_1 \eta;$ $Q = \left(\frac{Q'_1}{\eta} + q \right) \frac{L_2}{L_2 + L_1} \cdot \frac{1}{\eta} \quad Q'_1 = W_1 \frac{1}{1 - 3 \frac{L}{H} f_2} + q_1$ <p>где q и q_1 - сопротивление пружин; f_2 - коэффициент трения в направляющих Г-образного прихвата; η_1 - КПД коромысла; η - КПД прихвата.</p>

1	2
	$Q = (Q_1 + q) \left[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{1np}) + \operatorname{tg} \varphi_2 \right] \frac{1}{\eta},$ $Q = W \frac{1}{1 - 3 \frac{L}{H} f_2},$ <p>где $\varphi_{1np} = 2^\circ 50'$ - приведенный угол трения; $\varphi_2 = 5^\circ 50'$ - угол трения; f_2 - коэффициент трения на направляющей поверхности кулачка.</p>
	$Q = \left(W \frac{L + L_1}{L_1 \eta} + q \right) \frac{L_3}{L_2} \cdot \frac{1}{\eta_1},$ <p>где η - коэффициент, учитывающий потери от трения в шарнирах верхнего прихвата; η_1 - то же для нижнего.</p>
	$Q = \left(W \frac{L}{L_1 \eta} + q \right) \frac{L_3}{L_2} \cdot \frac{1}{\eta_1},$ <p>где $\eta = \eta_1$ - коэффициент, учитывающий потери от трения на осях кулачка и рычага.</p>
	$Q = W_1 \frac{L_1}{L_2} \cdot \frac{1}{\eta} + q_1, \quad \text{где } W_1 = \frac{W}{1 - 3 \frac{L_0}{H} f} + q_2,$ <p>q_1 - сила сопротивления пружины возврата кулачков; q_2 - сила сопротивления пружины возврата зажимающей губки тисков; f - коэффициент трения на направляющих поверхностях подвижной губки; η - коэффициент, учитывающий потери от трения в кулачках; H - длина направляющей части подвижной (зажимающей) губки.</p>

Значение коэффициента K_2 , учитывающего затупление инструмента

Метод обработки	Материал заготовки	Компоненты сил резания	Коэффициент K_2
Сверление	Чугун	Крутящий момент	1,15
Зенкерование		Осевая сила	1,00
(предварительное по корке)		Крутящий момент	1,30
		Осевая сила	1,20
Зенкерование чистовое		Крутящий момент	1,20
		Осевая сила	1,20
Предварительное точение и растачивание	Сталь и чугун	P_z	1,0/1,0
		P_y	1,4/1,2
		P_x	1,6/1,25
Чистовое точение и растачивание	Сталь и чугун	P_z	1,0/1,05
		P_y	1,05/1,4
		P_x	1,0/1,3
Предварительное и чистовое фрезерование цилиндрической фрезой	Сталь с содержанием углерода до 0,3%	Окружная сила	1,6...1,8
	Сталь с содержанием углерода более 0,3%, чугун		1,2...1,4
Торцовое предварительное и чистовое фрезерование	Сталь с содержанием углерода до 0,3%	Тангенциальная сила	1,6...1,8
	Сталь с содержанием углерода более 0,3%, чугун		1,2...1,4
Шлифование		Окружная сила	1,15...1,2 0
Протягивание		Сила протягивания	1,5

Значения коэффициентов $K_0 \dots K_6$

Обозначение коэффициента	Область применения коэффициента	Значение коэффициента
K_0	Гарантированный коэффициент запаса	1,5
K_1	Учитывающий увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемых поверхностях заготовки: - при черновой обработке - при чистовой обработке	1,2 1,0
K_3	Учитывающий увеличение сил резания при прерывистом резании: - при прерывистом точении и торцевом фрезеровании - при непрерывном резании	1,2 1,0
K_4	Учитывающий постоянство сил зажима, развиваемых ЗМ: - для ЗМ с механизированным приводом, с пневмо- и гидроприводами одностороннего действия - для пневмокамер, пневморычажных систем, приспособлений с упругими (мембранными) элементами - для пневмо- и гидроцилиндров двухстороннего действия	1,3 1,2 1,0
K_5	Учитывающий эргономику немеханизированного ЗМ: - при неудобном расположении рукояток и угле поворота более 90° - при удобном расположении рукояток и угле поворота менее 90°	1,2 1,0
K_6	Учитывающий наличие моментов стремящихся повернуть заготовку, установленную плоской поверхностью: - при установке на опорные штыри - при установке на пластины	1,0 1,5

Если в результате расчета K окажется меньше 1,2, то принимают $K = 2,5$.

Приложение П.5.7

Значение коэффициента трения f в местах контакта

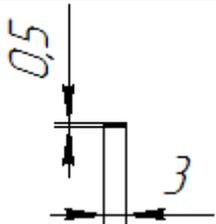
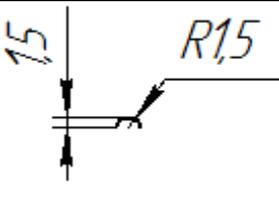
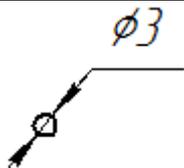
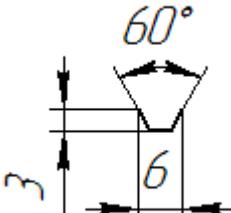
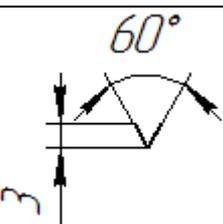
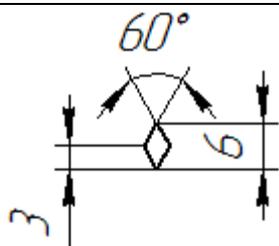
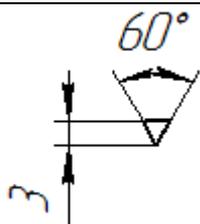
Вид контакта и условия трения	Значение коэффициента трения f
При контакте обработанных поверхностей заготовки с опорными и зажимными механизмами (ЗМ) приспособления	0,15
При контакте необработанных поверхностей заготовок (отливок, поковок) с опорами в виде постоянных опор (штырей) со сферической головкой	0,20...0,25
При контакте заготовок с ЗМ и опорами, имеющими рифления, и при больших усилиях взаимодействия	0,7
При закреплении в кулачковом или цанговом патроне	0,3...0,5

Приложение 5.8

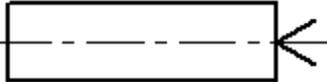
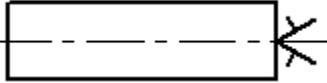
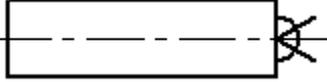
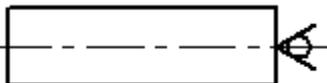
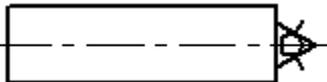
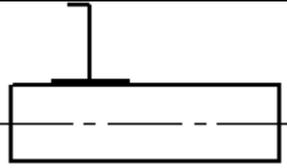
Допускаемые усилия, создаваемые винтовыми зажимами с метрической резьбой, кН

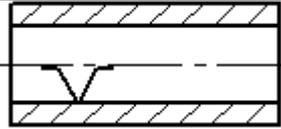
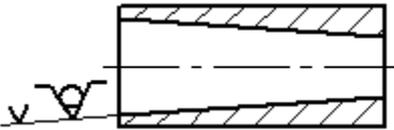
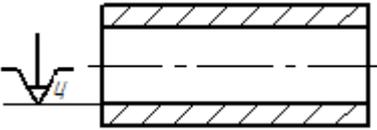
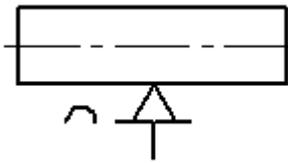
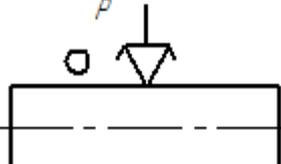
Резьба	Шаг Р, мм	Допускаемые напряжения на растяжение материала винта $[\sigma_v]$, МПа							
		50	60	70	80	90	100	110	120
M 6	1,00	0,90	1,10	1,25	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20
M 8	1,25	1,60	1,90	2,25	2,60	2,85	3,20	3,50	3,80
M10	1,50	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00
M12	1,75	3,60	4,30	5,05	5,80	6,45	7,20	7,90	3,60
(M14)	2,00	4,90	5,90	6,86	7,80	8,80	9,80	10,80	11,80
M16	2,00	6,40	7,70	8,95	10,20	11,50	12,80	14,15	15,40
(M18)	2,50	8,10	9,70	11,35	13,00	14,55	15,20	17,80	19,40
M20	2,50	10,0	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00	24,00
(M22)	2,50	12,1	14,50	16,95	19,40	21,75	24,20	26,60	29,00
M24	3,00	14,40	17,30	20,15	23,00	25,90	28,80	31,70	34,60

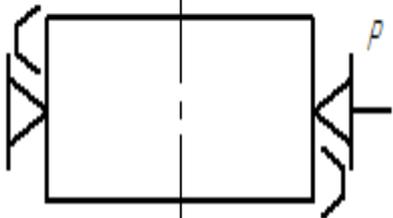
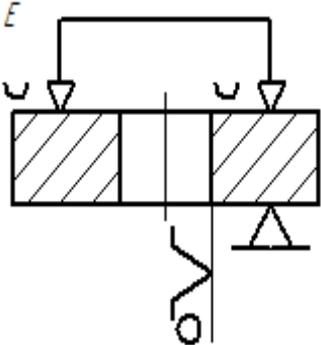
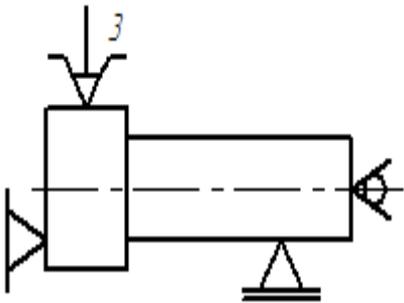
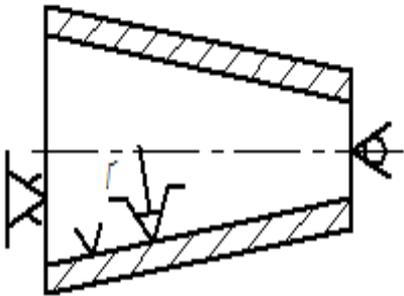
Обозначение формы рабочих поверхностей и устройства зажима
по ГОСТ 3.1107-81

Форма рабочей поверхности	Обозначение	Устройство зажима	Обозначение
Плоская		Пневматическое	Р
Сферическая		Гидравлическое	Н
Цилиндрическая		Электрическое	Е
Призматическая		Магнитное	М
Коническая		Электромагнитное	ЕМ
Ромбическая		Прочие	Без обозначения
Трехгранная			

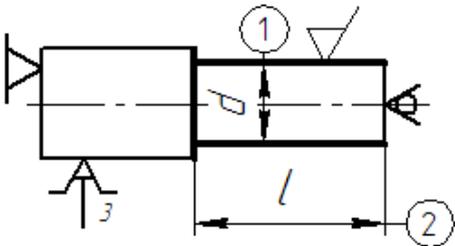
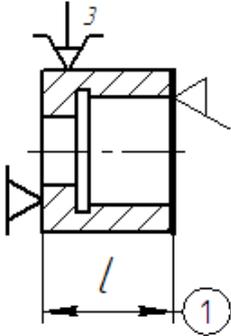
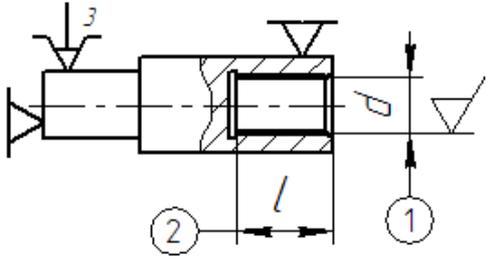
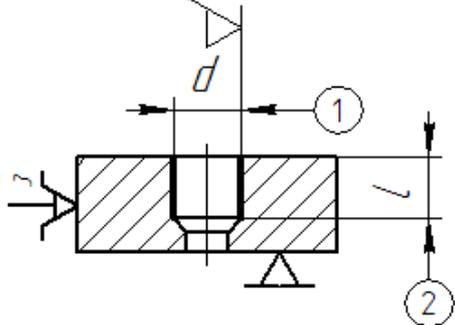
Примеры нанесения обозначений опор, зажимов и установочных устройств на схемах по ГОСТ 3.1107-81

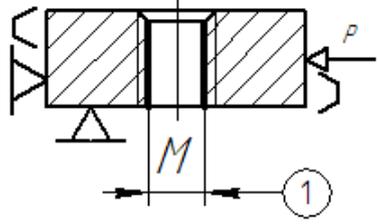
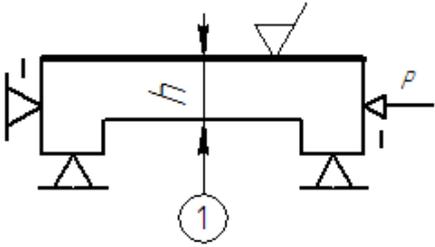
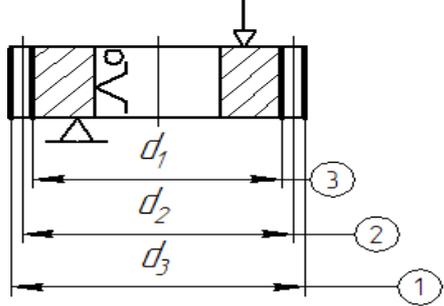
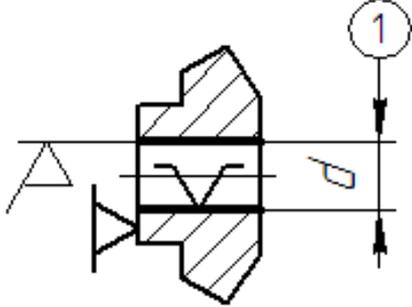
Наименование	Обозначение
1	2
Центр неподвижный	
Центр рифленый	
Центр плавающий	
Центр вращающийся	
Центр обратный вращающийся с рифленой поверхностью	
Патрон поводковый	
Люнет неподвижный	
Люнет подвижный	

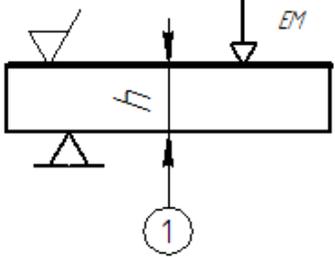
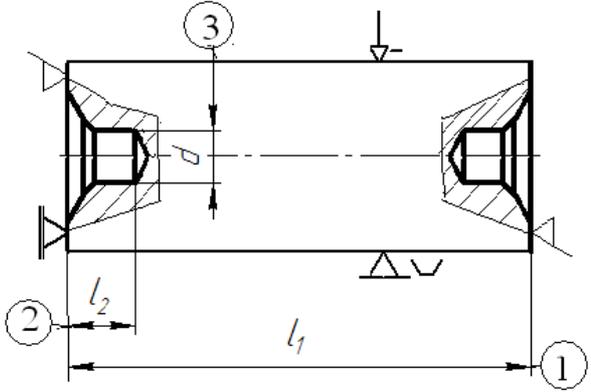
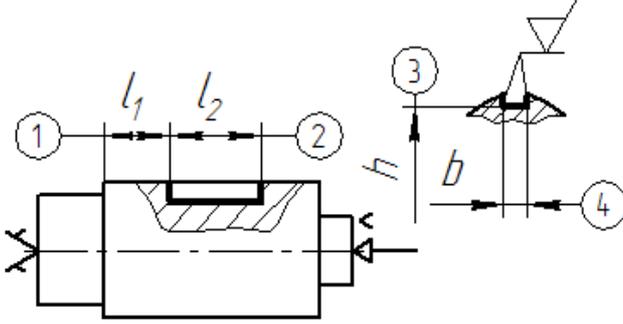
1	2
Оправка цилиндрическая	
Оправка коническая, роликовая	
Оправка резьбовая, цилиндрическая с наружной резьбой	
Оправка шлицевая	
Оправка цанговая	
Опора регулируемая со сферической выпуклой рабочей поверхностью	
Зажим пневматический с цилиндрической рифленой рабочей поверхностью	

1	2
<p>В тисках с призматическими губками и пневматическим зажимом</p>	
<p>В кондукторе с центрированием на цилиндрический палец, с упором на три неподвижные опоры и с применением электрического устройства двойного зажима, имеющего сферические рабочие поверхности</p>	
<p>В трехкулачковом патроне с механическим устройством зажима, с упором в торец, с подвижным вращающимся центром и креплением в подвижном люнете</p>	
<p>На конической оправке с гидропластовым устройством зажима, с упором в торец на рифленую поверхность и с поджимом вращающимся центром</p>	

Примеры оформления операционных эскизов

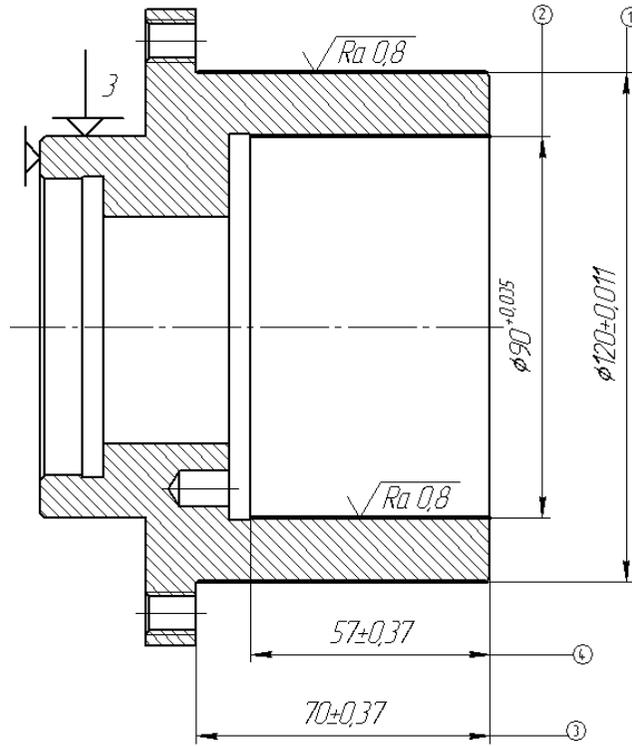
Редактирование переходов	Эскиз обработки
<p style="text-align: center;">1</p> <p>Точить поверхность, выдерживая размеры 1 и 2</p>	<p style="text-align: center;">2</p> 
<p>Подрезать торец, выдерживая размер 1</p>	
<p>Расточить отверстие, выдерживая размеры 1 и 2</p>	
<p>Зенкеровать отверстие, выдерживая размеры 1 и 2</p>	

1	2
<p>Нарезать резьбу, выдерживая размеры 1 и 2</p>	
<p>Фрезеровать поверхность, выдерживая размер 1</p>	
<p>Фрезеровать зубья, выдерживая размеры 1, 2, 3</p>	
<p>Протянуть отверстие, выдерживая размер 1</p>	

1	2
<p>Шлифовать поверхность, выдерживая размер 1</p>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Фрезеровать торцы, выдерживая размер 1 2. Центровать торцы, выдерживая размеры 2 и 3 	
<p>Фрезеровать шпоночный паз, выдерживая размеры 1-4</p>	

Дубл.														
Взам.														
Подпись														
Разраб.	Минеев К.С			ИГТА										
Провер.	Гришин А.В													
Н. контр.	Егоров Н.А			Вал										10
Наименование операции		Материал		Твёрдость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД				
Токарная с ЧПУ		Сталь 45 ГОСТ 1050 - 88			кг	2,1	Прокат \varnothing 50 x 220		3,45	1				
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		T _о	T _в	T _{п,з}	T _{шт}	СОЖ						
16К20Ф3				1,65	0,86	0,21	2,64							
Р		ПИ		D или B	L	t	i	S	n	V				
01	Установить и снять заготовку													
T 02	Патрон поводковый, центра													
O 03	Точить поверхности 1, 2, 3 по программе предварительно, выдерживая размеры \varnothing 36,4 - 0,16,													
04	L – 30 – 0,62; \varnothing 40,4 – 0,16, L – 35 -0,62; \varnothing 46,4-0,16, L – 40 – 0,62													
T 05	2101- 0641 резец ГОСТ 20872-80 Т5К10; АБВГ ХХХХХХ.ХХХ ШЦ11-250-0,05													
P 06	3 0,56 760 122													
O 07	Точить поверхности 1,2,3 по программе окончательно, выдерживая размеры \varnothing 36 - 0,062; \varnothing 40 – 0,62;													
08	\varnothing 46 - 0,062													
T 09	2101- 0641 резец ГОСТ 20872 – 80 Т15К6; АБВГ ХХХХХХ.ХХХ скоба 36h9, 40h9, 46h9													
P 10	0,2 1 0,15 1120 164													
11														
OK														

Дубл.
Взаим.
Подл.



Оглавление

Введение	3
1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ О КУРСОВОМ ПРОЕКТЕ	4
2. Цели и задачи курсового проектирования	4
1.2. Задание на проектирование.....	5
2. Требования к оформлению курсового проекта.....	7
2.1. Пояснительная записка.....	7
2.1.1. Общие положения.....	7
2.1.2. Требования к оформлению пояснительной записки.....	7
2.1.3. Требования к оформлению графической части.....	10
3. Термины и определения основных понятий.....	14
3.1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ.....	15
3.2. Технологическая документация	16
3.3. Технологические процессы и операции	16
3.4. Элементы технологических операций	17
3.5. Средства технологического оснащения	18
3.6. Виды технологических процессов	18
3.7. Виды описания технологических процессов	19
3.8. Виды технологических документов	20
3.9. Правила оформления текстовых технологических документов	21
3.10. Правила оформления операционных эскизов	22
3.11. Правила оформления технологических наладок	24
4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗДЕЛОВ ПРОЕКТА	26
4.1. Введение	26
4.2. Технологическая часть	26
4.2.1. Анализ исходных данных для разработки технологического процесса	26
4.2.2. Анализ технологичности конструкции детали	29
4.2.3. Определение типа производства	31
4.2.4. Обоснование и выбор вида и метода получения исходной заготовки	34
4.2.4.1. Выбор вида исходной заготовки	34
4.2.4.2. Выбор метода изготовления отливок	35
4.2.4.3. Выбор метода изготовления кованных и штампованных заготовок	59
4.2.4.4. Выбор вида проката	63
4.2.4.5. Экономическое обоснование выбора заготовки	64
4.2.5. Обоснование и выбор технологического маршрута изготовления детали	76
4.2.5.1. Выбор маршрута обработки поверхностей детали	77
4.2.5.2. Разработка общего маршрута изготовления детали	87

4.5.2.3. Выбор технологических баз	89
4.2.6. Расчет припусков и межпереходных размеров	111
4.2.6.1. Табличный метод расчета припусков	111
4.2.6.2. Аналитический метод расчета припусков	113
4.2.6.3. Порядок расчета припусков и предельных размеров заготовки по технологическим переходам	117
4.2.6.4. Разработка чертежа исходной заготовки	122
Примеры расчета припусков и межпереходных размеров	127
4.2.7. Разработка технологических операций механической обработки	162
4.2.7.1. Уточнение содержания технологических операций	163
4.2.7.2. Выбор технологического оборудования	166
4.2.7.3. Выбор технологической оснастки	169
4.2.7.4. Выбор режущего инструмента	170
4.2.7.5. Выбор средств измерения	184
4.2.7.6. Вспомогательный инструмент	184
4.2.8. Расчет режимов резания	186
4.2.9. Корректировка режимов резания	195
4.2.10. Нормирование технологических операций	212
4.3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	215
4.3.1. Служебное назначение и принцип работы приспособления	215
4.3.2. Порядок проектирования станочных приспособлений	215
Список используемой литературы	222
Приложения	226

МОЖИН Николай Афанасьевич

ВЕДЕРНИКОВА Ирина Игоревна

ЕГОРОВ Сергей Анатольевич

технологии машиностроения

Учебное пособие

Редактор Н.Б. Михалева

Компьютерная верстка И.И. Ведерниковой

Подписано в печать 01.07.2016г. Формат 60x84 1/16.

Печать плоская. Усл. печ. л. 16,5. Уч.-изд. л. 17,3. Тираж 50 экз. Заказ 61.

ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»

Отпечатано в УИУНЛ ИГЭУ

153003, г.Иваново, ул Рабфаковская, 34