|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  | | --- | --- | |  |  | | **МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  высшего образования  **«МИРЭА – Российский технологический университет»**  **РТУ МИРЭА** |  |   **Физико-технологический институт**  **Кафедра цифровых и аддитивных технологий**  ***Преображенская Е.В., Баранова Н.С., Краско А.С.***  **Технология машиностроения**  Учебно-методическое пособие  по выполнению по выполнению курсового проекта  для студентов, обучающихся по направлению подготовки  15.03.01 «Машиностроение»  Москва 2019 |

**УДК: 621.9**

**Преображенская Е.В., Баранова Н.С., Краско А.С.**

**Технология машиностроения:** Учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта, для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.01 «Машиностроение». – Электрон. дан. –М.: РТУ МИРЭА, 2019.. – 63 с.

Показаны тематика и состав курсового проекта, содержание пояснительной записки и графической части. Указания по проектированию технологического процесса механической обработки деталей сопровождаются примерами отработки конструкции деталей на технологичность, выбору технологических баз, типа производства, вида заготовки и построения оптимального маршрута механической обработки. Приведен список литературы, рекомендуемой для выполнения проекта.

Учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта рассмотрено на заседании кафедры цифровых и аддитивных технологий и рекомендованы для использования в учебном процессе.

**Содержание**

[1 Общие положения 4](#_Toc468340369)

[1.1 Цель и задачи курсового проекта 4](#_Toc468340370)

[1.2 Тематика курсового проекта 4](#_Toc468340371)

[1.3 Задание на курсовое проектирование 4](#_Toc468340372)

[1.4 Состав и объем курсового проекта 4](#_Toc468340373)

[1.4.1 Состав и объем расчетно-пояснительной записки 5](#_Toc468340374)

[1.4.2 Состав и объем графической части проекта 5](#_Toc468340375)

[1.5 Защита проекта 5](#_Toc468340376)

[2 Методические указания по выполнению курсового проекта 6](#_Toc468340377)

[2.1 Введение 6](#_Toc468340378)

[2.2 Исходные данные для проектирования 6](#_Toc468340379)

[2.3 Технологический раздел 7](#_Toc468340380)

[2.3.1 Анализ исходных данных для проектирования 7](#_Toc468340381)

[2.3.2 Анализ технологичности конструкции детали 12](#_Toc468340382)

[2.3.3 Выбор исходной заготовкии метода ее изготовления 15](#_Toc468340383)

[2.3.4 Выбор технологических баз 23](#_Toc468340384)

[2.3.5 Выбор типового техпроцесса и анализ базового варианта 30](#_Toc468340385)

[2.3.6 Разработка технологического процесса изготовления детали 33](#_Toc468340386)

[Список рекомендуемых источников 42](#_Toc468340387)

[Приложение А – Бланк задания на курсовой проект 43](#_Toc468340388)

[Приложение Б – Бланк титульного листа курсового проекта 44](#_Toc468340389)

[Приложение В – Примерное содержание курсового проекта 45](#_Toc468340390)

[Приложение Г – Технологические характеристики различных методов обработки 46](#_Toc468340391)

[Приложение Д – Требования к технологичности конструкции деталей 48](#_Toc468340392)

[Приложение Е – Данные по сортовому прокату различной конфигурации 50](#_Toc468340393)

[Приложение Ж – Типовые схемы базирования и установки деталей 54](#_Toc468340394)

# Общие положения

## Цель и задачи курсового проекта

Цель курсового проекта − привить умение самостоятельной работы по решению комплекса инженерных задач при проектировании технологических процессов изготовления изделий.

Задачи:

* закрепить знания, полученные при изучении дисциплины «Технология машиностроения» и других дисциплин плана подготовки;
* научить применять общенаучные, общетехнические и специальные знания для решения конкретных вопросов;
* научить работать с нормативной, технической и справочной литературой и документацией.

## Тематика курсового проекта

Темой курсового проекта является проектирование маршрута механической обработки одной из деталей изделия. Маршрут обработки детали должен включать не менее четырех операций.

Конкретную тему подбирает и выдает руководитель курсового проекта. По согласованию с руководителем в курсовом проекте в качестве объекта производства можно использовать объекты, изготавливаемые (используемые) на предприятии, где проводилась производственная практика.

По согласование с руководителем проекта допускается иная тематика проекта. В этом случае состав и содержание проекта определяется руководителем.

## Задание на курсовое проектирование

После согласования темы курсового проекта необходимо оформить задание на курсовое проектирование в соответствии с **приложением А**. Бланк задания заполняется в двух экземплярах и подписывается руководителем проекта. Один экземпляр подписанного задания сдается на кафедру, второй остается у студента и подшивается к расчетно-пояснительной записке.

## Состав и объем курсового проекта

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки с приложениями и графической части проекта.

### Состав и объем расчетно-пояснительной записки

Расчетно-пояснительная записка (РПЗ) является основным документом курсового проекта, в котором приводится исчерпывающая информация о выполненных расчетных и технологических разработках. Общий объем РПЗ регламентируется только количеством информации, необходимой и достаточной для полного раскрытия выполненных расчетов и разработок. Состав РПЗ в основном должен соответствовать ее содержанию, приведенному в **приложении В**.

Титульный лист расчетно-пояснительной записки оформляется в соответствии с **приложением Б**.

### Состав и объем графической части проекта

Состав графической части проекта:

1. Чертежи детали;
2. Чертежи заготовки;
3. Карта эскизов маршрута обработки.

Все листы графической части должны быть выполнены с применением автоматизированных систем разработки конструкторской документации («AutoCAD», «Компас-график» и др.).

## Защита проекта

Выполненная курсовая работа представляется для проверки руководителю вместе с бланком задания не позднее, чем за две недели до проведения защиты курсовой работы.

Срок проверки курсовой работы с момента представления его руководителю − 1 неделя.

При обнаружении ошибок или недочетов в работе преподавателем на обороте титульного листа фиксируются все замечания, которые необходимо устранить или исправить.

Курсовая работа с замечаниями возвращается студенту для исправления. Повторное представление курсовой работы после устранения всех замечание допускается не позднее, чем за три дня до проведения защиты работы.

При успешном выполнении курсовой работы на титульном листе проставляется отметка «Допущен к защите», после чего все материалы работы возвращаются студенту для его подготовки к защите.

Защита курсовой работы производится перед комиссией из 2-3 человек, назначенной кафедрой. По результатам защиты проставляется оценка «Удовлетворительно», «Хорошо» или «Отлично». При неудовлетворительной защите курсовой работы студент допускается к повторной защите в дополнительную сессию.

Оценка, выставленная по результатам защиты курсовой работы, фиксируется на титульном листе. При этом титульный лист работы подписывается руководителем курсовой работы и членами комиссии.

При неудовлетворительной защите курсовой работы студент допускается к повторной защите в дополнительную сессию.

После успешной защиты курсовая работа сдается руководителю.

# Методические указания по выполнению курсового проекта

## Введение

Во введении обосновывается актуальность курсового проекта, формулируются задачи, решаемые при выполнении проекта, определяется связь между задачами курсового проекта и основными требованиями развития соответствующей отрасли машиностроения.

## Исходные данные для проектирования

В данном разделе следует привести конкретную информацию, использованную при проектировании. Необходимо конкретно излагать только ту информацию, которая действительно имеется, со ссылками на источники.

1) Базовая информация: сборочный чертеж изделия (сборочной единицы); спецификация деталей изделия; технические требования; чертеж детали с техническими условиями на ее изготовление; годовой объем выпуска деталей; планируемый интервал времени выпуска деталей по неизменным чертежам; режим работы цеха (в 1 или 2 смены, продолжительность смены).

2) Руководящая информация включает в себя стандарты на технологические процессы, оборудование, оснастку, а также стандарты ЕСКД, ЕСТПП, ЕСТД.

3) Справочная информация: информация о базовом техпроцессе и его техническом оснащении; описание технических условий контроля; имеющееся в наличии оборудование; каталоги оборудования и оснастки; нормативные данные по выбору заготовки, припусков, режимов резания, нормирования и т. п., справочная и учебная литература; отчет по производственной практике.

## Технологический раздел

### Анализ исходных данных для проектирования

Технологическому проектированию предшествует подробное изучение чертежа детали, технических условий на ее изготовление и условий ее работы в изделии. При технологическом контроле чертежа детали выявляют возможности улучшения технологичности ее конструкции. Анализируя исходные данные, следует определить, какому типу производства− массовому, серийному или единичному − будет соответствовать проектируемый технологический процесс, чтобы в дальнейшем обоснованно выбрать методы обработки, оборудование, оснастку и т.п.

#### Служебное назначение детали

Под служебным назначением детали понимают кратко и четко сформулированную задачу, для выполнения которой она предназначена.

**Пример 1.**

Рабочее колесо турбодетандера, приведенное на первом листе графической части проекта, предназначено для преобразования кинетической энергии газа в механическую работу, передаваемую от рабочего колеса на вал ротора.

#### Конструкторско-технологическая характеристика детали

В этом подразделе записки необходимо изложить результаты изучения чертежа детали и технических условий на ее изготовление, осветив следующие вопросы:

* конструктивные особенности детали, в частности: геометрическая форма, размерная характеристика, виды конструктивных элементов и их взаимное расположение;
* классификация детали− класс детали или отнесение ее к определенному типу по общности конструкции и технологии изготовления;
* материал детали и ее масса, химический состав, физико-механические свойства до и после термообработки, обрабатываемость резанием;
* требования по точности размеров, формы и расположения поверхностей детали, требования по шероховатости поверхностей и качеству поверхностного слоя детали,
* возможные методы обработки поверхностей, позволяющие достигнуть требуемых параметров точности и шероховатости (для этого можно воспользоваться данными по экономически достижимым значениям показателей точности различных методов обработки, которые приведены в **приложении Г**.
* особые требования: подгонка по массе, балансировка и т.п.

Рассмотрим на примере анализ конструкторско-технологической характеристики детали «Шаровая пробка», чертеж которой представлен на рисунке 1.

Рисунок 1 – Чертеж детали «Шаровая пробка»

**Пример 2.**

Чертёж детали «Шаровая пробка» выполнен в соответствии с требованиями ЕСКД, все виды, разрезы, размеры, параметры качества поверхности и технические условия, необходимые для изготовления детали, на чертеже присутствуют.

Деталь относится к деталям типа «Диск», т. к. отношение длины детали к ее наружному диаметру не превышает 2-х и составляет L / D = 180 / 238 = 0,76

Наружная поверхность деталей является сферической. На ней выполнены два параллельных плоских скоса, каждый из которых предназначен для упрощения обработки двух перпендикулярно расположенных к скосам соосных глухих отверстий Ø85 и Ø37. Для прохода газовой среды в шаре имеется сквозное отверстие Ø150Н7.

К числу основных поверхностей шара относятся два глухих отверстия, выполняемые по 7-му и 9-му квалитетам точности: Ø85Н7(+0,035), Ø37Н9(+0,062) с шероховатостью Ra = 1,6 мкм; сквозное отверстие: Ø150+0,04 с шероховатостью Ra = 1,6 мкм; сфера Ø238±0,2 с шероховатостью Ra = 0,2 мкм.

Деталь изготавливается из нержавеющей стали 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72, химический состав которой приведен в таблице 1, а физико-механические свойства − в таблице 2.

Таблица 1 – Химический состав стали 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72, %

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| С | Cr | Mn | Ni | Si |
| ≤0,12 | 17,0-19,0 | ≤2,0 | 9,0-11,0 | ≤0,8 |

Таблица2 - Физико-механические свойства стали 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Предел прочности при растяжении,  σВ, МПа | | Предел  текучести,  σ0,2, МПа | | Относительное удлинение при разрыве,  δ, % | | Относительное сужение после разрыва,  ψ, % | |
| -1960С | -2530С | -1960С | -2530С | -1960С | -2530С | -1960С | -2530С |
| 120 | 185 | 32 | 65 | 42 | 32 | 50 | 42 |

Для удобства анализа точностных характеристик детали пронумеруем обрабатываемые поверхности. На рисунке 2 приведен эскиз детали с обозначениями обрабатываемых поверхностей. Для удобства анализа требования по каждой поверхности сведем в таблицу 3.



Рисунок2 – Эскиз детали с номерами обрабатываемых поверхностей

Руководствуясь экономически достижимыми значениями показателей точности различных методов обработки (см. **приложение Г**) с учетом комплексных требований по точности и шероховатости для каждой поверхности выберем методы обработки, обеспечивающие получение заданных технических требований и заносим их в соответствующий столбец таблицы 3. При выборе методов обработки также следует руководствоваться рекомендациями, приведенными в п. 2.3.6.1 данного пособия.

Таблица3 - Заданные параметры качества детали и методы их обеспечения

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № пов. | Параметры точности | | Ra, мкм | Последовательность технологических методов для обеспечения заданных  параметров качества |
| Квалитет | Допуски  формы и расположения |
| 1 | IT12 | Допуск радиального биения относит. оси А – 0,025 мм;  допуск соосности – 0,025 мм | 0,2 | Черновое, получистовое точение,  полирование или алмазное  выглаживание |
| 2 | Н7 | Допуск пересечения осей и перпендикулярности относительно оси А – 0,1мм | 1,6 | Черновое, получистовое, чистовое, тонкое растачивание |
| 3 | IT12 |  | 6,3 | Однократное точение или фрезерование |
| 4 | IT12 | Допуск торцового биения относит. оси А – 0,025 мм; | 6,3 | Черновое, получистовое растачивание |

*Продолжение таблицы 3*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 5 | H7 | Зависимый допуск  соосности – 0,02 мм | 1,6 | Черновое, получистовое, чистовое растачивание при обработке за один установ с поверхностью 7 |
| 6 | IT14 |  | 6,3 | Однократное точение или фрезерование |
| 7 | H9 | Зависимый допуск  соосности – 0,02 мм | 1,6 | Черновое, получистовое, чистовое растачивание при обработке за один установ с поверхностью 5 |
| 8 | IT14 |  | 3,2 | Черновое, получистовое точение или фрезерование |
| 9,10 | IT14 |  | 6,3 | Однократное точение или фрезерование |
| 11 | IT14 |  | 1,6 | Черновое, получистовое растачивание |

Приведенные данные по точности размеров, формы и взаимного расположения поверхностей детали определяются его служебным назначением. Так, допуск радиального биения и допуск соосности сферической поверхности относительно оси А с шероховатостью в пределах до 1,6 мкм необходимы для обеспечения герметичности крана с одной стороны, а с другой для симметричного расположения относительно оси сферы торцовых поверхностей шара. Второе требование обеспечивает нормальное (без перекосов) сочленение фланца и шаровой пробки. Этому же требованию отвечает допуск торцового биения поверхности 4 относительно оси А (0,025 мм).

Для поворота шаровой пробки в кране без заеданий требуется выполнения такого требования, как зависимый допуск соосности двух поверхностей 5 и 7 в пределах 0,02 мм. Для соблюдения данного требования необходимо производить обработку поверхностей 5 и 7 за один установ.

Анализ технических требований позволил наметить маршрут обработки поверхностей (таблица 3). В основном обработка может проводиться на станках нормальной точности, кроме поверхностей 1,4,5,7. Если предположить возможность предварительной обработки поверхностей (черновой обработки) на универсальном оборудовании, то остальные поверхности целесообразно обработать за один установ на многооперационном станке токарного типа.

#### Расчет такта выпуска, определение типа производства

Для оценки интервала времени, через который периодически производится выпуск деталей, обеспечивающего выполнение годового объема в установленный срок необходимо определить такт выпуска деталей.

Такт выпуска рассчитывается по формуле

, (1)

где *τ*− такт выпуска, мин/шт.;

*Ф*д−действительный годовой фонд времени работы оборудования при двухсменной работе, ч.,(рекомендуется принимать *Ф*д= 4060ч);

*N*г −годовой объем выпуска деталей, шт.

При наличии данных о затрате времени на отдельные операции обработки (например, заводских норм) рассчитывают коэффициент серийности *Кс*:

 (2)

где *Кс*− коэффициент серийности;

Тшт.ср−среднее штучное (штучно-калькуляционное) время выполнения основных операций обработки, мин.

По значению коэффициента *Кс* можно определить тип производства:

* для массового производства *Кс*≤ 1;
* для крупносерийного производства 1 <*Кс*≤ 10;
* для среднесерийного производства 10 <*Кс*≤20;
* для мелкосерийного производства 20 <*Кс*≤ 40;
* для единичного производства *Кс*> 40.

При отсутствии указанных данных тип производства можно определить ориентировочно на основании опытной зависимости по годовому объему выпуска и массе детали, используя данные таблицы 4.

Таблица 4 – Ориентировочноеопределение типа производства по годовому объему выпуска и массе деталей

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип  производства | Годовой объем выпуска деталей при массе | | | | |
| до 1,0 кг | 1,0-2,5 кг | 2,5-5,0 кг | 5-10 кг | свыше 10 кг |
| Единичное | до 10 | до 10 | до 10 | до 10 | до 10 |
| Мелкосерийное | 10-2000 | 10-1000 | 10-500 | 10-300 | 10-200 |
| Среднесерийное | 1500-  100000 | 1000-  50000 | 500-  35000 | 300-  25000 | 200-  10000 |
| Крупносерийное | 75000-200000 | 50000-100000 | 35000-75000 | 25000-50000 | 10000-  25000 |
| Массовое | свыше 200000 | свыше 100000 | свыше 75000 | свыше 50000 | свыше 25000 |

Для серийного производства определяется размер партии деталей (количество деталей, запускаемых в производство одновременно) по формуле

 (3)

где 253 - число рабочих дней в году;

*tхр -* нормы запаса (дней) для хранения на складе готовых деталей в ожидании сборки, значения *tхр* принимаются по таблице 5.

Таблица 5 – Нормы запаса для хранения готовых деталей на cкладе

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристика деталей | Время хранения (дней) при типе производства | | | |
| единичном и мелкосерийном | среднесерийном | крупносерийном | массовом |
| Средние и мелкие (до 100кг) | 25 | 15 | 5 | 3 |

Полученный ориентировочный размер партии рекомендуется округлить до величины кратной месячному объему выпуска (Nг/12) для обеспечения ритмичности работы участка.

Все дальнейшие технологические решения при проектировании принимаются применительно к установленному типу производства, в соответствии скоторым необходимо выбрать организационнуюформу станочной системы.

### Анализ технологичности конструкции детали

Проектированию технологического процесса изготовления детали должен предшествовать анализ технологичности ее конструкции.

Анализ технологичности проводится по качественным и количественным показателям с учетом установленного объема выпуска и типа производства.

При отсутствии базовых количественных показателей технологичности (для сравнительной оценки) в курсовом проекте достаточно провести анализ технологичности конструкции детали по качественным показателям.

Для качественной оценки необходимо выявить требования к технологичности конструкции детали, проанализировать характеристики конструкции детали и сделать заключение по каждому требованию. Требования к технологичности представлены в **приложении Д**.

Анализ технологичности оформляется в виде таблицы (см. пример 3). Анализ технологичности должен сопровождаться поясняющими эскизами (там, где это возможно). После проведенияанализа в записке дается конкретный и обоснованный вывод о технологичности (нетехнологичности) конструкции детали.

При необходимости, по согласованию с преподавателем, конструкция детали может быть изменена для удовлетворения установленным требованиям технологичности.

**Пример 3.**

Проведем анализ технологичности конструкции детали «Шаровая пробка», представленной на рисунке 1. Анализ технологичности проводится по качественным показателям и представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Анализ технологичности детали «Шаровая пробка»

| № п/п | Требование  технологичности | Эскиз | Оценка  технологичности |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Возможная простота конструкции |  | Технологично, т. к. деталь состоит из простых конструктивных элементов |
|  | Наличие поверхностей удобных для базирования и закрепления заготовки |  | Технологично, для базирования можно использовать ось детали (реализуется при установке по внутренней цилиндрической (2) и наружной сферической (1) поверхностям) и торцы детали |
|  | Доступность всех поверхностей для обработки на станках и непосредственного измерения |  | Технологично, т. к. все поверхности доступны для обработки и измерения |
|  | Хорошая обрабатываемость материала резанием |  | Нетехнологично, т. к. сталь 12Х18Н10Т имеет низкий коэффициент обрабатываемости − 0,5 |
|  | Отсутствие глухих отверстий малого диаметра |  | Технологично, имеющиеся глухие отверстия имеют достаточно большой диаметр (∅33; ∅37; ∅85) |
|  | Деталь должна иметь экономически достижимую с точки зрения механической обработки точность и шероховатость |  | Технологично, согласно анализу, представленному в таблице 3, все технические требования можно обеспечить экономичными методами обработки |
|  | Отсутствие плоскостей и отверстий, расположенных не под прямым углом |  | Технологично, т. к. отверстия и плоскости, расположенные под углом ≠90° к оси детали отсутствуют |

*Продолжение таблицы 6*

| № п/п | Требование  технологичности | Эскиз | Оценка  технологичности |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Возможность применения рациональных методов получения заготовки |  | Технологично, т. к. заготовку можно получить из проката или ковкой |
|  | Возможность применения универсальных измерительных средств |  | Технологично, т. к. все размеры могут быть измерены универсальными измерительными средствами, в том числе: штангенциркулем, микрометром, нутромером |
|  | Простота формы центрального отверстия |  | Технологично, т. к. центральное отверстие гладкое |
|  | Отсутствие специфических требований (допуски по массе, необходимость балансировки) |  | Технологично, т. к. специфические требования отсутствуют |
|  | Наличие поверхностей для захвата и ориентирование детали в таре |  | Технологично, для захвата и ориентирования детали в таре можно использовать центральное отверстие (2) и торцы детали (9) и (10) |

Вывод: конструкция детали в целом технологична, т. к. большинство основных требований по технологичности выполняются.

### Выбор исходной заготовкии метода ее изготовления

Выбор вида заготовки и метода ее изготовления проводят на основе технико-экономического сравнения альтернативных вариантов в следующем порядке:

* устанавливают метод получения заготовки согласно типу производства, конструкции детали, материалу и другим техническим требованиям на изготовление детали (по таблицам 7-13);
* назначают припуски и допуски на обрабатываемые поверхности детали по методике, изложенной в [8];
* определяют исполнительные размеры заготовки по вариантам;
* определяют припуски расчетно-аналитическим методом на две (цилиндрическую и плоскую) наиболее точные поверхности детали по методике, приведенной в таблице 14;
* производят сравнение назначенных и расчетных припусков и, при необходимости, назначают другой класс размерной точности заготовки и соответствующие ему припуски и допуски;
* производят расчет массы заготовки по вариантам;
* определяют коэффициент весовой точности Кв.т. по вариантам;
* проводят технико-экономическое сравнение вариантов;
* производят окончательный выбор метода получения заготовки;
* разрабатывают эскиз (чертеж) заготовки.

#### Выбор метода получения заготовки

Выбор вида исходнойзаготовки и метода ее получения производится в зависимости от материала детали, размеров и ее конфигурации, технических требований на ее изготовление, типа производства, с учетом типовых решений, используемых как на базовом предприятии, так и приведенные в справочной и учебной литературе [5, 8].В машиностроении для получения заготовок наиболее широко используются следующие методы:

* литье;
* обработка металлов давлением;
* сварка для получения комбинированных заготовок.

Каждый метод содержит большое число способов изготовления заготовок. Для определения вида заготовки и способа ее изготовления для конкретной детали можно воспользоваться упрощенной методикой, основанной на определении совокупности показателей, к числу которых относятся:

* материал детали;
* конструктивная форма детали;
* серийность производства;
* масса заготовки.

Каждому из вышеперечисленных показателей присвоены коды, которые приведены в таблицах 7-11.

Возможные виды и способы получения заготовки для заданной детали определяются по данным таблицы 13 в соответствии с кодами по каждому из четырех показателей. Коды видов заготовок с указанием конкретных способов изготовления указаны в таблице 12.

Таблица 7 – Классификация материалов по группам

|  |  |
| --- | --- |
| Вид материала | Код группы |
| Стали углеродистые  Чугуны  Литейные сплавы цветных металлов  Высоколегированные стали и сплавы  Низкоуглеродистые стали  Легированные стали  Прокатанные материалы | 1  2  3  4  5  6  7 |

Таблица 8 – Коды конструктивных формдеталей

|  |  |
| --- | --- |
| Основные конструктивные признаки детали | Код |
| Валы гладкие круглого или квадратного сечения | 1 |
| Валы круглого сечения с одним уступом или фланцем, с буртом или выемкой без центрального отверстия | 2 |
| Детали с цилиндрической, конической, криволинейной и комбинированными формами поверхностей без центрального отверстия или с отверстием, длиной *L<*0,5D | 3 |
| То же, 0,5 <*L<*2D | 4 |
| То же, *L*> 2D | 5 |
| Детали с цилиндрической, конусной, криволинейными поверхностями, с гладкой или ступенчатой наружной поверхностью со сквозным или глухим гладким или ступенчатым отверстием | 6 |
| Детали круглые в плане или близкие к этой форме, имеющие гладкую или ступенчатую наружную цилиндрическую поверхность с одно- или двусторонними уступами и ступицами, с центральным отверстием или без него, длиной 0,5Do<*L<*2DО | 7 |
| Детали сложной пространственной формы | 8 |
| Детали с удлиненной, прямолинейной, изогнутой осью и пересекающимися главными осями | 9 |

*Продолжение таблицы 8*

|  |  |
| --- | --- |
| Корпусные детали, имеющие сочетания призматической, цилиндрической и других форм наружной поверхности с наличием базовых отверстий и установочных плоскостей, с полостью и без нее, имеющие на поверхности ребра, углубления, выступы, бобышки и отверстия | 10 |
| Детали с призматической, цилиндрической или с сочетанием криволинейной или призматической форм наружных поверхностей с привалочной поверхностью в виде прямоугольных, круглых фланцев, имеющие ребра, углубления, выступы | 11 |
| Коробчатые разъемные корпусы с установочной поверхностью // и относительно плоскости разъема, имеющие одну и более базовых поверхностей, а также ребра, углубления, выступы | 12 |
| Детали простой конфигурации, ограниченные гладкими и ступенчатыми, плоскими, цилиндрическими и комбинированными поверхностями с наличием ребер, буртов, бобышек, фланцев и отверстий | 13 |
| Тонкостенные полые детали с цилиндрической, конической и комбинированными формами наружной поверхности и детали типа дисков и крышек | 14 |

Таблица 9 – Коды серийности производства заготовок

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид заготовки | Программа выпуска при массе детали, кг | | | Код серийности |
| 10 | 100 | 1000 |
| Заготовка, полученная методами давления (штамповка, ковка и т. п.) | 500  1000  2500  3500 | 250  400  1000  1000 | 60  300  600  600 | 1  2  3  4 |
| Прокат | 500  1000  3500 | 250  400  1000 | 60  300  600 | 1  2  3,4 |
| Отливка | 2000  12000  30000 | 600  4000  80000 | 300  1500  7000 | 1  2  3,4 |

Таблица 10 – Диапазоны отливок, поковок и штамповок по массе

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Масса, кг\* | Код (номер диапазона) | Масса, кг\* | Код (номер диапазона) |
| До 0,63  0,63 − 1,6  1,6 − 4,0  4,0 − 10,0 | 1  2  3  4 | 10,0 − 63  63 − 100  100 − 400  Свыше 400 | 5  6  7  8 |
| \* − масса заготовки определяется ориентировочно исходя из массы детали | | | |

Таблица 11 – Диапазоны диаметров проката

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Диаметр, мм | Код (номер диапазона) | Диаметр, мм | Код (номер диапазона) |
| До 5  5 − 30  30 − 50  50 − 100 | 1  2  3  4 | 100 − 140  140 − 210  210 − 250  Свыше 250 | 5  6  7  8 |
| \* − диаметр проката определяется ориентировочно исходя из размеров детали | | | |

Таблица 12 – Виды заготовок и способы их изготовления

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Способ производства заготовок | | Код | Коэффициент весовой точности Кв.т.\* |
| Литье в песчано-глинистые формы  Центробежное литье  Литье под давлением  Литье в кокиль  Литье в оболочковые формы  Литье по выплавляемым моделям  Штамповка на молотах и прессах  Штамповка на горизонтально-ковочных машинах  Свободная ковка  Прокат  Сварные заготовки | | 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11 | 0,7  0,85  0,91  0,8  0,9  0,91  0,8  0,85  0,6  0,4  0,95 |
| \* − даны ориентировочные значения Кв.т | | | |

Таблица 13 – Выбор возможных видов и способов изготовления заготовок

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Код признака | | | | Код вида заготовки и  способа ее изготовления |
| Мате-риал | Серий-  ность | Конструктивная форма | Масса заготовки  (диаметр проката) |
| 1…3 | 1 | - | 1…6 | 1 |
| 2…4 | 1 | 1…6  7  8 | 1,4…6  1,4,5  1,4,5 |
| 2 | 1…6  7  8 | 1,4…6  1,4,5  1,4 |
| 3,4 | 1…6  7  8 | 1,2,4…6  1,4,5  1,2,4 |
| 5 | 1…6  7  8 | 1…6  1,2,4,5  1,2,4 |
| 6 | 1…6  7  8 | 1,2,4…6  1,2,4,5  1,2,4 |
| 7 | 1…6  7  8 | 1…6  1,2,4  1,4 |
| 8,9 | 1…6  7  8 | 1,4…6  1,4,5  1,4 |
| 10 | 1…6  7  8 | 1,3…6  1,4,5  1,4 |
| 11,12 | 1…6  7  8 | 1,4…6,11  1,4,5,11  1,4,11 |
| 13 | 1…6  7  8 | 1…6  1,2,4,5  1,2,4 |
| 14 | 1…8 | 1,2,11 |

*Продолжение таблицы 13*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 4..7 | 1 | 1…7  8  9  10…12  13..14 | 1…8 | 9,10  9  9,10  11  9,11 |
| 2…4 | 1  2…7  8  9  10…12  13,14 | 1…8 | 9,10  7…10  7,9  7…9  11  7,11 |

После определения с помощью таблиц 7-13 возможных вариантов получения заготовки необходимо более тщательно проанализировать каждый из них с учетом конструктивных особенностей и материала детали, а также типа производства по рекомендациям [8] и выбрать для дальнейшего сравнения два наиболее рациональных способа получения заготовки.

#### Назначение припусков и допусков и определение исполнительных размеров заготовки

Для двух выбранных вариантов получения заготовки необходимо назначить припуски и допуски и определить исполнительные размеры заготовок по методике, изложенной в учебном пособии [8].

Для заготовок, получаемых из проката при определении исполнительных размеров и предельных отклонений необходимо пользоваться данными по сортаменту, приведенными в соответствующих ГОСТах. Некоторые данные по сортаменту проката различной конфигурации приведены в **приложении Е**. При определении длины штучных заготовок, получаемых из проката, необходимо дополнительно учитывать погрешности отрезки, которые можно принять равными 0,05D, где D− диаметр проката.

**Пример 4.**

Для детали «Шаровая пробка», чертеж которой приведенной на рисунке 1, провести выбор метода получения заготовки и определить ее исполнительные размеры.

Исходные данные:

1) Наименование детали – шар;

2) Материал – сталь 12Х18Н10Т;

3) Масса заготовки – 28,3 кг;

4) Годовой объем выпуска деталей – 900 шт;

1. Для определения возможных методов получения заготовки по таблицам 7-11 определяем коды показателей:

по таблице 7 для стали марки 12Х18Н10Т определяем код материала − 4;

по таблице 8 определяем код конструктивной формы − 4;

по таблице 9 определяем: для заготовок, полученных давлением, и для проката при программе выпуска 900 шт и массе 28,3 кг код серийности производства −3;

по таблице 10 определяем код массы заготовки −5 или (по таблице 11) код диаметра проката − 7.

По таблице 13 определяем коды возможных способов получения заготовки для данной детали: 7…10.

В соответствии с таблицей 12 к числу возможных способов относятся:

7 − штамповка на молотах и прессах;

8 − штамповка на горизонтально-ковочных машинах;

9 − свободная ковка;

10 − прокат.

Т. к. анализировать четыре возможных варианта нецелесообразно, то по рекомендациям литературы [8], учитывая небольшой годовой объем выпуска и достаточно простую конфигурацию детали, в качестве наиболее рациональных выбираем следующие варианты получения заготовок:

1) Заготовка, полученная штамповкой на молоте.

2) Заготовка, полученная из проката цилиндрической формы;

2. Назначение припусков и допусков, определение размеров заготовки

Назначение припусков, допусков и определение размеров заготовки, полученной штамповкой на молоте (вариант 1) проводится по методике, изложенной в пособии [8].

Определяем расчетный коэффициент Кр = 1,7 (здесь и далее при назначении припусков использованы расчетные и справочные данные, приведенные в [8]):

Определяем расчетную массу поковки

GП.Р. = GД ∙ Кр = 28,3 ∙ 1,7 = 48,1 кг

Для штамповки на молоте принимаем класс размерной точности − Т4.

Определяем группу стали − 3 (сумма массовых долей легирующих элементов >5%).

Для определения степени сложности поковки рассчитываем размеры (hФ и DФ), объем VФ и массу GФ описывающей поковку фигуры (цилиндра).

hФ = 180 ∙ 1,05 = 189 мм = 18,9 см

DФ = 238 ∙ 1,05 = 250 мм = 25 см

VФ = π ∙ (D2/4) ∙ h = 3,14 ∙ (252/4) ∙ 18,9 = 9273 см3

GФ =VФ ∙ ρ = 9273 ∙ 7,85 = 72792 г = 72,8 кг

Т. к. [GП.Р./GФ = 48,1 / 72,8 = 0,66]>0,63, то степень сложности поковки − С1

Определяем конфигурацию поверхности разъема штампа − плоская (П).

Для расчетной массы поковки GП.Р =48,1 кг, группы стали М3, степени сложности С1 и класса точности Т4 находим исходный индекс − 17.

Зная исходный индекс и значение шероховатости поверхностей обрабатываемых поверхностей детали, назначаем припуски и заносим данные в таблицу 14.

Таблица 14 – Назначение припусков на обработку

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №  поверхности | Размер и шероховатость  поверхности детали | Припуск на размер  (на сторону), мм |
| 1 | ∅238±0,2, Ra = 0,2 мкм | 3,5 |
| 2 | ∅150+0,4, Ra = 1,6мкм | 3,3 |
| 9,10 | 180, Ra = 6,3мкм | 3,2 |

Назначаем дополнительные припуски:

- смещение по поверхности разъема штампа −0,5 мм;

- отклонение от плоскостности −0,6 мм.

Назначаем штамповочные уклоны (для внутренней поверхности) − 7°.

С учетом основных и дополнительных припусков определяем размеры заготовки, результаты расчетов сводим в таблицу 15.

Таблица 15 – Расчет размеров заготовки (поковки), мм

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Размер детали | Расчет размеров поковки | Принятые размеры |
| ∅238±0,2 | 238 + 2 ∙ (3,5 + 0,5) = 246 | ∅ 246 |
| ∅150+0,4 | 150 - 2 ∙ (3,3 + 0,5) = 142,4 | ∅ 142 |
| 180 | 180 + 2 ∙ (3,2 + 0,6) = 187,6 | 188 |

Определяем допуски на принятые размеры. Окончательные размеры заготовки с допусками приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Допуски и предельные отклонения размеров заготовки, мм

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Размер заготовки | Допуск и предельные отклонения | Размер заготовки на чертеже |
| ∅ 246 | 5,0 (+3,3-1,7) | ∅ 246+3,3-1,7 |
| ∅ 142 | 4,5 (+3,0-1,5) | ∅ 142+3,0-1,5 |
| 188 | 5,0 (+3,3-1,7) | 188+3,3-1,7 |

Для определения размеров заготовки-проката в качестве припусков на наружную поверхность, имеющую наибольший размер, можно принять припуски, назначенные для поковки (см. таблицу 15), или рассчитать припуск на данную поверхность расчетно-аналитическим методом (см. таблицу 18).

Расчетный размер заготовки-проката округляется в большую сторону до ближайшего нормативного значения в соответствии с ГОСТом на данный вид проката. Некоторые данные по сортаменту проката различной конфигурации приведены в приложении Е.

При определении длины заготовки-проката к величине расчетного припуска с каждой стороны необходимо прибавить дополнительный припуск, равный 0,05D.

Размеры заготовки-проката приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Размеры заготовки-проката, мм

|  |  |
| --- | --- |
| Расчетный размер заготовки | Принятые размеры заготовки |
| ∅ 246 | ∅250+1,2-3,0 |
| 188+2 ∙ 0,05D = 188 + 2 ∙ 0,05 ∙ 250 = 213 | 213+1,2-3,0 |

3. Расчет массы заготовки и определение коэффициента весовой точности.

Для расчета массы заготовки по вариантам необходимо определить ее объем.

Для заготовки-поковки (1 вариант) объем заготовки определяется как объем шара за вычетом объемов двух шаровых сегментов и объема цилиндрического отверстия по формуле:

Vпок = 1/6(πD3) – 2[1/6 π (D−H)(2D−H/2)] – 1/4 (πDц2H), (7)

где D = 24,6 см− диаметр шара (наружной поверхности);

Dц = 14,2 см− диаметр отверстия;

Н = 18,8 см− высота заготовки.

Vпок = 4573,4 см3

Масса заготовки поковки:

Gпок = Vпок ∙ ρ = 4573,4 ∙ 7,85 = 35901 г = 39,1 кг

Коэффициент весовой точности для поковки:

Кв.т. = Gl / Gпок = 28,3 / 39,1 = 0,79

Аналогично для заготовки-проката (2 вариант):

Vпр = 1/4 (πD2H) = 1/4 ∙ 3,14 ∙ 252 ∙ 21,3 = 10450 см3

Gпр = Vпр ∙ ρ = 10450 ∙ 7,85 = 82035 г = 82 кг

Кв.т. = Gl / Gпр = 28,3 / 82 = 0,35

4. Окончательный выбор метода получения заготовки

Коэффициент весовой точности у заготовки-поковки (Кв.т. = 0,79) значительно выше, чем у заготовки-проката (Кв.т. = 0,35), а экономия материала при изготовлении одной заготовки-поковки по сравнению с заготовкой-прокатом составляет 43 кг. При годовом объеме выпуска 900 шт, экономия металла составляет 43∙900 = 38700 кг в год. Учитывая стоимость стали 12Х18Н10Т (стоимость 1 кг составляет около 90 руб.) годовая экономия затрат на материал при получении заготовки методом штамповки может составить около 3,5 млн. руб.

Также учитывая то, что при заготовке, полученной методом штамповки, уменьшается объем и, соответственно, стоимость дальнейшей механической обработки, то в качестве метода получения заготовки выбираем штамповку в открытом штампе на молоте. На основании проведенных расчетов разрабатывается чертеж заготовки, который представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Чертеж заготовки-поковки

### Выбор технологических баз

#### Общие требования

Выбор технологических баз определяется служебным назначением детали на основании выявления функций ее поверхностей, анализа точностей поверхностей детали. Результатом выполнения этих работ является выявление исполнительных поверхностей, комплектов основных и вспомогательных конструкторских баз, связующих (свободных) поверхностей детали.

Если конфигурация детали достаточно проста и у нее имеется не более одного комплекта вспомогательных конструкторских баз, то в некоторых случаях возможно и целесообразно изготавливать деталь за один установ. В этом случае в качестве комплекта технологических баз используют связующие поверхности.

Однако большинство заготовок деталей обработать за один установ оказывается физически невозможно или экономически нецелесообразно. В этом случае задача выбора технологических баз решается в два этапа.

На первом этапе выбираются комплекты основных технологических баз для обработки большинства поверхностей и получения наиболее точных размеров. Количество комплектов основных технологических баз должно быть минимальным (но достаточным для обработки необходимых поверхностей), т. е. необходимо стремиться к соблюдению принципа постоянства баз, т. к. при смене баз увеличивается погрешность взаимного расположения поверхностей, обработанных от разных технологических баз.

На втором этапе выбираются комплекты технологических баз для обработки заготовки на первой или первых операциях (комплекты черновых баз) для обработки комплектов технологических баз, выбранных на первом этапе, и для обработки тех поверхностей, которые не рассмотрены на первом этапе. Подробно правила выбора технологических баз изложены в учебной и справочной литературе [11].

Во всех случаях в качестве технологических баз следует принимать поверхности достаточных размеров: для установочной базы требуется поверхность достаточной площади, для направляющей и двойной направляющей баз − поверхность достаточной протяженности, для опорной и двойной опорной баз − любые поверхности.

#### Выбор комплектов основных технологических баз

В качестве основных технологических баз следует выбирать поверхности, по отношению к которым ориентировано с наибольшей точностью большинство обрабатываемых поверхностей. Это позволяет получать размеры, связывающие эти поверхности, кратчайшим путем, сокращая таким образом погрешность обработки. Как правило, эти требования обеспечивают или основные конструкторские базы или один из комплектов вспомогательных конструкторских баз детали.

Использование конструкторских баз в качестве технологических баз при обработке большинства поверхностей позволяет реализовать принцип совмещения (единства) баз на всех операциях. Отступлением от этого правила возможны в случаях:

* при обработке поверхностей, являющихся основными конструкторскими базами, в этом случае в качестве технологических баз используют вспомогательные конструкторские базы, исполнительные или свободные поверхности;
* в случаях, когда размеры поверхностей комплекта основных конструкторских баз малы и использование их в качестве технологических баз приводит к недопустимо большой погрешности установки заготовки; во избежание этого в качестве технологических баз используют вспомогательные конструкторские базы, исполнительные или свободные поверхности;
* в случаях, когда конструкция детали такова, что поверхностей, которые можно использовать в качестве технологических баз, недостаточное количество, в этом случае технологические базы создают искусственно (приливы, бобышки, центровые отверстия и т. п.).

#### Выбор технологических баз для первой операции

На первой (первых) операции решаются два типа задач:

1) устанавливаются размерные связи между обрабатываемыми и необрабатываемыми поверхностями;

2) производится распределение фактически имеющихся припусков на обработку между поверхностями заготовки, подлежащими обработке.

При решении задач первого типа необходимо стремиться к достижению следующих параметров:

* равномерной толщины стенок детали с целью обеспечения достаточной прочности и динамической уравновешенности детали;
* достаточной величины зазоров, предусмотренных конструкцией сборочной единицы между поверхностями рассматриваемой и присоединяемых деталей, во избежание их возможного соприкосновения во время монтажа и эксплуатации машины или механизма.

При решении задач второго типа, т. е. при распределении припусков на обработку между отдельными поверхностями детали руководствуются следующими принципами:

* необходимостью сохранения плотного однородного слоя материала на наиболее ответственных поверхностях детали, таких, как поверхности направляющих станин, кареток и т. д.;
* необходимостью равномерного распределения припуска на каждой отдельной поверхности, в первую очередь, на охватывающих поверхностях (поверхности отверстий, пазов и т. п.).

Также при выборе баз на первой операции следует учитывать следующее:

* при обработке заготовок, полученных литьем, ковкой и штамповкой, необработанные поверхности следует использовать в качестве баз только на первой операции, при дальнейшей обработке использование их не допускается;
* в качестве технологических баз следует принимать поверхности, имеющие более высокую точность и малую шероховатость, они не должны иметь литейных прибылей, литников, линий разъема, окалины и других дефектов.

#### Требования к выбору баз при выполнении проекта

На основе анализа чертежа, технических требований к детали и условий работы в сборочной единице выявляются теоретические схемы базирования (по ГОСТ 21495-76), практически применимые для обрабатываемой детали.

Наиболее часто используемые типовые схемы базирования для различных типов деталей представлены в литературе [5, 6] и в **приложении Ж**.

При выборе схем базирования необходимо классифицировать виды баз по числу лишаемых степеней свободы и характеру проявления, выявить и указать поверхности, используемые для базирования, особенно в случае скрытых баз.

По результатам анализа теоретических схем базирования назначаются комплекты технологических баз для обработки всех поверхностей детали. При этом необходимо стремиться к уменьшению погрешности базирования для наиболее точных поверхностей, а также руководствоваться принципами единства и постоянства баз, т.е. стремиться к координатному способу обеспечения требований взаимного расположения поверхностей и параметров точности.

Для предложенных схем базирования следует разработать возможные схемы установки заготовки в приспособлении, реализующие теоретические схемы базирования. На схемы установки наносятся условные обозначения установочных и зажимных элементов и устройств в соответствии с ГОСТ 3.1107-81.

Некоторые типовые схемы установки и условные обозначения установочных и зажимных элементов приведены в литературе [5, 6] и в **приложении Ж.**

При разработке схем установки следует учесть то, что отдельные теоретические схемы базирования могут быть реализованы при различных сочетаниях установочных поверхностей деталей.

Далее следует произвести оценку точности базирования для каждой из предложенных схем в следующем порядке.

1) Установить, соблюдается ли принцип совмещения баз при выдерживании требуемых размеров. При этом следует рассмотреть размеры детали по различным координатным направлениям (например, для цилиндрической детали − осевые размеры, линейные размеры, радиальное биение поверхностей и др.). Если указанный принцип соблюдается, то погрешность базирования равна нулю, и анализ точности базирования для рассматриваемых размеров на этом заканчивается.

2) Следует иметь в виду, что в ряде случаев точность размеров и взаимного расположения поверхностей обеспечивается за счет обработки мерным или профильным инструментом (например, при сверлении отверстий) или за счет наладки инструментов относительно друг друга (например, при параллельной подрезке уступов набором резцов, установленных в одной державке) и от схемы базирования не зависит. Для этих поверхностей погрешность базирования равна нулю.

3) При несовпадении технологической и измерительной баз установить размерно-геометрические связи между ними, определить величину погрешности базирования и сравнить ее с допусками на обеспечиваемые размеры. На основании сравнения сделать вывод о допустимости (недопустимости) использования данной схемы базирования для получения рассматриваемых размеров или (при необходимости) произвести перерасчет допусков соответствующих размеров, влияющих на погрешность базирования, с ужесточением допусков на их обработку. Результаты анализа и выбора схем базирования оформляются в виде таблицы (см. таблицу 18).

**Пример 5.**

Пример оформления анализа и выбора схем базирования детали «Фланец».

Деталь «Фланец» (рисунок 4, а) относится к деталям типа «диск» и имеет отношение длины детали к ее диаметру L/D< 1. Эскиз заготовки-поковки представлен на рисунке 4, б. Для анализа схем базирования можно воспользоваться данными, приведенными в приложении Ж. Возможные схемы базирования представлены в таблице 18.

а)



б)

Рисунок 4 – Чертеж детали «Фланец» (а) и эскиз заготовки (б)

Анализ чертежа детали показывает, что размеры всех цилиндрических поверхности проставлены относительно основной конструкторской базы− оси цилиндрической поверхности 2 (∅130d9), которая выполняет роль двойной опорной базы, а линейные размеры − относительно двух плоскостей − поверхностей 6 (основная установочная конструкторская база) и 4 (связующая поверхность).Кроме того, поверхности 1 (∅ 110) и 2 (∅130) связаны между собой требованием по взаимному расположению (соосность в пределах 0,1мм), что обуславливает разработку установа, позволяющего их совместно обработать. Размер ∅150, определяющий расположение отверстий ∅13/∅20, и размеры лысок проставлены относительно оси цилиндрической поверхности 1 (∅110). Глубина отверстий ∅20 определяется от связующей поверхности 4.

Для обеспечения требований чертежа детали на окончательных технологических переходах при формировании взаимного расположения и получении окончательных размеров цилиндрических и торцовых поверхностей можно воспользоваться теоретической схемой базирования № 2 и схемой установки № 2.1 (см. таблицу18).

Для обработки отверстий ∅13/∅20 можно использовать теоретические схемы базирования №3 и №4.При этом погрешность базирования для размера ∅152±0,2 будет равна нулю (т. к. измерительная и технологическая базы совпадают).Реализация данных теоретических схем базирования возможна при установке в самоцентрирующее приспособление (например, на разжимную оправку).

Кроме того, при обработке отверстий ∅20 необходимо обеспечить линейный размер 12+0,5. При использовании в качестве установочной базы поверхности 4 (теоретическая схема базирования №3) погрешность базирования для размера 12+0,5 будет равна нулю. при этом, реализация данной схемы затруднительна, т. к. в конструкции приспособления необходимо предусмотреть пространство для подвода инструмента. С точки зрения простоты конструкции приспособления теоретическая схема базирования №4 и соответствующая схема установки (таблица18) более предпочтительна.

При использовании в качестве установочной базы поверхности 5 погрешность базирования для размера 12+0,5 будет равна допуску на размер 40h14(-0,62), т.е:

εб12 = 0,62 мм,

что превышает поле допуска на выполняемый размер IТ12 = 0,5 мм. Следовательно, для использования данной теоретической схемы базирования необходимо ужесточить допуски на размеры, полученные на предыдущих переходах. На рисунке 5 приведены эскизы для определения точностных требований к размерам, влияющим на обеспечение размера 12+0,5.

Учитывая то, что на настроенных станках обеспечиваемый размер (требования исходного чертежа детали, рисунок 5а) получается как замыкающее звено технологической размерной цепи, то на основании эскиза (рисунок5б)имеем:

IТ12 = 0,5 ≥ IT40 + IT28. (8)



|  |  |
| --- | --- |
| а) Точностные требования к линейным  размерам в исходном чертеже детали. | б) Эскиз для определения точностных  требований линейных размеров при ис-  пользовании схемы базирования №5 |

Рисунок 5 – Эскизы для определения точностных требований к размерам, влияющим на обеспечение размера 12+0,5

Еслипринять за основу принцип равенства допусков на составляющие звенья размерной цепи, то можно записать:

IT40=IT28≤IТ12 /2 = 0,25

Как следует из проведенных расчётов, использование схемы базирования №5 приводит к ужесточению точностных требований к размеру 40-0,25.При этом происходит изменение простановки размеров (конструкторские размеры заменяются технологическими), т. е. фактически вместо конструкторского размера 12+0,5 при обработке будет обеспечиваться технологический размер 28-0,25.

Значение поля допуска IT40 = 0,25мм соответствует 12-му квалитету точности, который можно обеспечить однократным (черновым) точением. Т. е., ужесточение точностных требований к размеру 40-0,25 не приводит к появлению дополнительных технологических переходов при получении этого размера, следовательно, использование схемы базирования №4 и необходимый перерасчет размеров не приводит к увеличению себестоимости изготовления детали.

При обработке лысок детали необходимо выдержать угловой размер их положения относительно обработанных ранее отверстий ∅13. Для этого необходимо использовать их в качестве базирующих поверхностей (схема №5). При этом максимальная погрешность базирования для размеров 82-0,5 и 79,5-0,5 определяется по формуле:

εб82 =εб79,5 = (IТd + ITdп + Δгар)(2*l*1 + *l*)/*l*,  (9)

где IТd− поле допуска на размер отверстия∅13Н14;

ITdп − поле допуска на размер цилиндрического установочного пальца;

Δгар− величина минимального гарантированного зазора;

*l*1− расстояние от оси отверстия ∅13 до обрабатываемой поверхности;

*l*− расстояние между отверстиями ∅13.

εб82 =εб79,5 = (0,43 + 0,011 + 0,02)(2∙28 + 152)/152 = 0,461 ∙ 1,37 = 0,63 мм

Т. к. погрешность базирования εб82 =εб79,5 = 0,63 мм превышает значение поля допуска на выполняемые размерыIТ82 = IТ79,5= 0,5 мм, то для использования схемы базирования № 5 необходимо ужесточить поле допуска на размер отверстия ∅13.

Определим, исходя из допускаемой погрешности базирования, необходимую точность обработки базирующих поверхностей ∅13. Поле допуска на выполняемые размеры IТ82= IТ79,5 = 0,5 мм. Допускаемая погрешность базирования:

εб82доп=εб79,5 доп = 0,5IТ82= 0,25 мм.

Из формулы (9) можно определить требуемое поле допуска на размер ∅13:

IТd13 = [εб82доп ∙ *l*/ (2*l*1 + *l*)] –ITdп - 2Δгар (10)

IТd13 = [0,25 ∙ 152/ (2 ∙ 28 + 152)]–0,011 – 0,02 = 0,152 мм

Поле допуска IТ=0,152 мм на размер ∅13 соответствует 12 квалитету точности. Такую точность можно достигнуть однократным сверлением отверстий, следовательно, для обработки лысок детали можно использовать схему базирования № 5.

Обработку лысок детали можно также производить совместно с обработкой отверстий ∅13/∅20 (на оборудовании с необходимыми технологическими возможностями) при использовании схемы базирования № 4. Тогда погрешность базирования на выполняемые размеры 82-0,5 и 79,5-0,5 будет равна нулю.

Т. о. для обеспечения всех требований чертежа детали достаточно использовать две теоретические схемы базирования − №2 и №4.

На первых операциях выбор схемы базирования влияет на распределение общего припуска обрабатываемых поверхностей, также на этих операциях осуществляется подготовка базовых поверхностей для выбранных схем базирования. При выборе схемы базирования для первых операций следует учесть то, что заготовка получена методом пластического деформирования, и накопленная деформация на поверхностях значительна, что может привести к короблению заготовки после черновой обработки. Поэтому следуетразделить черновую и чистовую обработку поверхностей.

Анализ чертежа заготовки показывает, что для черновой обработки заготовки можно использовать теоретическую схему базирования №1. Исходя из принципов и надежности установки заготовки в приспособлении и простоты его конструкции, для реализации предложенной схемы базирования целесообразно использовать схему установки №1.1.

Таблица 18 – Анализ теоретических схем базирования

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Теоретические  схемы базирования  по ГОСТ 21495-76 | Виды технологичес-ких баз | Возможные схемы установки, реализующие теоретическую схему базирования | Поверхности, используемые при установке |
| 1 |  | 1,2,3 − установочная;  4,5–двойная опорная;  6 − опорная | 1.1 1.2 | 1.1 Торцовая и наружная цилиндрическая поверхности  1.2. Торцовая и внутренняя цилиндрическая поверхности |
| 2 |  | 1,2,3 − установочная;  4,5–двойная опорная;  6 − опорная | 2.1 2.2 | 3.1 Торцовая и наружная цилиндрическая поверхности  3.2. Торцовая и внутренняя цилиндрическая поверхности |
| 3 |  | 1,2,3 − установочная;  4,5–двойная опорная;  6 − опорная |  | Торцовая и внутренняя цилиндрическая поверхности |
| 4 |  | 1,2,3 − установочная;  4,5–двойная опорная;  6 − опорная |  | Торцовая и внутренняя цилиндрическая поверхности |
| 5 |  | 1,2,3 − установочная;  4,5–двойная опорная;  6 − опорная |  | Торцовая поверхность и два цилиндрических отверстия |

### Выбор типового техпроцесса и анализ базового варианта

Технологический процесс обработки детали должен разрабатываться на основании имеющегося базового варианта техпроцесса изготовления детали (заводской техпроцесс) или на основании типовых техпроцессов изготовления подобных деталей. Для выбора базового варианта типового техпроцесса необходимо изучить существующий опыт обработки аналогичных деталей в близких условиях производства. Это можно сделать с помощью справочной и учебной литературы [9], в которой предложена предпочтительная последовательность обработки типовых деталей, структура операций, модели оборудования, схемы наладок и др. При этом целесообразно использовать сведения об общих характеристиках технологических процессов для различных типов производства, приведенные в таблице 19.

Таблица 19 – Общие характеристики типов производства

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристика | Производство | | | | | |
| Массовое | Крупносерийное | Среднесерийное | | Мелкосерийное | Единичное |
| Вид техпроцесса  по организации  производства | Типовые и единичные | | | Типовые, групповые, единичные | Групповые и единичные | Единичные |
| Степень  детализации | Операционное описание | | | | Маршрутно-операционное описание | Маршрутное  описание |
| Оборудование | Специальное | Специализированное и специальное | Универсальное и специализированное | | Универсальное | |
| Системы  приспособлений | НСП, СП | СРП, СНП, УНП | | | УНП, УСП | |
| Примечание. НСП – неразборные специальные приспособления; СП – специальные приспособления; СРП – сборно-разборные приспособления; СНП – специализированные наладочные приспособления; УНП- универсально-наладочные приспособления; УСП – универсально-сборные приспособления. | | | | | | |

После выбора базового варианта техпроцесса необходимо проанализировать его с целью установления возможности достижения требуемой точности поверхностей детали и определения резервов по его оптимизации.

При анализе базового варианта технологического процесса обработки детали необходимо привести данные в таком порядке:

* вид исходной заготовки;
* структура технологического процесса: наличие и последовательность выполнения всех этапов маршрута;
* виды применяемых технологических баз;
* последовательность формирования поверхностей детали;
* характеристика отдельных этапов маршрута обработки с целью выявления тех операций, на которых выполняются основные технические требования;
* характеристика средств технологического оснащения (оборудование, приспособления, инструменты);
* указания о возможных вариантах изменения технологического процесса.

**Пример 6.**

Анализ базового варианта технологического процесс обработки детали «Фланец» (рисунок 4). Годовой объем выпуска 1500 шт. Тип производства − мелкосерийное.

Т. к. заводской базовый техпроцесс обработки детали «Фланец» отсутствует, то после анализа литературы выбираем в качестве базового варианта типовой технологический процесс обработки подобной детали, который приведен в таблице 20.

Анализ базового варианта технологического процесса механической обработки детали «Фланец» показал, что в качестве исходной заготовки применяется поковка, полученная горячей объемной штамповкой в открытых штампах. Данный способ получения заготовки является оптимальным для данного типа деталей в условиях мелкосерийного производства.

При обработке заготовки используются 2 комплекта технологических баз:

- ось и торец детали (реализуется при установке по наружной или внутренней цилиндрическим поверхностям в патроне или на разжимной оправке с упором в торец);

- торец и два отверстия ∅13 (используется при обработке лысок).

Это обеспечивает выполнение принципа постоянства баз для обработки большинства поверхностей. однако, как было показано при анализе схем базирования, при обработке лысок возникают значительные погрешности базирования. Этого можно избежать при обработке отверстий ∅13 и лысок детали за один установ.

Таблица 20–Базовый вариант техпроцесса механической обработки детали «Фланец»

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № опер | Наименование  операции | Краткое содержание операции | Наименование и  модель оборудования |
|  | Заготовительная | Штамповать заготовку | КГШП |
|  | Термическая | Отжиг | Печь |
|  | Дробеструйная | Очистить поверхности от окалины | Дробеструйная камера |
| 005 | Токарная с ЧПУ | Точить ∅180 и торец детали окончательно с образованием фаски | Токарный станок с ЧПУ 16Б05ВФ3 |
| 010 | Токарная с ЧПУ | Точить ∅130, отверстие ∅110 и торец ∅130/∅180 предварительно. Точить торец ∅130 окончательно | Токарный станок с ЧПУ 16Б05ВФ3 |
| 015 | Токарная с ЧПУ | Точить ∅130, отверстие ∅110 и торец ∅130/∅180 окончательно с образованием фасок. Точить канавку | Токарный станок с ЧПУ 16Б05ВФ3 |
| 020 | Разметочная | Разметить 4 отверстия ∅13 | Плита разметочная |

*Продолжение таблицы 20*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 025 | Радиально-сверлильная | Сверлить и зенковать 4 отверстия ∅13/20, выдерживая ∅152 | Радиально-сверлиль-ный станок 2А55 |
| 030 | Фрезерная с ЧПУ | Фрезеровать 2-е лыски, выдерживая размеры 82 и 79,5 и R30 | Фрезерный станок с ЧПУ 6520Ф3 |
| 035 | Слесарная | Зачистить заусенцы | Верстак |
| 040 | Моечная | Промыть деталь | Моечная машина |
| 045 | Контрольная | Контроль размеров окончательный | Контрольный стол |
| 050 | Маркировочная | Маркировать обозначение детали | Верстак |

Все необходимые этапы, связанные с обработкой базовых, исполнительных и связующих поверхностей выполняются в последовательности, обеспечивающей получение требуемых параметров точности и качества детали в условиях мелкосерийного типа производства. Однако применение оборудования разной специализации, необходимость переустановки детали при обработке, наличие разметочной и слесарной операций увеличивают производственный цикл изготовления детали.

Количество оборудования можно сократить, если производить обработку отверстий ∅13 и лысок детали на одной операции с использованием многоцелевого станка с ЧПУ. Это также позволит удалить из маршрута обработки ручную разметочную операцию и сократить трудоемкость обработки.

Вся обработка проводится стандартным инструментом. При этом использование инструментов с режущей частью из твердых сплавов позволит проводить обработку на более интенсивных режимах резания и уменьшить основное время обработки.

Так как в условиях мелкосерийного производства основным принципом построения операций является принцип дифференциации и последовательной концентрации, то при изготовлении детали «Фланец» целесообразно использовать однопозиционное универсальное оборудование, оснащенное системами ЧПУ. При зачистке поверхностей детали от заусенцев слесарная обработка может быть заменена на механизированную за счет применения специализированной виброабразивной установки.

### Разработка технологического процесса изготовления детали

#### Разработка маршрута обработки поверхностей

Проектирование технологического процесса обработки детали начинается с разработки маршрута обработки каждой из поверхностей. Знать маршрут обработки отдельных поверхностей необходимо также для последующего расчета промежуточных размеров заготовки по технологическим переходам обработки.

При описании конструкторско-технологической характеристики детали (см. п. 2.3.1.2) были проанализированы технические требования, предъявляемые к каждой поверхности детали, и предварительно определены технологические методы достижения заданных параметров (таблица 3). На основании данных, приведенных в таблице 3, учитывая точность и конфигурацию поверхностей заготовки, а также выбранные схемы базирования необходимо окончательно разработать маршрут обработки каждой из поверхностейдетали и свести результаты в таблицу (см. пример 7, таблица 23).

По заданным точности и шероховатости каждой поверхности, с учетом размера, массы и формы детали выбирают метод ее окончательной обработки. Для решения этой задачи необходимо использовать данные о технологических характеристиках методов обработки (см. **приложение Г**). Зная вид заготовки, таким же образом выбирают первый (начальный) метод обработки. Если точность заготовки невысока, то данную поверхность сначала подвергают черновой обработке. При точной заготовке сразу можно начинать чистовую обработку, а в некоторых случаях и отделочную.

Базируясь на завершающий и начальный методы обработки, устанавливают промежуточные методы. При этом исходят из того, что каждому методу окончательной обработки предшествует один или несколько возможных предварительных (менее точных) методов. Например, чистовому развертыванию отверстия предшествует предварительное, а предварительному развертыванию − чистовое зенкерование или сверление.

При построении маршрута обработки поверхности исходят из того, что каждый последующий метод должен быть точнее предыдущего. Технологический допуск на промежуточный размер и качество поверхности, полученные на предыдущем этапе обработки, должны находиться в пределах, при которых можно использовать намечаемый последующий метод обработки. После чернового растачивания нельзя, например, применять чистовое развертывание, так как для устранения всех погрешностей предшествующей обработки зубья развертки работали бы с недопустимо большой глубиной резания.

Число возможных вариантов маршрута обработки каждой из поверхностей может быть довольно большим. Все они, однако, различны по эффективности и рентабельности. Выбор окончательного варианта по этим показателям важен, но сложен и трудоемок. Число вариантов можно сократить с учетом некоторых соображений. К их числу можно отнести:

* минимизация различных типов используемого оборудования;
* необходимость или возможность обработки данной поверхности на одном станке за несколько последовательных переходов;
* ограничение возможности применения других методов обработки, например, из-за недостаточной жесткости детали;
* необходимость обработки данной поверхности совместно с другими поверхностями детали (в целях достижения заданной точности взаимного расположения поверхностей).

При разработке маршрута обработки поверхностей необходимо, также, учесть необходимость проведения термической обработки, промежуточного контроля, слесарной обработки и т. п.

#### Формирование маршрута обработки детали

Цель составления маршрута− дать общий план обработки детали, наметить содержание операций и выбрать тип оборудования. Это сложная задача с большим количеством вариантов решения.

При установлении общей последовательности обработки сначала обрабатывают поверхности, принятые за технологические базы. Затем обрабатывают остальные поверхности в последовательности, обратной степени их точности; чем точнее поверхность, тем позже она обрабатывается. Заканчивают обработкой той поверхности, которая является наиболее точной и имеет наибольшее значение для детали. В конец маршрута часто выносят обработку легкоповреждаемых поверхностей, например, точные наружные поверхности наружные резьбы и т. п.

В целях своевременного выявления раковин и других дефектов материала сначала производят черновую, а если потребуется, и чистовую обработку поверхностей, на которых эти дефекты не допускаются. При обнаружении дефектов заготовку либо бракуют, либо принимают меры для исправления брака.

При изготовлении точных деталей маршрут обработки делят на три последовательных стадии: черновую, чистовую и отделочную. На первой снимают основную массу материала в виде припусков и напусков, вторая необходима для подготовки поверхности к отделочной обработке, на последней обеспечивается заданная точность детали. В пользу такого расчленения маршрута могут быть приведены следующие соображения:

1) На черновой стадии обработки заготовки возникают большие погрешности, а также ее интенсивный нагрев. Чередование черновой и чистовой обработок в этих условиях не обеспечивает заданную точность.

2) После черновой обработки наблюдаются наибольшие деформации заготовки в результате перераспределения остаточных напряжений в материале. Группируя обработку по указанным стадиям, увеличивают разрыв во времени между черновой и отделочной обработкой для устранения деформаций на последней стадии обработки.

3) Вынесением отделочной обработки в конец маршрута уменьшается риск случайного повреждения окончательно обработанных поверхностей в процессе обработки и транспортировки.

4) Черновая обработка может выполняться на специально выделенном менее точном оборудовании рабочими низкой квалификации.

Изложенный принцип построения маршрута, однако, не во всех случаях является обязательным. При жесткой заготовке и малых размерах обрабатываемых поверхностей окончательная обработка отдельных элементов может выполняться и в начале маршрута.

Если деталь подвергается термической обработке, то технологический процесс механической обработки расчленяется на две части: процесс до термической обработки и после нее. Для устранения возможных короблений часто приходится предусматривать правку деталей или повторную обработку отдельных поверхностей для обеспечения заданной точности. Отдельные виды термической обработки в большой степени усложняют процесс механической обработки. Так, при цементации обычно требуется науглеродить отдельные участки детали. Это достигается защитным омеднением остальных участков или оставлением на них припуска, который снимается дополнительной обработкой после цементации, но до закалки.

Операции сверления крепежных отверстий, снятия фасок, прорезки канавок, зачистки заусенцев и т. п. обычно выполняют на стадии чистовой обработки. На данном этапе маршрута последовательность выполнения этих операций часто может меняться; она не влияет на качественные показатели и экономику процесса в целом.

При проектировании технологических процессов для цехов организованных по видам обработки, последовательность обработки устанавливают с учетом возможного сокращения путей транспортировки деталей. Например, сначала выполняется токарная обработка, затем фрезерная и т. д.

Предварительное содержание операций устанавливают объединением тех переходов на данной стадии обработки, которые могут быть выполнены на одном станке за один или нескольких установов. На содержание операций влияет также необходимость сокращения количества перестановок деталей со станка на станок, что имеет большое значение для условий тяжелого машиностроения.

При составлении маршрута обработки детали необходимо учитывать типы станков и другого технологического оборудования.

Составление маршрута обработки деталей различного типа должно производиться на базе типизации технологических процессов. Поэтому при разработке маршрута обработки следует использовать типовые технологические процессы обработки деталей данного класса и учитывать технологические характеристики методов обработки.

В маршруте обработки должны быть указаны как выделенные операции контроля, так и элементы контроля, включаемые в операции обработки данной заготовки. На отдельных операциях, где используется мерный режущий инструмент (сверла, зенкеры), контроль обычно не предусматривают, полагаясь на правильность стандартного инструмента, предварительно проверенной оснастки и наладки станка (подробнее см. п. 2.3.8).

Для формирования маршрута обработки детали в курсовом проекте составляется вспомогательная таблица (см. таблицу 21), в которую заносятся маршрут обработки каждой из поверхностей, параметры точности и шероховатости поверхности, достигаемые после каждого метода обработки, а также номер схемы установки (см. таблицу 20), при которой возможна реализация различных стадий обработки каждой из поверхностей. Далее, исходя из принципов разделения обработки на черновую, чистовую и отделочную, учитывая возможности объединения обработки нескольких поверхностей при одинаковой схеме установки на оборудовании одного типа и т. п. формируются установы, на которых производится обработка поверхностей детали. Установы, при необходимости и возможности, объединяются в операции. Результат формирования маршрута обработки представлен в таблице 21.

**Пример 7.**

Разработка технологического процесса изготовления детали «Фланец».

Технологический процесс изготовления детали «Фланец», чертеж которой приведен на рисунке 4, разработаем исходя из состава элементарных технологических операций, каждая из которых может быть получена на основе объединения типовых маршрутов обработки поверхностей заготовки, выполняемых за один или два установа.

При разработке маршрута обработки каждой из поверхностей (таблица 21) используем данные о средней экономической точности и шероховатости для различных методов обработки поверхностей заготовок (см. **приложение Г**).

1) Разработка маршрута обработки поверхностей.

На основании анализа технических требований чертежа, с учетом выбранных схем базирования и установки (см. таблицу 18) и конфигурации заготовки (см. рисунок 5) разрабатываем маршрут обработки для каждой поверхности. Для каждого технологического перехода определяем значения достигаемой точности и шероховатости, а также номер схемы установки, при которой выполняется каждый технологический переход. Полученные данные заносим в таблицу 21.

2) Формирование маршрута обработки детали.

Объединение переходов в установы и операции выполняется с учетом типовых технологических процессов изготовления деталей данного класса, базового маршрута обработки данной детали, а также с учетом выбранных схем установки заготовки на станке (таблица 18) и технологических возможностей выполнения нескольких переходов на оборудовании выбранного типа.

Таблица 21 – Формирование маршрута обработки поверхностей детали «Фланец»

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № пов | Маршрут обработки  поверхности | Ra,  мкм | Квалитет | № схемы установки\* | Установы | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Растачивание черновое | 6,3 | 12 | 2.1 |  | Х |  |  |  |
| Растачивание чистовое | 6,3 | 10 | 2.1 |  |  | Х |  |  |
| Растачивание фаски | 6,3 | 14 | 2.1 |  |  | Х |  |  |
| 2 | Точение черновое | 6,3 | 12 | 2.1 |  | Х |  |  |  |
| Точение чистовое | 1,25 | 9 | 2.1 |  |  | Х |  |  |
| Точение фаски | 6,3 | 14 | 2.1 |  |  | Х |  |  |
| 3 | Точение однократное (черновое) | 6,3 | 14 | 1.1 | Х |  |  |  |  |
| Точение фаски | 6,3 | 14 | 1.1 | Х |  |  |  |  |
| 4 | Точение однократное (черновое) | 6,3 | 14 | 1.1 | Х |  |  |  |  |
| 5 | Точение однократное (черновое) | 6,3 | 14 | 2.1 |  | Х |  |  |  |
| 6 | Точение черновое | 6,3 | 12 | 2.1 |  | Х |  |  |  |
| Точение чистовое | 1,25 | 12 | 2.1 |  |  | Х |  |  |
| 7 | Сверление ∅13 | 6,3 | 14 | 4 |  |  |  | Х |  |
| Зенкование ∅20 | 6,3 | 14 | 4 |  |  |  | Х |  |
| Зачистка заусенцев | - | - | - |  |  |  |  | Х |
| 8 | Фрезерование однократное | 6,3 | 14 | 4 |  |  |  | Х |  |
| Зачистка заусенцев | - | - | - |  |  |  |  | Х |
| 9 | Фрезерование однократное | 6,3 | 14 | 4 |  |  |  | Х |  |
| Зачистка заусенцев | - | - | - |  |  |  |  | Х |
| 10 | Фрезерование однократное | 6,3 | 14 | 4 |  |  |  | Х |  |
| Зачистка заусенцев | - | - | - |  |  |  |  | Х |
| 11 | Точение канавки | 6,3 | 14 | 2.1 |  |  | Х |  |  |
| Номер операции | | | | | 005 | | 010 | 015 | 020 |
| Оборудование\*\* | | | | | 16Б05ВФ3 | | 16Б05ВФ3 | 2254ВМФ4 | Верстак |
| \* Номер схемы базирования или установки по данным таблицы 20.  \*\* Подробно о выборе технологического оборудования см. п. 2.3.6.3. | | | | | | | | | |

В первый установ объединены обработка поверхностей 3 и 4, т. к. эти поверхности являются технологическими базами при обработке исполнительных поверхностей. Во второй установ можно объединить черновую обработку поверхностей 1,2 и 6.

Кроме того, в этом же установе предлагается проводить окончательную обработку поверхности 5, т. к. припуск, снимаемый с данной поверхности достаточно велик, а требования по точности низкие. Данные два установа целесообразно объединить в одну операцию, т. к. по типу обработки (черновая), используемого оборудования (токарный станок) и оснастки (трехкулачковый патрон) они идентичны.

В третий установ объединены окончательная (чистовая) обработка поверхностей 1, 2 и 6, а также обработка фасок и канавки 11.

В четвертый установ объединены обработка поверхностей 7, 8, 9 и 10. Объединение обработки данных поверхностей в один установ возможно при использовании в качестве оборудования многоцелевого станка с ЧПУ типа «обрабатывающий центр».

В пятый установ объединена слесарная обработка поверхностей 7, 8, 9 и 10.

На основании объединения элементарных переходов в установы и операции формируется маршрут обработки детали, который представлен в таблице 22 и в приложении к расчетно-пояснительной записке в виде маршрутной карты техпроцесса.

При сравнении базового и проектного вариантов технологического процесса обработки детали следует отметить то, что объединение обработки отверстий ∅13/∅20 и лысок детали на одном многоцелевом станке с ЧПУ позволит:

- снизить количество используемого оборудования;

- повысить точность обработки за счет использования станка с ЧПУ вместо универсального оборудования;

- снизить вспомогательное время, связанное с установкой заготовки на станке;

- снизить основное время обработки за счет интенсификации режимов резания;

- исключить из техпроцесса ручную операцию разметки отверстий.

Таблица 22 – Проектный вариант техпроцесса механической обработки детали «Фланец»

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № опер | Наименование  операции | Краткое содержание операции | Наименование и  модель оборудования\* |
|  | Заготовительная | Штамповать заготовку | КГШП |
|  | Термическая | Отжиг | Печь |
|  | Дробеструйная | Очистить поверхности от окалины | Дробеструйная камера |
| 005 | Токарная с ЧПУ | Установ А.  Точить ∅180 и торец детали окончательно с образованием фаски  Установ Б.  Точить ∅130, отверстие ∅110 и торец ∅130/∅180 предварительно. Точить торец ∅130 окончательно | Токарный станок с ЧПУ 16Б05ВФ3 |
| 010 | Токарная с ЧПУ | Точить ∅130, отверстие ∅110 и торец ∅130/∅180 окончательно с образованием фасок. Точить канавку | Токарный станок с ЧПУ 16Б05ВФ3 |
| 015 | Фрезерно-сверлильно-расточная с ЧПУ | Сверлить и зенковать 4 отверстия ∅13/20, выдерживая ∅152. Фрезеровать по контуру в размеры 82, 79,5 и R30 | Многоцелевой станок с ЧПУ 2254ВМФ4 |
| 020 | Слесарная | Зачистить заусенцы | Верстак |
| 025 | Моечная | Промыть деталь | Моечная машина |
| 030 | Контрольная | Контроль размеров окончательный | Контрольный стол |
| 035 | Маркировочная | Маркировать обозначение детали | Верстак |
| \* Подробно о выборе технологического оборудования см. п. 2.3.6.3. | | | |

#### Выбор технологического оборудования

На данном этапе проектирования технологического процесса обработки детали необходимо выбрать модель оборудования исходя из его технологических возможностей и габаритов рабочего пространства. Приэтом целесообразно использовать сведения об общих характеристиках технологических процессов для различных типов производства, приведенные в таблице 19.В дальнейшем, при разработке операций и проведении проверочных расчетов по мощности привода главного движения модель оборудования может быть изменена.

В условиях единичного, мелко- и среднесерийного производства целесообразно использовать станки с ЧПУ. Гибкость системы числового программного управления станками и легкость их подключения кобщей системе управления от одной ЭВМ создают возможность отдельного применения станков с ЧПУ в условиях массового производства.

Эффективность применения станков с ЧПУ достигается за счет снижения затрат на технологическую оснастку, снижения потерь от брака, концентрации операций, сокращения производственных площадей, увеличения скоростей резания и подач. В условиях серийного и мелкосерийного производства доля машинного времени на универсальных станках составляет 20...40 %, на станках с ЧПУ она увеличивается до 50...70 %. Точность позиционирования детали составляет ±0,01 мм, а повторной установки − ±0,0025 мм. Точность обработки на современных станках с ЧПУ в среднем соответствует 8-му и 9-му квалитетам.

Экономическая целесообразность использования станков с ЧПУ во многом определяется номенклатурой деталей, отобранных для обработки на этих станках.При определении целесообразности использования станков с ЧПУ для обработки конкретной детали учитываются следующие факторы:

1) сложностьконфигурации обрабатываемыхповерхностей, т. к. обработка сложных поверхностей на станках с ЧПУ более эффективна, чем простых;

2) точность межцентровых расстояний в корпусных деталях−с повышением точности межцентровых расстоянийповышается эффективность обработки на станках с ЧПУ (например, расточные станки мод. 2А266Ф2, 2А620Ф2 обеспечивают точность межцентровых расстояний в пределах 0,05...0,07 мм, а вертикально-сверлильные станки мод 2Р118Ф2, 2Р135Ф2 − впределах 0,1…0,15 мм);

3) относительное расположение обрабатываемых поверхностей с точки зрения удобства выполнения технологических операций;

4) обрабатываемость материала детали;

5) возможность использования единых комплектов технологических баз;

6) трудоемкость обработкинастанкахбезпрограммного управления;

7) возможность конструктивной унификации обрабатываемых поверхностей или их элементов с целью создания условий для разработки групповых процессов и унифицированных элементов программ;

8) возможность создания участка станков с ЧПУ и организации многостаночного обслуживания.

На станках токарной группы (контурная система ЧПУ) целесообразно обрабатывать: ступенчатые валы с числом ступеней более трех крышки подшипников и цилиндров, ступицы колес, цилиндры двигателей внутреннего сгорания, барабаны сцепления, шкивы, фланцы, кольца подшипников, осевой режущий инструмент сложной формы, оправки, цанги, детали пресс-форм и др.

На станках фрезерной группы (контурная система ЧПУ) − кулачки и копиры, рычаги и кронштейны, золотниковые коробки, корпусные детали, детали приспособлений и др. На станках сверлильно-расточной группы и многооперационных станках (позиционная система ПУ) − картеры маховиков, задних мостов и рулевого управления, блоки и головки цилиндров и др.

При обосновании выбора оборудования в курсовом проекте необходимо сопоставить технические и технологические характеристики моделей, на которых возможноизготовление детали [5].

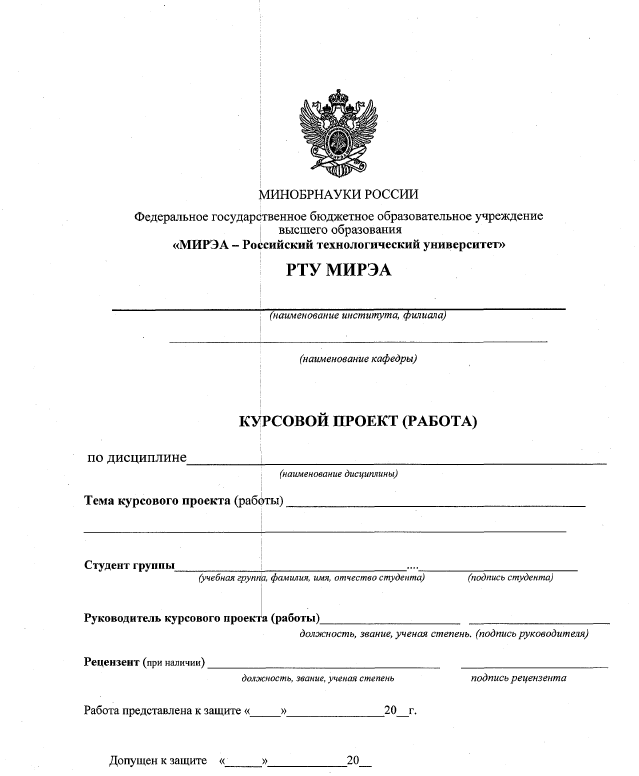
# Список рекомендуемых источников

1. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2016. – 352 с.
2. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов/ В. А. Рогов. 2-е изд.. испр. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2017. – 351 с.
3. Маталин, А.А. Технология машиностроения [Электронный ресурс]: учебник / А.А. Маталин. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2016. – 512 с.
4. Мельников, А.С. Научные основы технологии машиностроения [Электронный ресурс]: 2018-07-12 / А.С. Мельников, М.А. Тамаркин, Э.Э. Тищенко, А.И. Азарова; Под общ. ред. А.С. Мельникова. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 420 с.
5. Бочкарев, П.Ю. Оценка производственной технологичности деталей [Электронный ресурс]: учебное пособие / П.Ю. Бочкарев, Л.Г. Бокова. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2017. – 132 с.
6. Звонцов, И.Ф. Разработка технологических процессов изготовления деталей общего и специального машиностроения [Электронный ресурс]: учеб. пособие / И.Ф. Звонцов, К.М. Иванов, П.П. Серебреницкий. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 696 с.
7. Должиков, В.П. Разработка технологических процессов механообработки в мелкосерийном производстве [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.П. Должиков. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2016. – 328 с.
8. Зубарев, Ю.М. Методы получения заготовок в машиностроении и расчет припусков на их обработку [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.М. Зубарев. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2016. – 256 с.
9. Тимирязев, В.А. Проектирование технологических процессов машиностроительных производств [Электронный ресурс]: учебник / В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, Н.П. Солнышкин, С.И. Дмитриев. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2014. – 384 с.
10. Пухаренко, Ю.В. Механическая обработка конструкционных материалов. Курсовое и дипломное проектирование [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.В. Пухаренко, В.А. Норин. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 240 с.

# Приложение А – Бланк задания на курсовой проект



# Приложение Б – Бланк титульного листа курсового проекта



# Приложение В – Примерное содержание курсового проекта

Титульный лист

Задание на курсовой проект

Содержание

Введение

1. Исходные данные для проектирования

2 Технологический раздел

2.1Анализ исходных данных для проектирования

2.1.1 Служебное назначение детали

2.1.2 Конструкторско-технологическая характеристика детали

2.1.3 Расчет такта выпуска, определение типа производства

2.2 Анализ технологичности конструкции детали

2.3 Выбор исходной заготовки и метода ее изготовления

2.3.1 Выбор метода получения заготовки

2.3.2 Определение исполнительных размеров заготовки

2.4 Выбор технологических баз

2.5 Выбор типового техпроцесса и анализ базового варианта

2.6 Разработка технологического процесса изготовления детали

Заключение

Список использованных источников

Приложение – Маршрутные карты

# Приложение Г – Технологические характеристики различных методов обработки

Таблица Г.1 –Экономически достижимые значения показателей точности и шероховатости поверхности различных методов обработки.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Схема обработки | Метод обработки | Квалитет | Rа, мкм |
|  | Обработка наружных цилиндрических  поверхностей точением: | | |
| черновое | IT 14- IT 13 | 50 – 6,3 |
| получистовое | IT 13– IT 11 | 25 – 1,6 |
| чистовое | IT 10 – IT 8 | 6,3 – 0,4 |
| 1. тонкое | IT 8 – IT7 | 1,6 – 0,2 |
|  | Растачивание внутренних  цилиндрических поверхностей: | | |
| черновое | IT 13 – IT 11 | 25 – 1,6 |
| получистовое | IT 10 – IT8 | 6,3 – 0,4 |
| чистовое | IT 7 – IT 5 | 3,2 – 1,6 |
|  | Фрезерование: | | |
| черновое | Отклонение от прямолинейности 0,15 – 0,3 мм на 1м длины | 50 – 12,5 |
| чистовое | Отклонение от плоскостности 0,04 – 0,08 мм на 1м длины | 10 – 12,5 |
| тонкое | Отклонение от плоскостности 0,02 – 0,04 мм на 1м длины | 2,5 – 0,4 |
|  | Сверление и рассверливание: | | |
| Сверление | IT 13 – IT 10 | 25 – 6,3 |
| Рассверливание | IT 12 – IT 9 | 12,5 – 0,8 |
|  | Зенкерование: | | |
| черновое | IT 13 – IT 12 | 25 – 6,3 |
| чистовое | IT 13 – IT 8 | 25 – 0,4 |

Продолжение таблицы Г.1.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Схема обработки | Метод обработки | Квалитет | Rа, мкм |
|  | Развертывание: | | |
| точное | IT 9 – IT 7 | 6,3 – 0,4 |
| тонкое | IT 6 – IT 5 | 3,2 – 0,1 |
|  | Протягивание отверстий: | | |
| черновое | IT 11 – IT 10 | 12, 5 – 0,8 |
| чистовое | IT 9 – IT 6 | 6,3 – 0,2 |
|  | Шлифование наружное: | | |
| предварительное | IT 9 – IT 8 | 6,3 – 0,4 |
| чистовое | IT 7 – IT 6 | 3,2 – 0,2 |
| тонкое | IT 6 – IT 5 | 1,6 – 0,1 |
|  | Шлифование внутреннее: | | |
| предварительное | IT 9 – IT 8 | 6,3 – 0,4 |
| чистовое | IT 7 – IT 6 | 3,2 – 0,2 |
| тонкое | IT 5 | 1,6 – 0,1 |
|  | Хонингование отверстий, притирка | IT 5 – IT 4 | 0,8 – 0,1 |
|  | Суперфини-ширование,  притирка | IT 5 – IT 4 | 0,2 – 0,025 |

# Приложение Д – Требования к технологичности конструкции деталей

1. **Общие требования**
   1. Возможная простота конструкции, отсутствие сложных контурных обрабатываемых поверхностей.
   2. Наличие поверхностей удобных для базирования, установки и закрепления заготовки на станках на всех операциях, возможность сокращения числа переустановов при обработке.
   3. Доступность всех поверхностей для обработки на станках и непосредственного измерения.
   4. Деталь должна иметь экономически достижимую с точки зрения механической обработки точность и шероховатость
   5. Хорошая обрабатываемость материала детали резанием
   6. Унификация размеров с целью сокращения номенклатуры инструмента и возможного исключения специальных инструментов.
   7. Возможность применения универсальных измерительных средств.
   8. Возможность применения рациональных методов получения заготовки (литье, штамповка и т. п.).
   9. Отсутствие большой разностенности и незамкнутости контуров, вызывающих деформации при термообработке.
   10. Отсутствие мест резких изменений формы, острых краев, буртиков, являющихся концентраторами напряжений; доступность термически обрабатываемых поверхностей для обработки ТВЧ.
   11. Отсутствие специфических требований (допуски по массе, необходимость балансировки) или их необоснованность, особенно для массового и крупносерийного производства.
   12. Конструкция детали должна обеспечивать нормальный подвод и выход режущего инструмента.
2. **Дополнительные требования при обработке на станках с ЧПУ**
   1. Возможность замены установов позициями.
   2. Нанесение размеров на чертеже должно удовлетворять требованиям программирования и по возможности исключать пересчет при подготовке программы. Линейные размеры проставить от единых баз, т. е. применить координатный способ простановки. Рассчитать координаты центров дуг сопряжений поверхностей.
   3. Создание возможности обработки максимального количества поверхностей одним инструментом.
   4. Формы деталей должны быть заданы сочетанием простых геометрических фигур. Они должны соответствовать обработке с соответствующей системой ЧПУ, иметь унифицированные конструктивные элементы, отвечать возможности применения прогрессивных и унифицированных режущих инструментов.
   5. Криволинейные контуры и кривые сопряжений должны представлять простые математические кривые, лучше дуги окружностей и отрезки прямой.
   6. Правые и левые детали следует проектировать как зеркальное отображение одна другой. Это облегчает программирование.
   7. Поверхности для установки и захвата должны обеспечивать доступность захвата и ориентирование детали в таре (палете, призме).
   8. Внутренние радиусы сопряжений контуров должны быть одного размера из стандартного ряда диаметров для всех участков деталей, чтобы можно было вести обработку по одной программе без смены инструмента. Для цветных сплавов и конструкционных сталей R≥ (0,15… 0,2) *Н* и для труднообрабатываемых — *R*≥(0,25...0,5) H, где *R*— радиус сопряжений, *Н* — наибольшая высота полки обрабатываемого контура;
3. **Дополнительные требования для «валов»**
   1. Возможность обработки поверхностей проходными резцами.
   2. Убывание диаметральных размеров шеек к концам вала, либо к одной его стороне.
   3. Шпоночные канавки по возможности должны быть открытыми, а при нескольких на одном валу – одинаковыми по ширине и в одной плоскости.
   4. Отношение длины вала к диаметру (L/D) не должно превышать 10-ти для валов с точностью размеров по IT6-IT8 и 15-ти для валов менее точных квалитетов.
   5. Отсутствие глубоких отверстий малого диаметра, особенно эксцентричных.
4. **Дополнительные требования для «дисков»**
   1. Простота формы наружного контура и центрального отверстия, одностороннее расположение ступиц.
   2. Отсутствие длинных ступиц у протягиваемых отверстий.
   3. Конструкция должна допускать многорезцовую обработку, обработку проходными резцами.
   4. Отсутствие соосных отверстий, обрабатываемых с разных сторон.
5. **Дополнительные требования для «корпусных» деталей**
   1. Возможность обработки плоскостей и отверстий «на проход».
   2. Возможность одновременной многошпиндельной обработки отверстий с учетом расстояния между осевыми отверстиями в условиях крупносерийного и массового производства, правильная простановка размеров.
   3. Отсутствие внутренних резьб большого диаметра.
   4. Отсутствие глухих отверстий и торцов, подрезаемых с внутренних сторон.
   5. Отсутствие плоскостей иотверстий, расположенных не под прямым углом.

# Приложение Е – Данные по сортовому прокату различной конфигурации

1. **Прокат стальной горячекатаный круглый (ГОСТ 2590-88)**

Таблица Е.1 *−*Диаметр и предельные отклонения проката

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Диаметр, мм | Предельные отклонения, мм,  при точности прокатки | | |
| высокой | повышенной | обычной |
| 5; 5,5; 6; 6,3; 6,5; 7; 8; 9 | +0,1-0,2 | +0,1-0,5 | +0,3-0,5 |
| 1; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19 | +0,1-0,3 |
| 20; 21; 22; 23; 24; 25 | +0,1-0,4 | +0,2-0,5 | +0,4-0,5 |
| 26; 27; 28 | +0,1-0,4 | +0,2-0,7 | +0,3-0,7 |
| 29; 30 | +0,1-0,5 |
| 31; 32; 33; 34; 35; 36; 38; 39; 40; 41; 42; 43; 44; 45; 46; 47; 48 | +0,4-0,7 |
| 50; 52; 53; 54; 55; 56; 58 | +0,1-0,7 | +0,2-1,0 | +0,4-1,0 |
| 60; 62; 63; 65; 67; 68; 70; 72; 75; 78 | +0,1-0,9 | +0,3-1,1 | +0,5-1,1 |
| 80; 82; 85; 87; 90; 92; 95; 97 | +0,3-1,1 | +0,3-1,3 | +0,5-1,3 |
| 100; 105; 110; 115 | - | +0,4-1,7 | +0,6-1,7 |
| 120; 125; 130; 135; 140; 145; 150; 155 | - | +0,6-2,0 | +0,8-2,0 |
| 160; 165; 170; 175; 180; 185; 190; 195; 200 | - | - | +0,9-2,5 |
| 210; 220; 230; 240; 250 | - | - | +1,2-3,0 |
| 260; 270 | - | - | +2,0-4,0 |

1. **.Трубы бесшовные горячедеформированные из качественной и легированной стали** (**ГОСТ 8732-78)**

Марки стали: 10, 20, 35, 45, 10Г2, 20Х, 40Х, 30ХГСА, 15ХМ, 30ХМ.

Толщина стенки: 3 −45 мм (3; 3,2; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 6,5; 7; 7,5; 8; 8,5; 9; 9,5; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 22; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 34; 35; 36; 38; 40; 42; 45)

Предельные отклонения наружного диаметра:

D32 − 50 мм: ± 0.5 мм; D51 − 219 мм: ± 1%.

Предельные отклонения толщины стенки:

S3 − 15 мм: + 12,5%- 15%; S16 − 30 мм: ± 12,5%; S 32 − 45 мм: + 10%- 12,5%

Таблица Е.2 *−* Наружный диаметр труб

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Диаметр, мм | Стенка, мм | Диаметр, мм | Стенка, мм | Диаметр, мм | Стенка, мм |
| 32 - 33,7 | 3 - 4 | 89 - 95 | 3,5 - 24 | 146 | 5 - 38 |
| 38 - 42,4 | 3 - 4,5 | 102 - 108 | 4 - 28 | 152 | 5 - 40 |
| 45 - 54 | 3,5 - 6 | 114 | 4,5 - 28 | 159 | 5 - 42 |
| 57 - 68 | 3,5 - 14 | 121 | 5 - 30 | 168 - 194 | 6 - 45 |
| 70 | 3,5 - 16 | 127 | 5 - 32 | 203 - 219 | 8 - 45 |
| 73 - 76 | 3,5 - 20 | 133 | 5 - 35 |  |  |
| 82,5 - 83 | 3,5 - 22 | 140 | 5 - 36 |  |  |

1. **Трубы бесшовные холодно- и теплодеформированные из качественной и легированной стали** (**ГОСТ 8734-87)**

Марки стали: 10, 20, 35, 45, 10Г2, 15Х, 20Х, 40Х, 30ХГСА, 15ХМ.

Толщина стенки: 0,4 −12 мм (0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2; 2,2; 2,5; 2,8; 3; 3,2; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 6,5; 7; 7,5; 8; 8,5; 9; 9,5; 10; 11; 12).

Предельные отклонения толщины стенки:

S0,4 − 1 мм: ± 0,12 мм; S1,2 − 5 мм: ± 10%; S 5,5 − 12 мм: ± 8%

Таблица Е.3 *−*Наружный диаметр и предельные отклонения диаметра труб

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наружный диаметр, мм | Толщина стенки, мм | Предельные отклонения | Наружный диаметр, мм | Толщина стенки, мм | Предельные отклонения |
| 5 | 0,5 − 1,5 | ± 0,15 мм | 25; 26; 27; 28; 29 | 1 − 7 | ± 0,30 мм |
| 6 | 0,5 − 2 | 30 | 1 − 8 |
| 7; 8 | 0,5 − 2,5 | 32; 34; 35; 36 | 1 − 8 | ± 0,40 мм |
| 9 | 0,4 − 3 | 38; 40; 42 | 1 − 9 |
| 10 | 0,4 − 3,5 | 45; 48 | 1 − 10 |
| 11; 12 | 0,4 − 3,5 | ± 0,30 мм | 50; 51; 53; 54; 56 | 1 − 12 | 0,8% |
| 13; 14; 15 | 0,4 − 4 | 57; 60; 63; 65; 68; 70 | 1,5 − 12 |
| 16; 17; 18; 19; 20 | 0,4 − 5 | 73; 75; 76; 80; 83; 85; 89; 90; 95 | 2 − 12 |
| 21; 22 | 0,4 − 6 | 100; 102; 108; 110; 120; 130 | 2,5 − 12 |
| 23; 24 | 0,5 − 4 | 140 | 3 − 12 |

1. **.Трубы бесшовные горячедеформированные из коррозионностойкой стали** (**ГОСТ 9940-81)**

Марки стали: 08Х13, 08Х17, 12Х13, 12Х17, 15Х28, 15Х25Т, 04Х18Н10, 17Х18Н9, 10Х23Н18, 08Х17Н15М3Т, 08Х18Н10, 08Х18Н10Т, 08Х18Н12Б, 08Х18Н12Т, 08Х20Н14С2, 10Х17Н13М2Т, 12Х18Н9, 12Х18Н10Т, 12Х18Н12Т.

Толщина стенки: 5 −26 мм (5; 5,5; 6; 6,5; 7; 7,5; 8; 8,5; 9; 9,5; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 24; 25; 26).

Предельные отклонения толщины стенки:

S5 - 8 мм: обычная точность +20%- 15%; повышенная точность +12,5%-15%;

S8,5 − 20 мм: обычная точность ± 15%; повышенная точность +12,5%-15%;

S21 − 26 мм: обычная точность +12,5%-15%; повышенная точность ±12,5%.

Таблица Е.4 *−*Диаметр и предельные отклонения диаметра труб

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наружный  диаметр; мм | Толщина  стенки, мм | Предельные отклонения наружного диаметра, мм, при точности | |
| обычной | повышенной |
| 76 | 5 - 10 | ± 1,5% | ± 1% |
| 83; 89; 95; 102; 108; 114 | 5 - 12 |
| 121 | 6 - 20 |
| 127 | 6 - 22 |
| 133; 140; 146; 152; 159 | 6 - 26 |

1. **Трубы бесшовные холодно- и теплодеформированные из коррозионностойкой стали** (**ГОСТ 9941-81)**

Марки стали: 04Х18Н10, 08ХН28МДТ, 08Х13, 08Х17Т, 08Х17Н15М3Т, 08Х18Н12T, 08Х20Н14С2, 08Х22Н6Т, 10Х17Н13М2Т, 08Х18Н12Т, 12Х13, 12Х17, 12Х18Н12Т, 08Х18Н10, 08Х18Н10Т, 12Х18Н9, 10Х23Н18, 12Х18Н10Т, 15Х25Т, 17Х18Н9.

Толщина стенки: 0,2 −8,5 мм (0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,4; 1,5; 1,8; 2; 2,2; 2,5; 2,8; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 6,5; 7; 7,5; 8; 8,5)

Предельные отклонения толщины стенки:

S0,2 мм: обычная точность ± 0,05 мм; повышенная ± 0,03 мм;

S0,3 − 0,4 мм: обычная точность ± 0,07 мм; повышенная ± 0,05 мм;

S0,5 − 1 мм: обычная точность ± 0,15 мм; повышенная ± 0,1 мм;

S1,2 − 3 мм: обычная + 12,5%- 15%; повышенная ± 12,5%; высокая + 12,5%- 10%;

S3,5 − 7 мм: обычная ± 12,5%; повышенная + 12,5%- 10%; высокая ± 10%

S 7,5 − 8,5 мм: обычная точность + 12,5%- 10%; повышенная ± 10%

Таблица Е.5 *−*Диаметр и предельные отклонения диаметра труб

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наружный  диаметр; мм | Толщина  стенки, мм | Предельные отклонения наружного диаметра, мм, при точности | | |
| высокой | повышенной | обычной |
| 5 | 0,2 − 1 | ± 0,15 | ± 0,2 | ± 0,3 |
| 6; 7 | 0,2 − 1,5 |
| 8; 9 | 0,2 − 2 |
| 10 | 0,2 − 2,5 |
| 11;12; 13 | 0,2 − 2,5 | ± 0,2 | ± 0,3 | ± 0,4 |
| 14; 15; 16; 17 | 0,2 − 3 |
| 18; 19 | 0,2 − 3,5 |
| 20 | 0,2 − 4 |
| 21; 22; 23; 24 | 0,3 − 4 |
| 25; 27; 28 | 0,3 − 4,5 |
| 30 | 0,3 − 5,5 |
| 32; 34; 35 | 0,3 − 5,5 | ± 0,8% | ± 1% | ± 1,2% |
| 36 | 0,4 − 5,5 |
| 38; 40; 42; 45 | 0,4 − 6 |
| 48; 50 | 0,4 − 7,5 |
| 51; 53; 54; 56 | 0,5 − 7,5 |
| 57 | 0,5 − 8 |
| 60 | 0,5 − 8,5 |
| 63;65; 68; 70; 73; 75 | 1,5 − 8,5 |
| 76; 80; 83; 85 | 3 − 8,5 |
| 89; 90 | 4 − 8,5 |
| 95 | 4 − 5 |

1. **Прутки прессованные из алюминиевых сплавов** (**ГОСТ 21488-97)**

Таблица Е.6 *−*Диаметр и предельные отклонения прутков круглого сечения

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Диаметр, мм | Предельные отклонения, мм, при точности прутка | | | Диаметр, мм | Предельные отклонения, мм, при точности прутка | | |
| высокой | повышен. | обычной | высокой | повышен. | обычной |
| 8; 10 | -0,58 | ±0,22 | -0,36 | 110; 120 | -1,40 | ±0,70 | -1,00 |
| 12; 14; 16; 18 | -0,70 | ±0,22 | -0,43 | 130; 140; 150 | -1,60 | ±0,85 | — |
| 20 | -0,84 | ±0,25 | -0,52 | 160; 180 | -1,60 | ±1,00 | — |
| 25; 30; 35 | -0,84 | ±0,25 | -0,52 | 200 | -2,00 | ±1,10 | — |
| 40; 45; 50 | -1,00 | ±0,30 | -0,62 | 250 | -2,00 | ±1,30 | — |
| 55; 60; 65 | -1,20 | ±0,40 | -0,74 | 300 | -2,50 | ±1,60 | — |
| 70; 75; 80 | -1,20 | ±0,50 | -0,74 | 350 | -4,00 | ±2,00 | — |
| 90; 100 | -1,40 | ±0,60 | -1,00 | 400 | -6,00 | — | — |

1. **Трубы прессованные из алюминиевых сплавов** (**ГОСТ 18482-79)**

Толщинастенки: 1,5 - 40 мм (1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 7,5; 8,0; 10,0; 12,5; 15,0; 17,5; 20,0; 22,5; 25,0; 27,5; 30,0; 32,5; 35,0; 37,5; 40,0).

Предельныеотклонениятолщиныстенки: S1,5: ± 0,30; S2,0− 3,5 мм: ± 0,40 мм; S4,0: ± 0,45; S5,0: ± 0,50; S6,0: ± 0,60; S7,0: ± 0,70; S7,5: ± 0,75; S8,0: ± 0,80; S10,0: ± 1,00; S12,5: ± 1,2; S15,0: ± 1,4; S17,5: ± 1,6; S20,0 − 22,5: ± 1,8; S25,0: ± 2,0; S27,5: ± 2,2; S30,0: ± 2,4; S32,5 − 35,0: ± 2,6; S37,5: ± 2,8; S40,0: ± 3,0.

Таблица Е.7 *−*Наружный диаметр и предельные отклонения диаметра труб

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наружный диаметр, мм | Толщина стенки, мм | Предельные отклонения | Наружный диаметр, мм | Толщина стенки, мм | Предельные отклонения |
| 18 | 1,5 | ± 0,5 | 95; 100 | 3,0 − 32,5 | ± 1,0 |
| 20 | 1,5 − 2,5 | 105 | 3,5 − 32,5 |
| 22 | 1,5 − 3,5 | 110 | 3,5 − 40,0 |
| 25 | 1,5 − 5,0 | 115; 120 | 4,0 − 40,0 | ± 1,2 |
| 28 | 1,5 − 6,0 | 125; 130 | 6,0 − 40,0 | ± 1,3 |
| 30 | 1,5 − 7,5 | 135; 140 | 10,0 − 40,0 | ± 1,4 |
| 32 | 1,5 − 8,0 | 145; 150 | 10,0 − 40,0 | ± 1,5 |
| 35; 38 | 1,5 − 10,0 | 155; 160 | 10,0 − 40,0 | ± 1,6 |
| 40; 42 | 1,5 − 12,5 | 165; 170 | 10,0 − 40,0 | ± 1,7 |
| 45; 48 | 1,5 − 15,0 | 175; 180 | 10,0 − 40,0 | ± 1,8 |
| 50 | 1,5 − 17,5 | 185; 190 | 10,0 − 40,0 | ± 1,9 |
| 52; 55; 58; 60 | 2,0 − 17,5 | ± 0,6 | 195; 200 | 10,0 − 40,0 | ± 2,0 |
| 55 | 2,0 − 17,5 | ± 0,6 | 210; 220 | 10,0 − 40,0 | ± 2,2 |
| 58; 60 | 2,0 − 17,5 | 230; 240; 250 | 10,0 − 40,0 | ± 2,5 |
| 65; 70 | 2,0 − 20,0 | ± 0,7 | 260; 270; 280 | 10,0 − 40,0 | ± 2,8 |
| 75; 80 | 2,5 − 27,5 | ± 0,8 | 290; 300 | 15,0 − 40,0 |
| 85; 90 | 2,5 − 27,5 | ± 0,9 |  |  |  |

# Приложение Ж – Типовые схемы базирования и установки деталей

1. Таблица Ж.1 −Типовые схемы базирования деталей и погрешность базирования

| Наименование типа  деталей | Теоретическая схема базирования  и ее характеристика | Расчет  погрешности  базирования |
| --- | --- | --- |
| 1. Корпусные | 1.1    Неполная схема базирования: 1,2,3 – установочная технологическая база.  Применяется при получении в процессе обработки размеров в направлении, перпендикулярном установочной базе. | εδh = 0 |
| 1.2.    Полная схема базирования:  1,2,3 – установочная технологическая база;  4,5 – направляющая технологическая база;  6 – опорная технологическая база.  Применяется при получении в процессе обработки размеров в направлении трех координатных осей. | εδh = *ITH*  εδ*l*= *ITL;*  εδ*l*2= 0*;*  εδb = *ITB;*  εδd1 = εδd2 =0  При обработке двух отверстий за один установ:  εδ*l*1=εδb1=0  При последовательной обработке отверстий за два установа:  εδ*l*1 = *ITL+ ITl*, εδb1 = *ITB*+ *ITb* |

1. Продолжение таблицы Ж.1

| Наименование типа  деталей | Теоретическая схема базирования  и ее характеристика | Расчет  погрешности  базирования |
| --- | --- | --- |
|  | 1.3    Полная схема базирования:  1,2,3 – установочная технологическая база;  4,5 – двойная опорная технологическая база;  6 – опорная технологическая база.  Применяется на операциях чистовой обработки поверхностей после создания баз (плоскости и двух отверстий) | εδd=0  εδh=0  εδ*l* =*ITL*  При обработке двух отверстий за один установ:  εδ*l*1=εδh1=0  При последовательной обработке отверстий за два установа:  εδ*l*1 = *ITL+ ITl*, εδh1 = *IT*h |
| 2. Рычаги | 2.1    Полная схема базирования:  1,2,3 – установочная технологическая база;  4,5 – скрытая направляющая технологическая база;  6 – скрытая опорная технологическая база  Применяется на операциях при обработке базовых поверхностей (отверстий) | εδh=0  εδd1= εδd2=0  εδ*l*= 0 |

1. Продолжение таблицы Ж.1

| Наименование типа  деталей | Теоретическая схема базирования  и ее характеристика | Расчет  погрешности  базирования |
| --- | --- | --- |
|  | 2.2     1. Полная схема базирования: 2. 1,2,3 – установочная технологическая база; 3. 4,5 – двойная опорная технологическая база; 4. 6 – опорная технологическая база.   Применяется при обработке различных поверхностей при базировании по плоскости и двум отверстиям | εδh=*IT*d2+*IT*dп+  +(Δгар1+Δгар2)×  ×(*l*1 + *l*2)/L  εδ*l*2=*IT*d2+*IT*dп+Δгар2  где *IT*dп – допуск на диаметр цилиндрического установочного пальца;  Δгар1, Δгар2 – гарантированные зазоры между установочным пальцем и отверстием (для d1 и d2 соответственно) |
| 2.3     1. Полная схема базирования: 2. 1,2,3 – установочная технологическая база; 3. 4,5 – двойная опорная технологическая база; 4. 6 – опорная технологическая база..   Применяется на операции предварительной обработки, а также при создании постоянных технологических баз. | εδh = 0  εδd1 = εδd2 = 0  εδ*l*1=*ITD*/2×  ×(1/sin(α/2)-1)  где α− угол  наклона рабочих поверхностей призмы  При обработке двух отверстий за один установ:  εδ*l*2= 0  При последовательной обработке отверстий за два установа:  εδ*l*2= [*ITl*1+(*ITD*/2×  ×1/sin(α/2)-1)] |

1. Продолжение таблицы Ж.1

| Наименование типа  деталей | Теоретическая схема базирования  и ее характеристика | Расчет  погрешности  базирования |
| --- | --- | --- |
| 3. Валы, втулки при L>2D | 3.1    Полная схема базирования:  1,2,3,4 – скрытая двойная направляющая база;  5 – явная опорная технологическая база;  6 – скрытая опорная технологическая база.  Применяется при обработке торцовых поверхностей и центровых отверстий (фрезерно-цент-ровальная операция), а также при обработке пазов, лысок и т. п. | εδL = 0; εδh2 = 0  εδh1 = εδh3 = *IT*D/2  При обработке торца и паза за один установ:  εδ*l* = εδ*l*1 = 0  При последовательной обработке торца и паза за два  установа:  εδ*l*= *IT*L  εδ*l*1 = *IT*L\*  \* −если размер *l*1 не обеспечивается размером инструмента |
| 3.2    Полная схема базирования:  1,2,3,4 − скрытая двойная направляющая база;  5 – явная опорная технологическая база;  6 – скрытая опорная технологическая база.  Применяется при обработке шпоночных пазов, лысок и т. п. | где α – угол  наклона рабочих поверхностей призмы  εδ*l*= ITL,  εδ*l*1 = ITL\*  \* −если размер *l*1 не обеспечивается размером инструмента |

1. Продолжение таблицы Ж.1

| Наименование типа  деталей | Теоретическая схема базирования  и ее характеристика | | Расчет  погрешности  базирования |
| --- | --- | --- | --- |
| 1. 4. Диски, втулки и т. п. детали при   D<L≤ 2D | | 4.1    Полная схема базирования:  1,2,3,4 – скрытая двойная направляющая технологическая база;  Применяется при обработке базовых, основных и вспомогательных поверхностей | εδD =0  При обработке обоих торцов за один установ:  εδ*l* = εδL = 0  При последовательной обработке наружного (L) и внутреннего (*l*) торцов за два установа:  εδ*l* = *IT*L |
| 4.2     1. Полная схема базирования: 2. 1,2,3,4 – двойная направляющая технологическая база;   5 – явная опорная технологическая база;  6 – скрытая опорная технологическая база.  Применяется при обработке неответственных поверхностей, если их расположение относительно баз задано свободными размерами | εδd1=0  εδ*l* = *IT*L  εδh = *IT*D/2 + 2е +  + *IT*d + *IT*dп + 2Δгар  где *IT*dп – допуск на диаметр цилиндрической оправки;  Δгар – гарантированный зазор между оправкой и отверстием d  *е* – эксцентриситет (несоосность) наружного диаметра D относительно отверстия d |

1. Продолжение таблицы Ж.1

| Наименование типа  деталей | Теоретическая схема базирования  и ее характеристика | Расчет  погрешности  базирования |
| --- | --- | --- |
| 5. Диски, втулки и т.п. детали при  L≤D | 5.1    Полная схема базирования:  1,2,3 – установочная технологическая база;  4,5 – скрытая двойная опорная технологическая база;  6 – скрытая опорная технологическая база.  Применяется при обработке базовых, основных и вспомогательных поверхностей. | εδD = εδd = εδd1 =0  При обработке наружного (L) и внутренних (*l*1,*l*2) торцов за один установ:  εδ*l*1 = εδ*l*2 = εδL = 0  При последовательной обработке наружного (L) и внутренних (*l*1,*l*2) торцов за два установа:  εδ*l*1 = εδ*l*2 = *IT*L |
| 5.2    Полная схема базирования:  1,2,3 – установочная технологическая база;  4,5 – двойная опорная технологическая база;  6 – опорная технологическая база.  Применяется при обработке неответственных поверхностей, если их расположение относительно баз задано свободными размерами | εδd1=0  εδD=*IT*d+*IT*dп+Δгар  где *IT*dп – допуск на диаметр цилиндрической оправки;  Δгар – гарантированный зазор между оправкой и отверстием d |

1. Продолжение таблицы Ж.1

| Наименование типа  деталей | Теоретическая схема базирования  и ее характеристика | Расчет  погрешности  базирования |
| --- | --- | --- |
|  | 5.3    Полная схема базирования:  1,2,3 – установочная технологическая база;  4,5 – двойная опорная технологическая база;  6 – опорная технологическая база.  Применяется при обработке шпоночных пазов, лысок и т. п. | εδh1 = εδh3 = *IT*D/2+ +2е+*IT*d+*IT*dп+2Δгар  εδh2=*IT*d+*IT*dп+2Δгар  где *IT*dп – допуск на диаметр цилиндрической оправки;  Δгар – гарантированный зазор между оправкой и отверстием d  *е* – эксцентриситет (несоосность) наружного диаметра D относительно отверстия |
| 5.4    Неполная схема базирования:  1,2,3 – установочная технологическая база;  4,5 – двойная опорная технологическая база (при протягивании создается инструментом)  Применяется при обработке фасонных отверстий (шпоночных пазов, шлицев и т. п.) протягиванием. | εδd=0 |
| Обозначения:  *IT*− поле допуска на размер, полученный на предыдущих операциях;  εδ− погрешность базирования для размеров, получаемых на текущей операции;  D, R− соответственно диаметр и радиус наружных цилиндрических поверхностей;  d− диаметр внутренних цилиндрических поверхностей (отверстий);  L, B, H− размеры (длина, ширина, высота), полученные на предыдущих операциях;  *l*, b, h− размеры (длина, ширина, высота), получаемые на данной операции. | | |

1. Таблица Ж.2 − Типовые схемы установки деталейв приспособлениях

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Характеристика обрабатываемых деталей | Описание схемы  установки | Схема установки | Номер реализуемой схемы базирования |
| 1. Корпусные | По плоскости на магнитной плите |  | 1.1 |
| В приспособлении по трем плоскостям |  | 1.2 |
| По плоскости, цилиндрическому и ромбическому пальцам |  | 1.3  2.2 |
| 2. Рычаги | В призматических самоцентрирующихся тисках |  | 2.1 |
| В тисках с одной неподвижной призматической губкой |  | 2.3 |
| 3. Валы, втулки при L>2D | В самоцентрирующих призматических тисках с подвижным (отводимым) упором |  | 3.1 |
| В плавающем и вращающемся центрах с поводковым патроном и подвижным люнетом |  | 3.1 |

1. Продолжение таблицы Ж.2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Характеристика обрабатываемых деталей | Описание схемы  установки | Схема установки | Номер реализуемой схемы базирования |
|  | В центрах вращающемся и рифленом (поводковом) |  | 3.1 |
| В трехкулачковом самоцентрирующем патроне без упора в торец с неподвижным люнетом |  | 3.1 |
| В трехкулачковом самоцентрирующем патроне и вращающемся центре |  | 3.1 |
| На неподвижную призму с упором в торец |  | 3.2 |
| 4. Диски, втулки и т. п. при L<2D | В трехкулачковом (цанговом) патроне в разжим с упором в торец. |  | 4.1  5.1 |
|  | На гладкой цилиндрической оправке |  | 4.2  5.2  5.3 |
|  | На шлицевой, шпоночной или резьбовой оправке |  | 4.2  5.2  5.3 |

1. Продолжение таблицы Ж.2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Характеристика обрабатываемых деталей | Описание схемы  установки | Схема установки | Номер реализуемой схемы базирования |
|  | В мембранном роликовом патроне с установкой по поверхности зубчатого венца и с упором в торец. |  | 4.1  4.5 |
| На жесткой опоре при протягивании (роль оправки выполняет инструмент) |  | 4.4 |
| На сферической (плавающей) опоре при протягивании (роль оправки выполняет инструмент) |  | 4.4 |
| Примечание. В схемах установки использованы обозначения опор зажимов и установочных устройств по ГОСТ 3.1107-81. | | | |

1. Таблица Ж.3 − Условные обозначения установочных и зажимных элементов и устройств (ГОСТ 3.1107-81)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. Обозначения установочных элементов и устройств | | 1. Форма рабочей поверхности установочных и зажимных элементов | | 1. Обозначения устройств зажима | |
| 1. Патрон цанговый или трехкулачковый |  | 1. Трехгранная |  | 1. Зажим губкой в тисках |  |
| 1. Поводковый патрон |  | 1. Ромбическая |  | 1. Одиночный зажим |  |
| 1. Центр неподвижный |  | 1. Призматическая |  | 1. Двойной зажим |  |
| 1. Центр вращающийся |  | 1. Коническая |  | 1. Пневматические | 1. Р |
| 1. Центр плавающий |  | 1. Сферическая |  | 1. Гидравлические | 1. Н |
| 1. Центр рифленый |  | 1. Рельефная |  | 1. Электрические | 1. Е |
| 1. Оправка цилиндрич. |  | 1. Плоская |  | 1. Магнитные | 1. М |
| 1. Люнет неподвижный |  | 1. Цилиндрическая |  | 1. Электромагнитные | 1. ЕМ |
| 1. Люнет подвижный |  |  |  |  |  |