

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И
КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ**

для студентов специальности 36 08 01
"Машины и аппараты текстильной, легкой
промышленности и бытового обслуживания"
заочной формы обучения

Витебск
2008

УДК.621.9.

Технология машиностроения: Методические указания и контрольные задания для студентов специальности 36 08 01 "Машины и аппараты текстильной, легкой промышленности и бытового обслуживания" заочной формы обучения

Витебск: Министерство образования Республики Беларусь, ВГТУ, 2008.

Составители: доцент Ковчур А.С, доцент Белов Е.В.

В методических указаниях в едином стиле изложены содержание и методика выполнения контрольных работ по размерному анализу чертежа детали, разработка схем базирования и разработки маршрута обработки типовых поверхностей детали.

Одобрено кафедрой технологии и оборудования машиностроительного производства Учреждения образования «Витебского государственного технологического университета» "20" ноября 2007 г. Протокол № 5.

Рецензент: ст. преподаватель Голубев А. Н.

Редактор: ст. преподаватель Климентьев А. Л.

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским советом «ВГТУ» "20" ноября 2007 г. Протокол № 5.

Ответственный за выпуск: Жук Н.В.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»

Подписано к печати _____ . Формат _____ . Уч.- изд. лист _____

Печать ризографическая, _____ Тираж _____ экз. Заказ _____ Цена _____

Отпечатано на ризографе Учреждения образования «Витебский государственный технологический университет» лицензия № 02330/0133005 от 1 апреля 2004г.

210035 Республика Беларусь, г.Витебск, Московский пр-т, 72.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| 1.Размерный анализ чертежа детали..... | 4 |
| 2.Выбор метода получения заготовки..... | 10 |
| 3.Выбор баз для первой операции..... | 25 |
| 4.Основы проектирования технологического процесса обработки резанием корпусных ОП | 26 |
| 5.Пример выполнения контрольного задания..... | 33 |

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1

ЧАСТЬ 1

ТЕМА: Размерный анализ чертежа детали

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: научить студента осуществлять размерный анализ чертежа детали на предмет достаточности и необходимости имеющихся на чертеже размеров.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 1.Получить чертеж детали.
- 2.Выполнить эскиз детали в трех проекциях в выбранной системе координат, с размерами по каждой оси.
- 3.Обрабатываемые поверхности выделить красным цветом.
- 4.Пронумеровать все поверхности по порядку в направлении каждой оси.
- 5.Построить исходный граф размерных связей детали по каждой из осей и провести проверку, при необходимости исправить.
- 6.Построить исправленный граф по каждой из осей.
- 7.Оформить контрольную работу и защитить.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Чертеж детали является одним из основных элементов информации, необходимой для разработки техпроцесса механической обработки детали. От того, насколько полной будет эта информация, во многом будет зависеть правильность и экономичность разрабатываемого техпроцесса. Поэтому, прежде чем приступить к разработке техпроцесса, необходимо провести размерный анализ чертежа детали на предмет правильности простановки размеров их необходимости и достаточности. Наиболее удобно эту проверку проводить с помощью теории графов, так как она позволяет представить сложную систему взаимосвязей, существующих в детали, упрощенными графическими изображениями, удобными для анализа.

Граф размерных связей детали представляет собой совокупность вершин, символизирующих поверхности детали и ребер, размеры между ними. Для наиболее простого решения поставленной задачи необходимо принять ряд ограничений.

1. Принимается система координат детали, в которой изображается анализируемая деталь по трем осям (для обозначения осей детали можно использовать любые прописные буквы, кроме X, Y, Z).

2. Обрабатываемые поверхности выделяются красным цветом, необрабатываемые – синим или черным.

3. Каждая цилиндрическая поверхность имеет свою ось, и каждая пара

симметричных поверхностей имеет свою плоскость симметрии.

4. Оси рассматриваются так же, как и поверхности и обозначаются на грифе вершиной. Цвет оси зависит от цвета поверхности к которой она принадлежит (синяя или красная).

5. Все размеры на эскизах должны иметь численные значения допусков в том числе и для свободных поверхностей.

6. После этого проводится нумерация всех поверхностей, включая и оси по порядку с индексом той оси, по которой проверяется деталь, при этом оси обозначаются буквой «О» и номером той поверхности, к которой они принадлежат, это же правило справедливо и для плоскостей симметрии.

7. Для цилиндрических поверхностей желательно совпадение номеров по различным координатным осям.

После выполнения эскиза детали в цвете с имеющимися размерами и нумерацией поверхностей можно приступить к построению графа размерных связей при обходе по контуру.

В качестве примера рассмотрим построение графа размерных связей для детали типа «корпус». На *рис. 1* представлен исходный эскиз этой детали по осям «М», «N», «К» с нанесенными обозначениями поверхностей и размеров. Используя информацию, имеющуюся на чертеже, строим исходный граф размерных связей, который представлен на *рис. 1а*.

Проверка построенного графа проводится по следующим правилам:

а) на графе не должно быть разрывов или замкнутых контуров, разрыв указывает на то, что размера не хватает, и замкнутый контур говорит о том, что какой-то размер лишний;

б) между обрабатываемыми и необрабатываемыми поверхностями должна быть только одна связь.

В ходе анализа исходного эскиза и исходных графов размерных связей выявляется ошибочная информация и вносятся необходимые изменения. Исключение формы поверхностей на графах позволяет легко выявить ошибки размерной схемы. Оторванные цилиндрические и симметричные поверхности связываются соосностью с номинальным размером равным 0.

Исходя из вышеизложенных правил, из исходных графов на *рис. 1а* необходимо задать или разорвать нужные размерные связи между поверхностями и путем несложных расчетов определить новые величины размеров, затем вычертить исправленный граф (*рис. 1б*).

После построения исправленного графа вычерчиваем эскиз по осям «М», «N», «К» (*рис. 2*).

Необрабатываемые поверхности изображены двойным кружком.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Для чего необходим размерный анализ чертежа?
2. По какому правилу чертятся эскизы детали?
3. Как строится исходный граф?
4. Как строится исправленный граф?

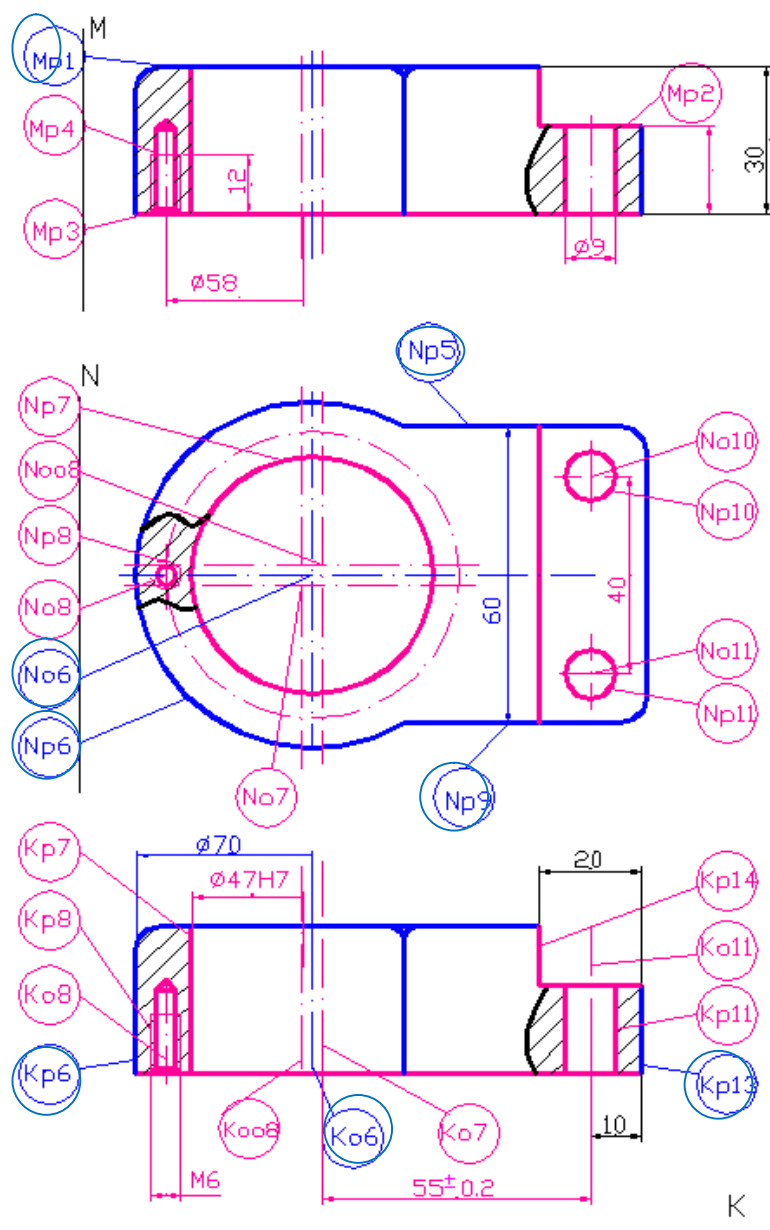


Рис. 1. Исходный эскиз детали

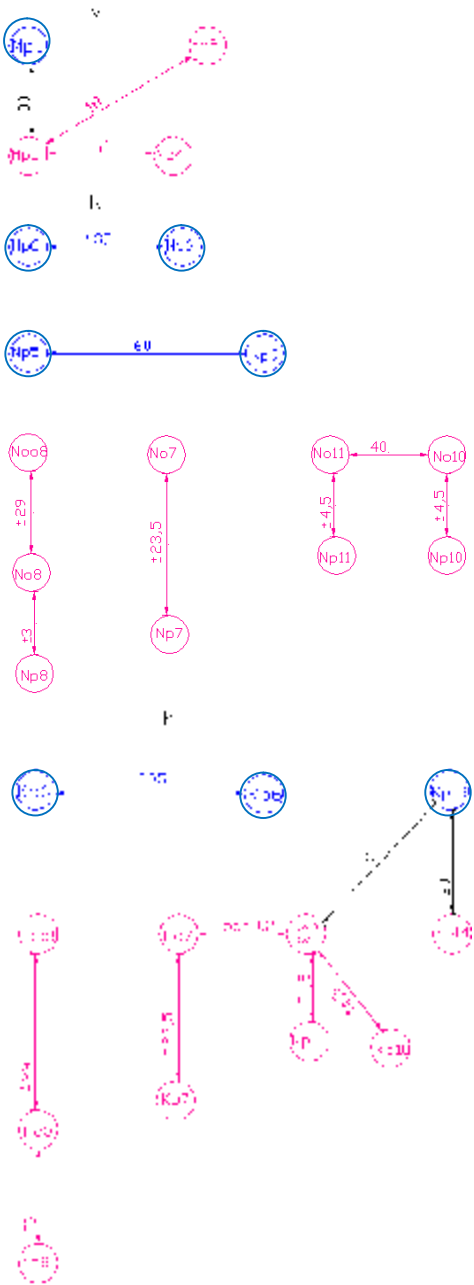


Рис. 1а. Исходные графы размерных связей по осям М, N и К

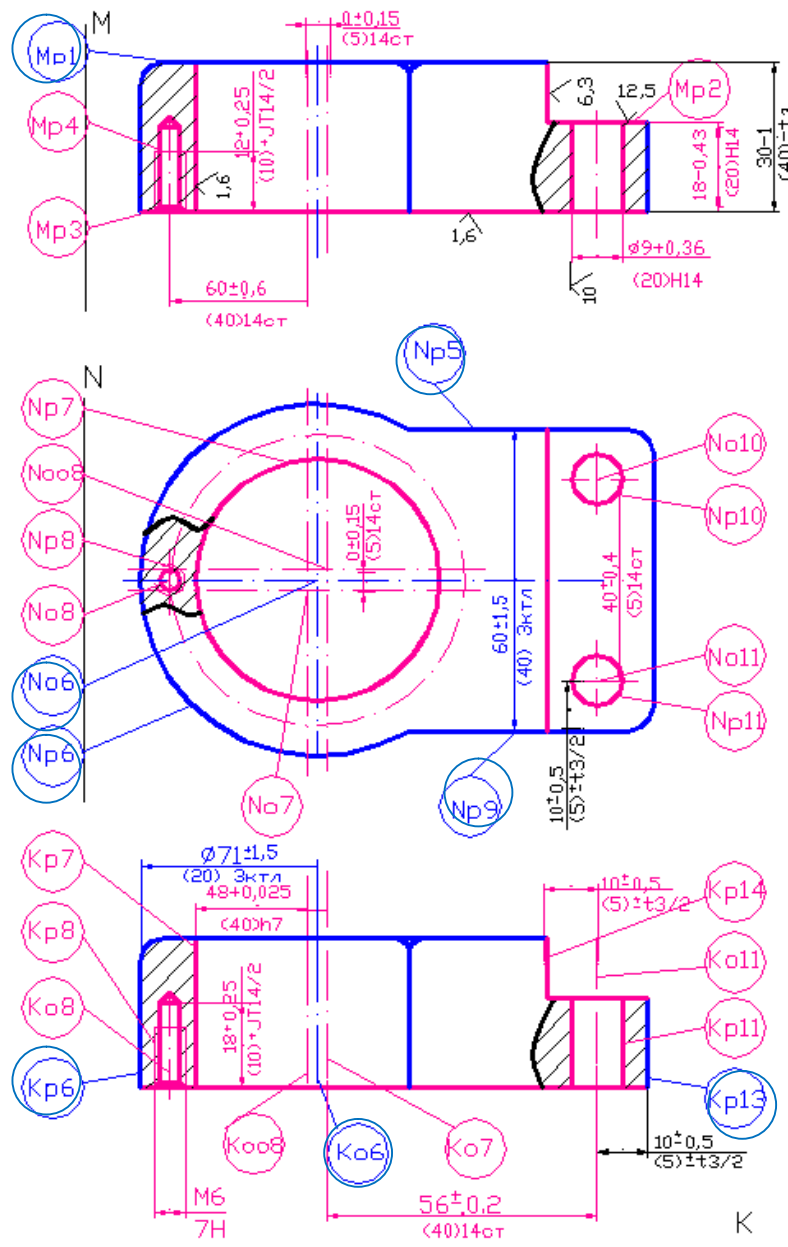


Рис. 2. Исправленный эскиз детали

ЧАСТЬ 2

ТЕМА: Выбор метода получения заготовки

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: научить студента с помощью справочной литературы правильно выбирать метод получения заготовки для каждого конкретного случая.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с теоретической частью работы.
2. На основании теоретических знаний заданного материала и объема выпуска с помощью справочных данных выбрать метод получения заготовки для заданной детали.
3. Выполнить эскиз заготовки.
4. Оформить контрольную работу.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

На современном этапе развития в машиностроении практически не существует методов, позволяющих получить готовую деталь из сырья. Обычно деталь изготавливается из полуфабриката, называемого заготовкой, с помощью технологического процесса. От правильности выбора метода получения заготовки во многом зависит трудоемкость изготовления детали и ее себестоимость, а также длительность техпроцесса.

В настоящее время наибольшее распространение получили следующие методы получения заготовок:

1. Прокат.
2. Литье.
3. Ковка и штамповка.
4. Прессование из порошков и пластмасс.
5. Метод весовых коэффициентов.

Каждый из этих методов имеет свои особенности, которые и определяют область его применения. Кроме того на выбор метода влияют и такие факторы, как объем производства, конфигурация и масса заготовки, материал. Рассмотрим особенности каждого метода и определим область его применения.

ПРОКАТ

Выпускается металлургическими предприятиями в централизованном порядке, гостирован. В машиностроении применяют товарные заготовки, сортовые и фасонные профили общего, отраслевого и специального

назначения, трубный прокат, гнутые, горячепресованные и периодические профили.

Товарные заготовки – болванки, квадратные (ГОСТ 4693-77) – служат заготовками под ковку и штамповку крупных валов, рычагов и т.д.

Сортовые профили общего назначения - круглые и квадратные (ГОСТ 2590-71), шестигранные (ГОСТ 2879-69) и полосовые (ГОСТ 103-76) - используют для изготовления валов как гладких, так и с небольшим перепадом диаметров ступеней, стаканов диаметром до 50 мм, втулок диаметром до 25 мм, рычагов. Номенклатура диаметров от 5 до 250 мм и круглой стали, от 5 до 200 мм для квадратной, от 8 до 100 мм для шестигранной и толщиной от 4 до 60 мм для полосовой. По точности подразделяется на высокую, повышенную и обычную (отклонения см. табл.1.8 – 1.13).

Трубный прокат – стальной бесшовный горячекатаный, холодноотянутый и холоднокатаный (ГОСТ 8732-78, ГОСТ 8734-75) – служит для изготовления цилиндров, втулок, гильз, стаканов, пустотелых валов и т.д.

Периодические профили проката соответствуют изготавливаемым из них деталям.

Профили продольной прокатки (ГОСТ 8319.0-75, ГОСТ 8531-78) служат для изготовления передних осей автомобилей, лопаток, осей; поперечно-винтовой прокатки (ГОСТ 8320.0-83) – для изготовления валов электродвигателей, шпинделей машин, осей рычагов; поперечно-клиновой прокатки для изготовления валов коробки передач и других деталей типа тел вращения в массовом и крупносерийном производстве.

Механические свойства периодического проката выше, чем свойства гладкого проката. Отклонения размеров проката от номинального обычно составляют по диаметру профиля $\pm 0,1\%$ и по длине $\pm 0,5\%$.

Точность горячекатаного проката ориентировочно соответствует 12-14 качеству точности, холодноотянутого – 9-12 качеству.

ОТЛИВКИ

Отливка является, пожалуй, самым распространенным методом получения заготовок. Среди отливок до 80% по массе занимают заготовки, изготавливаемые литьем в песчаные формы. Метод является универсальным применительно к литейным материалам, а также массе и габаритам отливок. Специальные способы литья значительно повышают стоимость отливок, но позволяют получить заготовки с минимальным объемом механической обработки.

Существуют различные методы повышения производительности в литейном производстве. Применение жидкоподвижных смесей при литье в песчаные формы снижает трудоемкость изготовления формы и стержней в 3-5 раз, исключает ручной труд. При литье в песчаные формы различают отливки 1,2 и 3 классов точности. Отливки 1 класса точности обеспечиваются

формовкой по металлическим моделям с заливкой металла в сырые и подсушенные формы, применяют в условиях массового производства.

Отливки 2 класса точности обеспечиваются формовкой с механизированным выемом, деревянной модели, закрепляемой на легкоъемных металлических плитах. Этот способ применяют для получения отливок в серийном производстве.

Отливки 3 класса точности обеспечиваются ручной формовкой в песчаные формы, а также машинной формовкой по координатным плитам с незакрепленными моделями. Этот способ является оптимальным для изготовления отливок любой сложности, любых размеров и массы из различных литейных сплавов в единичном и мелкосерийном производстве.

Допускаемые отклонения размеров отливок, гостированные величины отклонений приведены в таблицах (см. табл.1.5, 1.6). В общем случае для оценки точности с некоторым приближением можно пользоваться качествами по ГОСТ 25347-82, а также справочника (см. табл.1.7). Точность отливки зависит не только от технологии производства, но и от наибольшего габаритного размера отливки и ее сложности. Различают пять групп сложности отливок. Приблизительно допуски на размеры отливок колеблются от 1Т-11 до 1Т-20 (см. табл.1.9).

Технологичность конструкций отливок, характеризуется условиями формовки, заливки, остывания, выбивки, обрубки. Большое внимание на технологию последующей обработки оказывает наличие в них отверстий. При массовом производстве проливают отверстия диаметром свыше 20 мм, при серийном диаметром свыше 30 мм, при единичном – диаметром свыше 50 мм. Уступы шириной более 25 мм и выемки свыше 6 мм на мелких и средних отливках делают литыми.

КОВАННЫЕ И ШТАМПОВАННЫЕ ЗАГОТОВКИ

Ковка

Ковкой получают поковки простой формы массой от 150 г до 250 т. Мелкие и средние изготавливают только в единичном и мелкосерийном типах производства, а крупные – при всех типах. Припуски и допуски на поковки, изготавливаемые на молотах, от $5 \pm 1/2$ мм до $34 \pm 10/30$ мм, а на поковки, изготавливаемые на прессах от 10 ± 3 мм до $80 \pm$ мм, для необрабатываемых участков предельные отклонения снижают на 25 - 50 %. С применением подкладных штампов получают главным образом мелкие до 5 кг с относительно сложной формой без припусков; припуски - от 3 мм и выше, допуски $\pm 1,5/1$ мм и более.

Горячая штамповка

Штамповка в открытых штампах (облойная) используется при изготовлении мелких и средних поковок

Различают штамповку в одно ручьевых и многоручьевых штампах. В одноручьевых штампах получают заготовки простой конфигурации. В многоручьевых штампах поковки штампуют последовательно в 2-4 ручьях с использованием мерной заготовки из сортового проката, этим способом получают заготовки средней и повышенной сложности.

Штамповка в закрытых штампах (безоблойная). Этим способом изготавливают обычно поковки, имеющие форму тел вращения или близкую к ним. Возможно также изготовление сложных поковок. В этом случае поковку получают из заготовок, откованных в специальных штампах.

Штамповка на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ). Этим способом штампуют заготовки типа стержней с утолщением, фланцами одним или двумя буртиками, различные втулки, поковки с глухими полостями или сквозными отверстиями, поковки из труб. Масса заготовок от 0,1-100 кг.

Штамповку производят, как правило, из проката повышенной точности из труб, значительно реже из штучных заготовок. Преимущество штамповки на ГКМ – высокая производительность и экономное использование металла

Конструктивные параметры поковок. При изготовлении поковок следует назначать штамповочные уклоны и радиусы. В тех случаях, когда полости ручья штампа узкие и глубокие, в целях исключения подсаживания ручья следует применять двойные штамповочные уклоны.

Холодная штамповка

Этот способ применяют при изготовлении заготовок из листа. Очень важно при этом способе рационально раскроить лист. В настоящее время для нахождения оптимального способа раскроя используют ЭВМ. Заготовки получают резкой, вырезкой и пробивкой. Очень часто вырезанные заготовки подвергают гибке, вытяжке или высадке.

ЗАГОТОВКИ ИЗ ПЛАСТМАСС

Малая плотность, демпфирующая способность, стойкость к агрессивным средам, высокие электро-, тепло-, звукоизоляционные и фрикционные свойства, высокая удельная прочность, простота переработки в изделия и другие ценные физико-механические свойства способствуют широкому применению пластмасс в машиностроении. По поведению при нагревании пластмассы делят на две основные группы: термореактивные (реактопласты) и термопластические (термопласты). Реактопласты при нагревании вначале переходят в вязкотекучее состояние, а затем превращаются в необратимые, неплавкие и нерастворимые вещества. Термопласты обратимо изменяются при многократном нагревании и охлаждении.

Различают следующие основные методы переработки пластмасс в детали и заготовки.

1. Прямое прессование – в открытых и закрытых пресс-формах, нагретых

до 130-180° Удельное давление 400-1500 кГ/см².

2.Литье под давлением – в формы, имеющие систему охлаждения и нагреваемые до 40-80°. Удельное давление 500-2500 кГ/см².

3.Пневматическое формование – с применением сжатого воздуха в негативной (матрицы) или позитивной (пуансон) форме.

4.Вакуумное формование – всасывание предварительно размягченного листа в форму (негативную или позитивную).

5.Экструзия – гранулированный материал размягчается в обогревательной зоне шнека и выдавливается в виде стержня, листа или трубы.

6.Штамповка (вырубка, гибка и т.д.) – требует нагрева при штамповке, гибке, отбортовке.

7.Механическая обработка.

ЗАГОТОВКИ ИЗ ПОРОШКОВ

Металлокерамические заготовки изготавливают из металлов, несшиваемых в расплавленном виде (железо-свинец, вольфрам-медь) или композиций, состоящих из металлов и неметаллов (медь-графит и т.д.). Заготовки этих деталей получают прессованием смесей порошков в пресс-формах под давлением 1000-6000 кГ/см² с последующим спеканием. Для повышения точности заготовок их до спекания нередко обрабатывают резанием или калибруют в пресс-формах. В настоящее время для получения цилиндрических заготовок применяют экструзию.

МЕТОД ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ

Суть метода в следующем [4]. Заготовка характеризуется рядом критериев, отражающих ее форму, массу, габаритные размеры, сложность и параметры качества. Каждый критерий выбора имеет несколько уровней значений. А каждому уровню критерия выбора и типу производства соответствует ряд весовых коэффициентов, значение которых зависит от способа изготовления заготовки. В табл. 1.1 приведены значения весовых коэффициентов для различных способов получения литых заготовок. Способ использования табл. 1.1 поясним следующим примером.

Предположим, что по чертежу детали, заготовку которой необходимо получить литьем, определены следующие критерии выбора: 1) тип производства – крупносерийное; 2) материал – силумин; 3) масса детали – 6 кг; 4) группа сложности – 3-я; 5) параметр шероховатости исходных поверхностей $Ra = 0,8$ мкм; 6) форма детали – корпусная; 7) минимальный габаритный размер – 240 мм; 8) квалитет точности размеров, связывающих исходные поверхности, – IT12. Соответствующие данным уровням критериев выбора значения весовых коэффициентов заносим в табл. 1.2 и затем находим их суммы по столбцам,

соответствующим разным способам получения отливки. Выбирается тот способ, сумма весовых коэффициентов которого наибольшая. В данном случае это будет литье под давлением.

Таблица 1.1

Весовые коэффициенты критериев выбора способа изготовления отливки

| Номер и наименование критерия выбора | Уровень, градация и значение критерия выбора | Способ изготовления литой | | | | | | |
|---|--|---------------------------|----|-----|-----|----|-----|----|
| | | ЛПФ | | ЛОФ | ЛВМ | ЛК | ЛПД | ЦЛ |
| | | РФ | МФ | | | | | |
| 1. Тип производства | 1. Мелкосерийное | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2. Серийное | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 3. Крупносерийное | 0 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| 2. Материал детали | 1. Сталь | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | 2. Чугун | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| | 3. Цветные сплавы | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3. Масса детали, кг | 1. 50...60 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 2. 60...120 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| | 3. 120...320 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | 4. 320...600 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4. Группа сложности отливки | 1. 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| | 2. 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| | 3. 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| | 4. 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| | 5. 5 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5. Параметр Ra поверхности заготовки, мкм | 1. 0,63...1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| | 2. 1,6...3,2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 |
| | 3. 6,3...12 | 0 | 1 | 2 | 1 | 2 | 0 | 1 |
| | 4. 12,5...20 | 2 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 6. Форма детали | 1. Тела вращения | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 2. Корпусные | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| | 3. Рычаги | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| | 4. Фасонные | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 7. Максимальные габаритные размеры, мм | 1. До 25 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| | 2. 25...50 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| | 3. 50...120 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 4. 120...400 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| | 5. 400...1600 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8. Качество точности размеров | 1. 11...13 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| | 2. 13...15 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| | 3. 15...17 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| | 4. 17...20 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

Примечание: ЛПФ – литье в песчаные формы; РФ – ручная формовка; МФ – машинная формовка; ЛОФ – литье в оболочковые формы; ЛВМ – литье по выплавляемым моделям; ЛК – литье в кокиль; ЛПД – литье под давлением; ЦЛ – центробежное литье.

Таблица 1.2

Значения весовых коэффициентов для данной детали

| Номер критерия выбора (по табл. 1.1) | Уровень критерия | Способ литья | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------|--------------|----|-----|-----|----|-----|----|
| | | ЛПФ | | ЛОФ | ЛВМ | ЛК | ЛПД | ЦЛ |
| | | РФ | МФ | | | | | |
| 1 | 3 | 0 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| 6 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 7 | 4 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Сумма | | 5 | 7 | 7 | 6 | 5 | 10 | 4 |

Если конкурирующие способы набирают одинаковую сумму, то выбирается тот из них, который обеспечивает минимум затрат на изготовление заготовки и ее механическую обработку. Затраты на изготовление заготовки можно оценить по следующей эмпирической формуле:

$$C_3 = Am^{a_1} A_1^{a_2-1} N_G^{a_3} K_{ТОЧ} + am, \tag{1.1}$$

где

A – коэффициент, значение которого зависит от материала заготовки и способа ее получения;

m – масса детали, кг;

A_1 – коэффициент учета группы сложности заготовки;

N_G – годовая программа выпуска, шт.;

$K_{ТОЧ}$ – коэффициент, учитывающий качество точности заготовки; a – постоянный коэффициент, учитывающий дополнительный расход материала на заготовку;

a_1, a_3 – показатели степени;

a_2 – показатель степени, равный номеру группы сложности заготовки.

Таблица 1.3

Значения параметров формулы (1.1)

| Материал отливки | A | a_1 | a_3 | A_1 |
|--------------------------------------|-------|-------|--------|-------|
| <i>Литье в песчаные формы</i> | | | | |
| Чугун | 0,417 | 0,900 | -0,055 | 1,182 |
| Сталь | 0,477 | 0,897 | | |
| <i>Литье в оболочковые формы</i> | | | | |
| Чугун | 0,707 | 0,891 | -0,056 | 1,132 |
| Сталь | 0,929 | 0,871 | | |
| <i>Литье в кокиль</i> | | | | |
| Чугун | 0,652 | 0,860 | -0,097 | 1,191 |
| Сталь | 0,714 | 0,868 | | |
| <i>Центробежное литье</i> | | | | |
| Чугун | 0,437 | 0,871 | -0,076 | 1,181 |
| Сталь | 0,477 | 0,878 | | |
| <i>Литье по выплавляемым моделям</i> | | | | |
| Сталь: углеродистая | 2,714 | 0,683 | -0,092 | 1,1 |
| легированная | 3,250 | 0,697 | | |

Для литых заготовок из черных сплавов $a = 1$; коэффициент $K_{точ}$ зависит от качества точности IT заготовки следующим образом:

| | | | | |
|-----------|-----|---------|---------|---------|
| IT | ... | 17...20 | 15...16 | 13...14 |
| $K_{точ}$ | ... | 1 | 1,05 | 1,13 |

Значения других параметров формулы (1.1) приведены в табл. 1.3.

Затраты на механическую обработку заготовки можно оценить по следующей эмпирической модели:

$$C_{M.O} = Bm^{b_1} B_1^{a_2-1} N_T^{b_2},$$

где B – коэффициент, зависящий от вида материала заготовки и способа ее получения;

B_1 – коэффициент для учета влияния группы сложности заготовки;

b_1, b_2 – показатели степени.

Для литых заготовок из черных металлов указанные параметры принимают следующие значения (см. таблицу 1.4):

Таблица 1.4

Весовые коэффициенты

| Материал | B | b_1 | B_1 | b_2 |
|--------------------|-----------|-------|-------|--------|
| Чугун | 3,18 | 0,523 | 1,294 | -0,197 |
| Сталь углеродистая | 5,46 9 | 0,511 | 1,294 | -0,227 |

Из двух или трех конкурирующих способов с одинаковой суммой весовых коэффициентов выбирается тот, для которого сумма C_3 и $C_{M.O}$ будет минимальной (полученные по формулам значения C_3 и $C_{M.O}$ соответствуют уровню цен 1990 г.).

Аналогично можно выбрать наиболее подходящий способ обработки давлением, но метод весовых коэффициентов для них еще не разработан.

В качестве примера для получения заготовки рассмотрим два **возможных метода**: литье в песчано-глинистые формы и литье в кокиль. Область применения того или иного способа литья определяется объемом производства, требованиям к геометрической точности и шероховатости поверхности отливки, экономической целесообразности и других факторов.

Кокильное литье применяется в массовом и серийном производстве для изготовления отливок из чугуна, стали и сплавов цветных металлов с толщиной стенок 3 – 100 мм и массой от нескольких десятков граммов до нескольких десятков килограммов. Кокиль – металлическая форма.

При литье в кокиль сокращается расход формовочной и стержневой смесей. Затвердевание отливок происходит в условиях интенсивного отвода тепла от залитого металла, что обеспечивает большую плотность металла и механические свойства, чем у отливок, полученных в песчано-глинистых формах. Кокильные отливки имеют высокую геометрическую точность размеров и малую шероховатость поверхности, что снижает припуск на механическую обработку вдвое по сравнению с литьем в песчано-глинистые формы. Этот способ литья высокопроизводительный.

Недостатками кокильного литья являются: высокая трудоемкость изготовления кокилей, их ограниченная стойкость, трудность изготовления сложных по конфигурации отливок.

Литье в песчано-глинистые формы позволяет получать заготовки для массового, серийного и единичного производства. Основными достоинствами литья в песчано-глинистые формы является простота и относительная дешевизна получения заготовок. Методы автоматизации позволяют использовать данный метод для крупносерийного и массового производства.

Автоматизация заливки литейных форм обеспечивает высокую точность дозировки металла, облегчает труд заливщика и повышает производительность труда.

Отливка III класса точности обеспечивается ручной формовкой в песчано-глинистые формы, а так же машинной формовкой по координатным плитам с незакрепленными моделями.

На основании анализа достоинств и недостатков описанных методов выбираем литье в песчано-глинистые формы, как наиболее **оптимальный способ** получения отливок. Для него применяются формовочные смеси, представляющие собой сочетание материалов, соответствующих условиям технологического процесса изготовления литейных форм. Огнеупорной составляющей смеси является формовочный кварцевый песок. Для соединения частиц песка применяются формовочные глины. Формовочные смеси должны обладать рядом свойств: пластичностью (отчетливость отпечатка модели), текучестью, газопроницаемостью, прочностью (для формовочных смесей в сыром состоянии 2,9 – 15,7 МН/м², для стержней 49 – 196 МН/м²), противопригарностью (противопригарные добавки – каменный уголь).

После литья получаем отливку третьего класса точности. Допустимые отклонения размеров 2,0 – 3,0 мм. Эскиз литейной формы изображен на *рис. 3*:

- | | |
|------------------------|----------------------|
| 1 – стержень; | 6 – стояк; |
| 2 – формовочная плита; | 7 – литниковая чаша; |
| 3 – нижняя полуформа; | 8 – питатели; |
| 4 – шлакоуловитель; | 9 – наколы; |
| 5 – верхняя полуформа; | 10 – выпоры. |

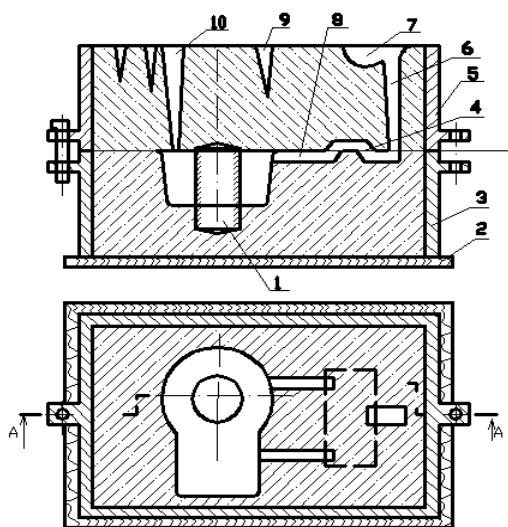


Рис. 3. Эскиз литейной формы

В таблицах 1.5.-1.13. приведены допустимые отклонения размеров и параметры поверхности отливок и заготовок из проката.

Таблица 1.5

Допустимые отклонения размеров чугуновых и стальных отливок (размеры, мм)

| Наибольший габаритный размер отливки | Номинальный размер | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| | до 50 | св. 50 до 120 | св. 12 до 260 | св. 260 до 500 | св. 500 до 800 | св. 800 до 1250 | св. 125 до 2000 | св. 2000 до 3150 | св. 3150 до 5000 | св. 5000 до 6300 | св. 6300 до 10000 |
| <u>1 класс точности</u> | | | | | | | | | | | |
| До 120 | 0,2 | 0,3 | | | | | | | | | |
| Св. 120 до 260 | 0,3 | 0,4 | 0,6 | | | | | | | | |
| 260...500 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | | | | | | | |
| 500...1250 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | | | | | |
| 1250...3150 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | | | |
| 3150...5000 | 1,0 | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | | |
| <u>2 класс точности</u> | | | | | | | | | | | |
| До 260 | 0,5 | 0,8 | 1,0 | | | | | | | | |
| Св. 260 до 500 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,5 | | | | | | | |
| 500...1250 | 1,0 | 1,2 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | | | | | |
| 1250...3150 | 1,2 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | | | |
| 3150...6300 | 1,5 | 1,8 | 2,2 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 | 9,0 | 12,0 | |
| <u>3 класс точности</u> | | | | | | | | | | | |
| До 500 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | | | | | | | |
| Св. 500 до 1250 | 1,2 | 1,8 | 2,2 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | | | | | |
| 1250...3150 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,5 | 5,0 | 6,0 | 7,0 | 9,0 | | | |
| 3150...6300 | 1,8 | 2,2 | 3,0 | 4,0 | 5,5 | 6,5 | 8,0 | 10,0 | 12,0 | 15,0 | |
| 6300...10000 | 2,0 | 2,5 | 3,5 | 4,5 | 6,0 | 7,5 | 9,0 | 14,0 | 14,0 | 17,0 | 20,0 |

Таблица 1.6

Допустимые отклонения размеров отливок из цветных металлов и сплавов (размеры, мм)

| Номинальный размер отливки | | | | Литье в песчаные формы | | Литье в оболочковые формы | | Литье по выплавляемым моделям | | Центробежное литье | | Литье под давлением | | |
|----------------------------|------|----|------|------------------------|------|---------------------------|------|-------------------------------|------|--------------------|------|---------------------|------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | Точность отливок | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | |
| до 10 | | | | 0,4 | 0,8 | 0,2 | 0,4 | 0,12 | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,1 | 0,12 | |
| | | | | 0,6 | 1,6 | 0,3 | 0,6 | 0,24 | 0,3 | 0,3 | 0,6 | 0,2 | 0,24 | |
| св. | 10 | до | 18 | 0,4 | 0,8 | 0,24 | 0,4 | 0,16 | 0,24 | 0,24 | 0,4 | 0,12 | 0,16 | |
| | | | | 0,6 | 1,6 | 0,4 | 0,6 | 0,24 | 0,4 | 0,4 | 0,6 | 0,24 | 0,24 | |
| | 18 | | 30 | 0,5 | 0,8 | 0,3 | 0,5 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,5 | 0,14 | 0,2 | |
| | | | | 0,8 | 1,6 | 0,5 | 0,8 | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,8 | 0,28 | 0,3 | |
| | 30 | | 50 | 0,6 | 1,0 | 0,4 | 0,6 | 0,24 | 0,4 | 0,4 | 0,6 | 0,17 | 0,24 | |
| | | | | 1,0 | 1,6 | 0,6 | 1,0 | 0,4 | 0,6 | 0,6 | 1,0 | 0,34 | 0,4 | |
| | 50 | | 80 | 0,8 | 1,2 | 0,5 | 0,8 | 0,5 | 0,8 | 0,5 | 0,8 | 0,3 | 0,5 | |
| | | | | 1,2 | 2,0 | 0,8 | 1,2 | 0,8 | 1,2 | 0,8 | 1,2 | 0,5 | 0,8 | |
| | 80 | | 120 | 1,0 | 1,6 | 0,6 | 1,0 | 0,6 | 1,0 | 1,0 | 1,6 | 0,4 | 0,6 | |
| | | | | 1,6 | 2,5 | 1,0 | 1,6 | 1,0 | 1,6 | 1,6 | 2,5 | 0,6 | 1,0 | |
| | 120 | | 180 | 1,2 | 2,0 | 1,2 | 2,0 | 0,8 | 1,2 | 1,2 | 2,0 | 0,5 | 0,8 | |
| | | | | 2,0 | 3,0 | 2,0 | 3,0 | 1,2 | 2,0 | 2,0 | 3,0 | 0,8 | 1,2 | |
| | 180 | | 260 | 1,6 | 2,4 | 1,6 | 2,4 | 1,0 | 1,6 | 1,6 | 2,4 | 0,6 | 1,0 | |
| | | | | 2,4 | 4,0 | 2,4 | 4,0 | 1,6 | 2,4 | 2,4 | 4,0 | 1,0 | 1,6 | |
| | 260 | | 360 | 1,8 | 3,0 | 1,8 | 3,0 | 1,2 | 1,8 | 1,8 | 3,0 | 0,8 | 1,2 | |
| | | | | 3,0 | 4,5 | 3,0 | 4,5 | 1,8 | 3,0 | 3,0 | 4,5 | 1,2 | 1,8 | |
| | 360 | | 500 | 2,2 | 3,6 | 2,2 | 3,6 | 1,4 | 2,2 | 2,2 | 3,6 | - | 1,4 | |
| | | | | 3,6 | 5,5 | 3,6 | 5,5 | 2,2 | 3,6 | 3,6 | 5,5 | - | 2,2 | |
| | 500 | | 630 | 4,0 | 6,4 | 2,4 | 4,0 | 1,6 | 2,4 | 2,4 | 4,0 | - | 1,6 | |
| | | | | 6,4 | 10,0 | 4,0 | 6,4 | 2,4 | 4,0 | 4,0 | 6,4 | - | 2,4 | |
| | 630 | | 800 | 5,0 | 8,0 | 3,0 | 5,0 | - | 3,0 | 3,0 | 5,0 | - | - | |
| | | | | 8,0 | 12,0 | 5,0 | 8,0 | - | 5,0 | 5,0 | 8,0 | - | - | |
| | 800 | | 1000 | 5,6 | 9,0 | 3,6 | 5,6 | - | 3,6 | 3,6 | 5,6 | - | - | |
| | | | | 9,0 | 14,0 | 5,6 | 9,0 | - | 5,6 | 5,6 | 9,0 | - | - | |
| | 1000 | | 1250 | 6,4 | 10,0 | 4,0 | 6,4 | - | 4,0 | 4,0 | 6,4 | - | - | |
| | | | | 10,0 | 16,4 | 6,4 | 10,0 | - | 6,4 | 6,4 | 10,0 | - | - | |
| | 1250 | | 1600 | 8,0 | 12,0 | 5,0 | 8,0 | - | 5,0 | 5,0 | 8,0 | - | - | |
| | | | | 12,0 | 20,0 | 8,0 | 12,0 | - | 8,0 | 8,0 | 12,0 | - | - | |
| | 1600 | | 2000 | 9,0 | 14,0 | - | 9,0 | - | - | - | 9,0 | - | - | |
| | | | | 14,0 | 22,0 | - | 14,0 | - | - | - | 14,0 | - | - | |

ПРИМЕЧАНИЕ: в числителе приведены допуски на размеры отливок, оформляемых в одной части формы, в знаменателе - на размеры отливок,

оформляемых в двух частях формы или более, или стержнями.

Таблица 1.7

Допуски размеров (± 1 мм)

| Интервалы | | | | Обозначение | | | | | | | | | |
|-----------|------|----|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | 1Т11 | 1Т12 | 1Т13 | 1Т14 | 1Т15 | 1Т16 | 1Т17 | 1Т18 | 1Т19 | 1Т20 |
| до | | | | 0,075 | 0,120 | 0,180 | 0,300 | 0,480 | 0,750 | 1,200 | 1,800 | 3,000 | 4,800 |
| св. | 6 | до | 10 | 0,090 | 0,150 | 0,220 | 0,360 | 0,580 | 0,900 | 1,500 | 2,200 | 3,600 | 5,800 |
| | 10 | | 18 | 0,110 | 0,180 | 0,270 | 0,430 | 0,700 | 1,100 | 1,800 | 2,700 | 4,300 | 7,000 |
| | 18 | | 30 | 0,130 | 0,210 | 0,330 | 0,520 | 0,840 | 1,300 | 2,100 | 3,300 | 5,200 | 8,400 |
| | 30 | | 50 | 0,160 | 0,250 | 0,390 | 0,620 | 1,000 | 1,600 | 2,500 | 3,900 | 6,200 | 10,000 |
| | 50 | | 80 | 0,190 | 0,300 | 0,460 | 0,740 | 1,200 | 1,900 | 3,000 | 4,600 | 7,400 | 12,000 |
| | 80 | | 120 | 0,220 | 0,350 | 0,540 | 0,870 | 1,400 | 2,200 | 3,500 | 5,400 | 8,700 | 14,000 |
| | 120 | | 180 | 0,250 | 0,400 | 0,630 | 1,000 | 1,600 | 2,500 | 4,000 | 6,300 | 10,000 | 16,000 |
| | 180 | | 250 | 0,290 | 0,460 | 0,720 | 1,150 | 1,850 | 2,900 | 4,600 | 7,200 | 11,500 | 18,500 |
| | 250 | | 315 | 0,320 | 0,520 | 0,810 | 1,300 | 2,100 | 3,200 | 5,200 | 8,100 | 13,000 | 21,000 |
| | 315 | | 400 | 0,360 | 0,570 | 0,890 | 1,400 | 2,300 | 3,600 | 5,700 | 8,900 | 14,000 | 23,000 |
| | 400 | | 500 | 0,400 | 0,630 | 0,970 | 1,550 | 2,500 | 4,000 | 6,300 | 9,700 | 15,500 | 25,000 |
| | 500 | | 630 | 0,440 | 0,700 | 1,100 | 1,750 | 2,800 | 4,400 | 7,000 | 11,000 | 17,500 | 28,000 |
| | 630 | | 800 | 0,500 | 0,800 | 1,250 | 2,000 | 3,200 | 5,000 | 8,000 | 12,500 | 20,000 | 32,000 |
| | 800 | | 1000 | 0,560 | 0,900 | 1,400 | 2,300 | 3,600 | 5,600 | 9,000 | 14,000 | 23,000 | 36,000 |
| | 1000 | | 1250 | 0,660 | 1,050 | 1,650 | 2,600 | 4,200 | 6,600 | 10,500 | 16,500 | 26,000 | 42,000 |
| | 1250 | | 1600 | 0,780 | 1,250 | 1,950 | 3,100 | 5,000 | 7,800 | 12,500 | 19,500 | 31,000 | - |
| | 1600 | | 2000 | 0,920 | 1,500 | 2,300 | 3,700 | 6,000 | 9,200 | 15,000 | 23,000 | - | - |
| | 2000 | | 2,500 | 1,100 | 1,750 | 2,800 | 4,400 | 7,000 | 11,000 | 17,500 | - | - | - |
| | 2500 | | 3150 | 1,350 | 2,100 | 3,300 | 5,400 | 8,600 | 13,500 | - | - | - | - |

± 1 - значение допусков дота квалитетов, грубее 17-го, получены экстраполированием.

Таблица 1.8

СТАЛЬ ГОРЯЧЕКАТАНАЯ КРУГЛАЯ (ГОСТ 2590-71)

| Диаметры, мм | Предельные отклонения (мм) по диаметру при точности прокатки | | | | | |
|--------------------------|--|-----|------------|-----|---------|-----|
| | высокой | | повышенной | | обычной | |
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | + | - | + | - | + | - |
| 5; 5,5; 6; 6,3; 6,5; 7-9 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 0,3 | 0,5 |
| 10-19 | 0,1 | 0,3 | 0,2 | 0,5 | 0,3 | 0,5 |
| 20-25 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,5 | 0,4 | 0,5 |
| 26-48 | 0,2 | 0,5 | 0,2 | 0,7 | 0,4 | 0,7 |
| 50; 52-58 | 0,2 | 0,8 | 0,2 | 1,0 | 0,4 | 1,0 |

Окончание табл.1.8

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 60; 62; 63; 65; 67; 68; 70; 72;75; 78 | 0,3 | 0,9 | 0,3 | 1,1 | 0,5 | 1,1 |
| 80; 82; 85; 90; 95 | 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; 150 | - | - | 0,6 | 2,0 | 0,8 | 2,0 |
| 160; 170; 180; 190; 200 | - | - | | | 0,9 | 2,5 |
| 210; 220; 230; 240; 250 | - | - | - | - | 1,2 | 3,0 |

Таблица 1.9

Допуски размеров и шероховатости поверхности отливок

| Литье | Сплавы отливок | | |
|---|----------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| | Легкие цветные | Тяжелые цветные и серый чугун | Ковкий, высокопрочный чугун, сталь |
| Под давлением | 1Т-11-1Т13; до Ra=0,63 мкм | 1Т12-1Т14; Ra= 1,253 мкм и грубее | - |
| В керамические формы и по выплавляемым моделям | 1Т12-1Т14; до Ra=2,5 мкм | 1Т13-1Т15; до Ra=20 мкм | 1Т14-1Т15; Ra=20МКМ и грубее |
| В кокиль и под низким давлением без стержней и с песчаными стержнями, в песчаные формы, отверждаемые в контакте с оснасткой | 1Т13-1Т17; до Ra=20 мкм | 1Т14-1Т17; до Ra=40 мкм | 1Т15-1Т18; до Ra=80 мкм |
| В песчаные формы, отверждаемые вне контакта с оснасткой; центробежное; в сырые и сухие песчано-глинистые формы | 1Т14-1Т18; до Ra=40 мкм | 1Т15-1Т18; до Ra=80 мкм | 1Т16-1Т20; до Ra=80 мкм и грубее |

Таблица 1.10

Сталь горячекатаная квадратная (ГОСТ 2591-71)

| Размеры квадрата, мм | Предельные отклонения (мм) стороны квадрата при | | | | | |
|----------------------|---|-----|------------|-----|---------|-----|
| | высокой | | повышенной | | обычной | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | + | - | + | - | + | - |
| 5-9 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 0,3 | 0,5 |

| | | | | | | |
|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 10-19 | 0,1 | 0,3 | 0,2 | 0,5 | 0,3 | 0,5 |
| Окончание табл.1.10 | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 20-25 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,5 | 0,4 | 0,5 |
| 26-48 (нет 43; 44; 47) | 0,2 | 0,5 | 0,2 | 0,7 | 0,4 | 0,7 |
| 50; 52; 55; 58 | 0,2 | 0,8 | 0,2 | 1,0 | 0,4 | 1,0 |
| 60; 63; 65; 70; 75 | 0,3 | 0,9 | 0,3 | 1,1 | 0,5 | 1,1 |
| 80; 85; 90; 93; 95 | 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 | - | - | 0,6 | 2,0 | 0,8 | 2,0 |
| 160; 170; 180; 190; 200 | - | - | - | - | 0,9 | 2,5 |

Таблица 1.11

Сталь горячекатаная шестигранная (ГОСТ 2879-69)

| Диаметр вписанного круга, мм | Предельные отклонения, мм при точности | | | |
|---|--|-----|------------|-----|
| | обычной | | повышенной | |
| | + | - | + | - |
| 8; 9 | 0,3 | 0,5 | 0,1 | 0,3 |
| 10-19 через 1 мм | 0,3 | 0,5 | 0,2 | 0,3 |
| 20; 21; 22; 24; 25 | 0,4 | 0,5 | 0,2 | 0,4 |
| 26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 48 | 0,4 | 0,7 | 0,2 | 0,6 |
| 50; 52; 55 | 0,4 | 1,0 | 0,2 | 0,9 |
| 60; 63; 65; 70; 75 | 0,5 | 1,1 | 0,3 | 1,0 |
| 80; 85; 90; 95; 100 | 0,5 | 1,3 | 0,4 | 1,2 |
| 100 | 0,6 | 1,7 | 0,5 | 1,5 |

ПРИМЕЧАНИЯ: 1. Местная кривизна прутков из шестигранной стали не должна превышать 5 мм на 1 метр длины; общая кривизна не должна превышать произведения предельной местной кривизны 1 м длины на длину прутка в метрах. По соглашению сторон могут поставляться прутки, кривизна которых не превышает 2 мм на 1 метр длины. 2. Скручивание прутка шестигранной стали вокруг продольной оси не допускается.

Таблица 1.12

Полоса стальная горячекатаная (ГОСТ 103-76)

| Ширина полосы, мм | Предельные отклонения (мм) при точности | | | |
|----------------------|---|-----|-------------|-----|
| | повышенной | | номинальной | |
| | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | | | | |
| | + | - | + | - |
| От 11 до 60 | 0,3 | 0,9 | 0,5 | 1,0 |

| | | | | |
|--------|-----|-----|-----|-----|
| 63; 65 | 0,3 | 1,1 | 0,5 | 1,3 |
|--------|-----|-----|-----|-----|

Окончание табл.1.12

| | | | | |
|---------------|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 70; 75 | 0,3 | 1,3 | 0,5 | 1,4 |
| 80; 85 | 0,5 | 1,4 | 0,7 | 1,6 |
| 90; 95 | 0,6 | 1,8 | 0,9 | 1,8 |
| 100; 105 | 0,7 | 2,0 | 1,0 | 2,0 |
| 110 | 0,8 | 2,2 | 1,0 | 2,2 |
| 120; 125 | 0,9 | 2,4 | 1Л | 2,4 |
| От 130 до 150 | 1,0 | 2,5 | 1,2 | 2,8 |
| Св. 150; 180 | 1,2 | 2,8 | 1,4 | 3,2 |
| 180; 200 | 1,4 | | 1,7 | |

Таблица 1.13

Полоса стальная горячекатаная (ГОСТ 103-76)

| Толщина полосы, мм | Предельные отклонения (мм) по толщине полосы, при точности | | | |
|-----------------------|--|-----|-------------|-----|
| | повышенной | | номинальной | |
| | + | - | + | - |
| От 4 до 6 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,5 |
| Св.6 16 | 0,2 | 0,4 | од | 0,5 |
| 16...25 | 0,2 | 0,6 | 0,2 | 0,8 |
| 25...32 | 0,2 | 0,7 | 0,2 | 1,2 |
| 36; 40 | 0,2 | 1,0 | 0,2 | 1,6 |
| 45; 50 | 0,2 | 1,5 | 0,3 | 2,0 |
| Св. 50 до 60 | 0,2 | 1,8 | 0,3 | 2,4 |

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2

Задание№1. Выбрать базы для 1-ой операции

ЦЕЛЬ ЗАДАНИЯ: практическое освоение методики выбора баз для 1-ой операции.

ЗАДАЧА СТУДЕНТА: разработать схемы базирования, обеспечивающие получение параметров детали (объекта производства, в дальнейшем ОП) наибольшей достижимой точностью.

Задание№2. Разработка маршрута обработки детали

ЦЕЛЬ ЗАДАНИЯ: практическое усвоение методики проектирования маршрута обработки детали.

ЗАДАЧА СТУДЕНТА: согласно предложенному чертежу разработать маршрут обработки детали со схемами базирования.

Выбор баз для первой операции

Выбор технологических баз основывается на выявлении и анализе функционального назначения поверхностей детали и установлении соответствующих размерных связей, определяющих точность положения одних поверхностей детали относительно других.

На первой операции решаются две технологические задачи:

1. Устанавливается связь между обрабатываемыми и необрабатываемыми поверхностями.

2. Происходит равномерное распределение припуска на последующую обработку маложестким инструментом.

В качестве примера разработки схем базирования рассмотрим следующую задачу.

ДАНО: поверхности M1 и K1 обработаны заранее (см. *рис. 5*). Остальные поверхности обрабатываются последовательно на отдельных однопереходных операциях.

ЗАДАЧА: разработать схемы базирования и маршрут для 4 однопереходных операций, обеспечивающий наибольшую достижимую точность размеров A1, A2, A3, B1, B2, B3.

Для решения данной задачи необходимо, чтобы размер до обрабатываемой поверхности откладывался от обработанной поверхности (базы), на которой ставится реперная точка (или точки). На всех 4-х операциях реперные точки № 1, 2, 3 заранее расставляем на нижней плоскости. Изображаем заготовку в том виде, в котором поступила на обработку. Затем, согласно (местоположение отверстия определяется местоположением оси, – на операции используем настроенный размер A_i и B_i , №1) правилам расставляются: реперная точка № 4 на поверхности M1, а реперные точки №5 и №6 на поверхности K1(см. *рис. 5*).

Операция 010.Теперь мы можем использовать уже обработанную поверхность отверстия в качестве базы для дальнейших операций. Расставив реперные точки №4, 5 и 6 на оси, имея настроечные размеры A_3 и B_3 , можно обработать второе отверстие (см. *рис. 5*). Продолжаем использовать уже обработанную поверхность первого отверстия в качестве базы для дальнейшей обработки правой поверхности. Реперная точка №6 ставится на оси обработанного отверстия (операция 015). Реперные точки №4 и 5 лишают заготовку 2-х степеней свободы соответственно. В результате можно обработать правую поверхность (см. *рис. 5*).

На операции 020, используя настроенный размер B_3 , можно обработать верхнюю поверхность. При этом реперная точка № 6 будет находиться на оси уже обработанной поверхности, а реперные точки № 4 и № 5 лишают заготовку 2-х степеней свободы соответственно (см. *рис. 5*).

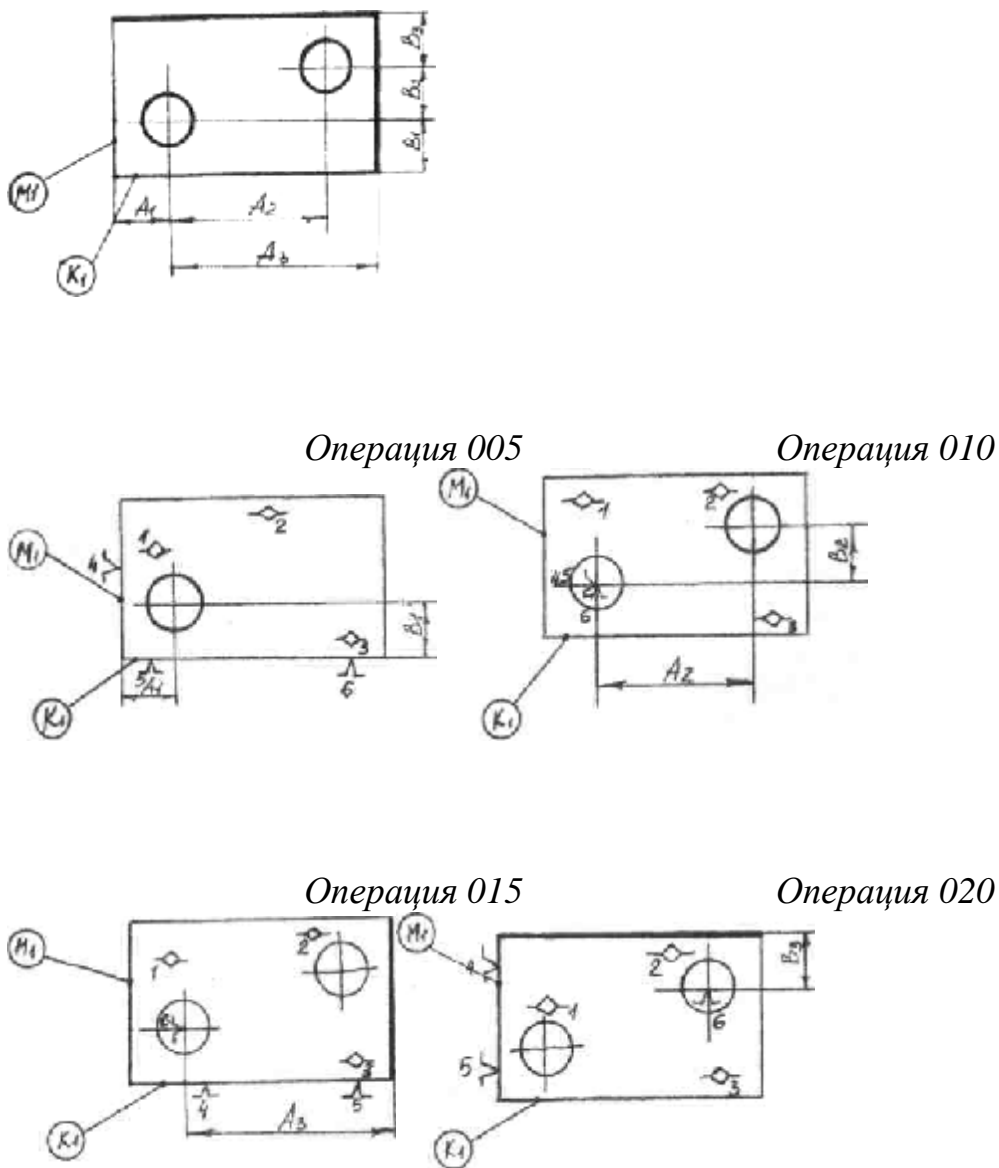


Рис. 5

Основы проектирования технологического процесса обработки резанием корпусных ОП

Несмотря на многообразие конструктивного исполнения корпусных деталей, различия их геометрических форм, размеров и предъявляемых технических требований в разработке и построении технологического процесса обработки резанием имеются общие закономерности. Эти закономерности относятся к задачам выбора технологических баз, к определению последовательности обработки поверхностей в соответствии с намеченными технологическими базами, к определению необходимого числа переходов по

обработке определенных поверхностей ОП, к выбору оборудования и формированию операций [3].

Для различных по конструкции и размерам корпусных деталей технологический процесс обработки резанием включает следующие основные этапы: черновая и чистовая обработка плоских поверхностей или плоскости и двух отверстий, используемых в дальнейшем в качестве технологических баз; обработка остальных наружных поверхностей; черновая и чистовая обработка главных отверстий; обработка мелких и резьбовых отверстий; отделочная обработка плоских поверхностей и главных отверстий, контроль точности обработанной детали.

В зависимости от технических требований между этапами черновой и чистовой обработки заготовки может быть предусмотрено естественное или искусственное старение для снятия внутренних напряжений.

В условиях разработки индивидуального маршрута обработки детали следует использовать следующие рекомендации:

1. Распределение технологических переходов формообразования отдельных поверхностей детали между этапами ТП:

- исходя из получаемой точности обработки поверхности;
- исходя из необходимой химико-термической обработки.

2. Определение последовательности выполнения отдельных операций внутри каждого этапа ТП:

- в начале этапа назначать обработку ЕКТБ (в порядке уменьшения числа налагаемых связей);
- поверхности основного контура детали назначать к обработке ранее других;
- перед обработкой отверстий следует назначать обработку плоских поверхностей;
- при назначении обработки пересекающихся поверхностей следует ориентироваться на последовательность, обеспечивающую минимальный увод инструмента;
- чем точнее поверхность детали, тем позже (внутри этапа) назначать ее обработку в ТП;
- порядок обработки поверхностей должен обеспечить минимальные затраты вспомогательного времени;
- при высоких требованиях на взаимное расположение поверхностей их обработка должна назначаться с одной установки (без смены баз и оборудования) [4].

Для формообразования любой поверхности с заданной точностью при помощи механической обработки, машиностроение располагает известным набором методов, наиболее распространенные из которых приведены в таблице 2.1. В зависимости от точности и качества поверхности, которые обеспечивает любой из методов, последний подразделяется на предварительный (П), чистовой (Ч) и тонкий (Т), (буквы, указанные в скобках, ставят четвертым знаком кода метода). Многие методы обеспечивают заданные параметры

точности за счет режимов резания за одну обработку (однократная обработка). В таком случае к коду метода добавляется буква О.

Любой из методов обработки характеризуется выходными параметрами точности и качества поверхности, требованиями к входным параметрам точности (для заготовки), средним припуском П (металла, удаление которого позволяет исправить погрешности заготовки и повысить качество ее поверхности). Кроме того, на использование метода обычно накладываются ограничения.

Значения входных и выходных параметров методов обработки выбираются из таблицы, фрагмент которой показан в таблице 2.2. Подробнее описание методов обработки можно найти в [5, том I]. Ограничения на применение метода накладываются свойствами инструмента и материала заготовки, а также требованиями к точности взаимного расположения обрабатываемых поверхностей. Так, закаленные детали обычно нерационально обрабатывать лезвийным инструментом (за исключением инструмента из ТСМ), поэтому термическая обработка (закалка) применяется после предварительной (а иногда и чистовой) обработки лезвийным инструментом, а окончательная обработка проводится абразивным инструментом. Сверление отверстий в сплошном материале не рекомендуется проводить сверлами диаметром большим 25 мм. При больших диаметрах следует проводить рассверливание. Зенкерование и развертывание обычно не исправляют погрешности положения оси отверстия, полученной на предыдущей стадиям обработки, а после сверления получается смещение оси отверстия по отношению к технологическим базам на 0,15-0,45 мм. При высоких требованиях к положению оси отверстия рекомендуется в маршрут вводить операции растачивания или применять специальные зенкеры с направлением.

Ограничением может также служить требование концентрации обработки на одном станке, тогда в маршруте нельзя использовать методы, которые нельзя реализовать на принятом типе оборудования.

Таблица 2.1

Методы формообразования типовых поверхностей.

| № п/п | Наименование | Классы подклассы и виды обрабатываемых поверхностей | Код метода |
|-------|----------------|---|------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Обтачивание | пов. вращения наруж. | ОБТ |
| 2 | Растачивание | пов. вращения внутрен. | РСТ |
| 3 | Сверление | цил. отверстия | СВР |
| 4 | Рассверливание | те же | РСВ |
| 5 | Зенкерование | те же | ЭНК |
| 6 | Развертывание | те же | РАЗ |

Окончание табл.2.1

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|-----------------------------------|------------------------------|-----|
| 7 | Шлифование круглое наружное | пов. вращения, наруж. | ШКН |
| 8 | Шлифование круглое внутреннее | пов. вращения, внутрен. | ШКВ |
| 9 | Суперфиниширование | пов. вращения | СПФ |
| 10 | Хонингование | цилиндр. отверстия | ХОН |
| 11 | Доводка | цилиндр. поверхности | ДОВ |
| 12 | Фрезерование | плоские поверхности | ФРЕ |
| 13 | Строгание | те же | СГР |
| 14 | Протягивание (наружное) | те же | ПРИ |
| 15 | Протягивание (внутреннее) | пазы и зубчатые | ПРВ |
| 16 | Шабрение | плоскости и отвер. | ШБР |
| 17 | Притирка (плоских поверхностей) | | ПРТ |
| 18 | Шлифование плоское | плоские, зубчатые | ШПЛ |
| 19 | Обкатывание (ПГЩ) | нар. поверхн .вращения | ОБК |
| 20 | Раскатывание(РСК) | внутр.. поверхн -вращения | РСК |
| 21 | Резьбонарезание: | винтовые, внутр _т | РМЕ |
| 22 | плашкой | винтовые, наружные | РПЛ |
| 23 | резцом | винтовые, наружные | РРЕ |
| 24 | фрезой | винтовые | РФР |
| 25 | Зубонакатывание | винтовые, наружные. | РНК |
| 26 | Резьбошлифование | винтовые | РШЛ |
| 27 | Зубофрезерование червячной фрезой | зубчатые | ЗФР |
| 28 | Зубодолбление | те же | ЗДБ |
| 29 | Шевингование | те же | ШЕВ |
| 30 | Зубошлифование | те же | ЗШЛ |

Таблица 2.2

Входные и выходные параметры методов обработки

| № п/п | Код метода | Значения (IT) IT/Ra | |
|-------|------------|-------------------------|-----------------|
| | | на входе | на выходе |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | ОБТП | (>4)20-16/60-20 | 14-12/50-12,5 |
| 2 | ОБТЧ | (1-0,5)14-12/50-12,5 | 10-8/6,3-0,8 |
| 3 | ОБТТ | (0,5-0,2)10-8/6,3...3,2 | 9-6/1,6...0,2 |
| 4 | ОБТО | (>2)18-14/60-20 | 13-11/6,3...1,6 |
| 5 | СВРО | (d/2) по целому | 13...9/25-6,3 |
| 6 | ЗНКП | (2-4)16-14/60-20 | 13-12/12,5-6,3 |

Окончание табл.2.2

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|------|------------------------|----------------|
| 7 | ЗНКЧ | (1-2)13-12/12,5-6,3 | 9-8/3,2-0,63 |
| 8 | РАЗП | (0,2)13-12/12,5-6,3 | 11-10/12,5-6,3 |
| 9 | РАЗЧ | (0,1)11-10/12,5-6,3 | 9-7/6,3-0,63 |
| 10 | РАЗТ | (0,05)9-7/6,3-1,25 | 6-5/1,25-0,1 |
| 11 | РСТП | (>4)16-14/60-25 | 13-11/25-6,3 |
| 12 | РСТЧ | (1-0,5)13-11/25-6,3 | 10-8/6,3-1,25 |
| 13 | РСТГ | (0,2-0,1)10-8/6,3-1,25 | 7-5/3,2-0,32 |
| 14 | ШНКП | (0,3-0,6)14-12/40-20 | 9-8/6,3-0,63 |
| 15 | ПШКЧ | (0,2-0,3)9-8/6,3-3,2 | 7-6/3,2-0,32 |
| 16 | ПШКТ | (0,05-0,1)7-6/3,2-1,25 | 6-5/1,6-0,1 |
| 17 | ФРЕО | (>4)16-13/60-20 | 10-8/5-1,25 |

При механической обработке в результате удаления припусков и напусков происходит деформация детали от перераспределения внутренних напряжений и, как следствие этого, возникают погрешности формы и взаимного расположения, ее элементов. Они особенно велики при предварительной обработке нежестких заготовок, когда удаляются большие слои металла. При последующей чистовой и тонкой обработке эти погрешности тем меньше, чем меньше снимаемый припуск. В полной мере деформация детали от перераспределения внутренних напряжений проявляется спустя некоторое время после обработки.

Достигнутая после механической обработки точность после термической обработки также понижается. Поэтому при недостаточной жесткости детали и необходимости ее термической обработки для получения высоких параметров точности технологический процесс изготовления детали разделяется на ряд последовательных этапов, в каждый из которых включаются однородные по характеру и точности методы обработки различных поверхностей. Кроме того, для устранения погрешностей от деформации детали, вызванных перераспределением внутренних напряжений, необходим разрыв во времени между предварительной, чистовой и окончательной обработкой поверхностей детали.

Таким образом, маршрут обработки детали можно разбить на ряд этапов, которые, чередуясь с операциями термической обработки, образуют принципиальную схему технологического процесса. Укрупненные этапы технологического процесса приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3

Типовая схема обработки

| № п/п | Наименование этапа | Содержание этапа | IT | Ra |
|-------|--------------------|---|-------|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0 | Заготовительный | Изготовление заготовки литьем, обрубка, очистка, отжиг | 18-20 | 30-50 |
| 1 | Предварительный | Удаление напусков и части припусков с основных и вспомогательных баз, крупных плоскостей и отверстий > 40 мм | 14-15 | 6,3 |
| 2 | Термический 1 | Искусственное старение | 15-16 | |
| 3 | Малярный | Грунтование исходных поверхностей | | |
| 4 | Чистовой 1 | Окончательная обработка неточных и предварительная точных поверхностей (основных и вспомогательных баз), пазов, крепежных отверстий, фасок и канавок для выхода инструмента | 12-14 | 6,3 |
| 5 | Чистовой 2 | Чистовая обработка технологических баз, основных и вспомогательных баз, точных крепежных отверстий и пазов | 9-12 | 1,25 |
| 6 | Термический 2 | Стабилизирующее старение | | |
| 7 | Отделочный | Обработка технологических и конструкторских баз | 7-9 | 0,63 |
| 8 | Малярный 2 | Нанесение лакокрасочных покрытий | | |

При выборе порядка обработки поверхностей внутри этапа нужно руководствоваться следующими рекомендациями:

1. Технологические базы для любой операции, кроме первой, должны быть обработаны заранее с требуемой точностью. Это утверждение справедливо и для сложной операции с несколькими установками.

2. Первой обрабатывается поверхность, имеющая на графе размерных связей наибольшее число выходящих ребер (связанная с другими поверхностями наибольшим числом размеров).

3. Порядок обработки поверхностей должен обеспечить минимальное количество переустановок и минимум затрат времени на вспомогательные перемещения инструмента (или заготовки).

4. При обработке деталей, не являющихся телами вращения, рекомендуется сначала обрабатывать плоскости и пазы, затем отверстия, и в последнюю очередь, фасонные поверхности и контуры.

5. На чистовых этапах поверхности обрабатываются в порядке обратном их точности: чем точнее должна быть поверхность, тем позже она обрабатывается.

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ

Технологический процесс

Методы обработки

Заготовка получена методом литья в песчаную форму по 3-му классу.

Разрабатываемый маршрут технологического процесса устанавливает последовательность обработки поверхностей детали с целью получения требуемого качества поверхностей и наименьшей себестоимости.

Маршрут

Причиной разделения технологического процесса изготовления детали на этапы служит необходимость включения внестаночных операций – химико-термической обработки и нанесения покрытий. В зависимости от целей и назначения внестаночных операций определяются их место в технологическом процессе и требования к обработке, предшествующей этим операциям.

Целью **первой операции** является обеспечение точности, размерной связи между обрабатываемыми и необработанными поверхностями, а также – получение баз для дальнейших операций. Первой обрабатывается поверхность, которая лишает объект производства большего числа степеней свободы. Следующей обрабатывается поверхность, которая лишает объект производства меньшего числа степеней свободы. Последними обрабатываются опорные базы. Наибольшая точность достигается при выборе в качестве баз необрабатываемой поверхности, которая непосредственно связана размером с комплексом обработанных поверхностей.

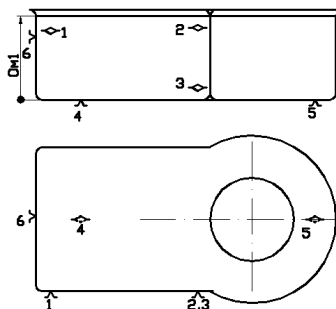


Рис 6.1. Базирование для первой операции по оси М

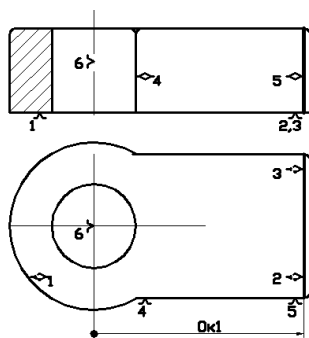


Рис 6.2. Базирование для первой операции по оси K

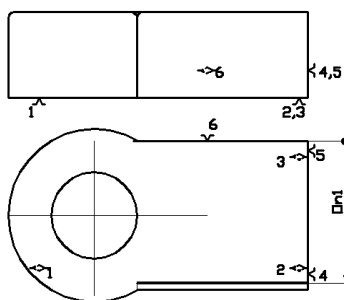
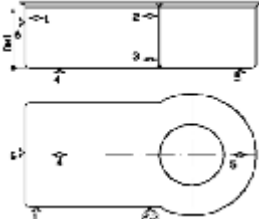
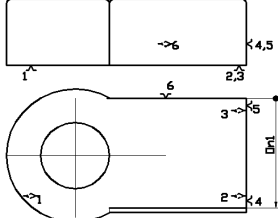


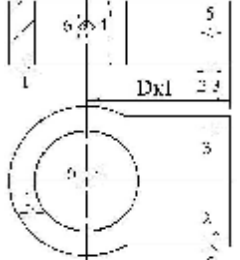
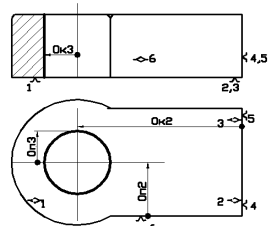
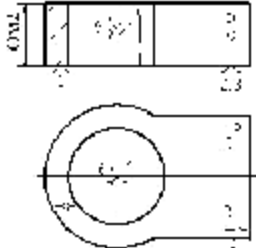
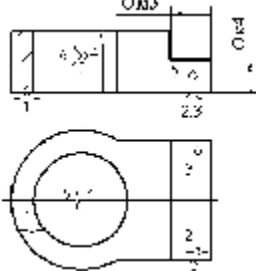
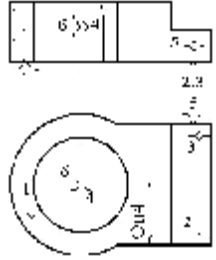
Рис 6.3. Базирование для первой операции по оси N

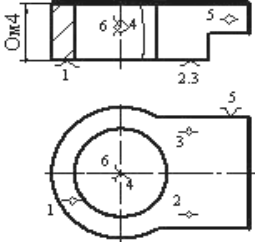
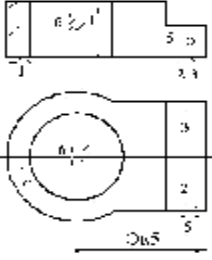
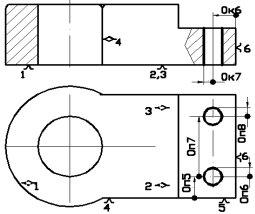
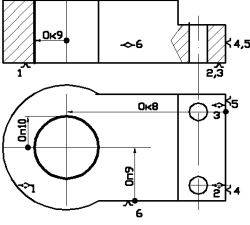
Таблица 2.6

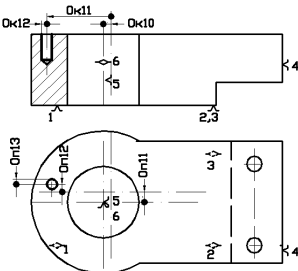
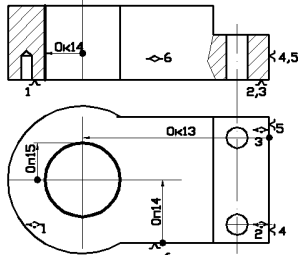
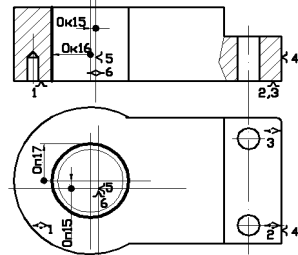
Дифференциация операций

| № | Операционный эскиз | Станок |
|-----|---|----------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 005 | Вертикально-фрезерная ФРЕЗЧ Мр3  | Вертикально-фрезерный 6P12 |
| 010 | Вертикально-фрезерная операция ФРЕЗЧ Нр9  | Вертикально-фрезерный 6P12 |

Продолжение табл.2.6

| 1 | 2 | 3 |
|-----|--|--------------------------------------|
| 015 | <p>Вертикально-фрезерная операция ФРЕЗЧ Кр13</p>  | <p>Вертикально-фрезерный 6P12</p> |
| 020 | <p>Вертикально-сверлильная операция ЗНКЧ: Nr7, No7(Кр7, Ко7)</p>  | <p>Вертикально-сверлильный 2Н150</p> |
| 025 | <p>Вертикально-фрезерная операция ФРЕЗЧ: Мр1</p>  | <p>Вертикально-фрезерный 6P12</p> |
| 030 | <p>Вертикально-фрезерная операция ФРЕЗЧ: Мр2</p>  | <p>Вертикально-фрезерный 6P12</p> |
| 035 | <p>Вертикально-фрезерная операция ФРЕЗП: Nr9</p>  | <p>Вертикально-фрезерный 6P12</p> |

| 1 | 2 | 3 |
|-----|---|--------------------------------------|
| 040 | <p>Вертикально-фрезерная операция ФРЕЗП Мр3</p>  | <p>Вертикально-фрезерный 6P12</p> |
| 045 | <p>Вертикально-фрезерная операция ФРЕЗП Кр13</p>  | <p>Вертикально-фрезерный 6P12</p> |
| 050 | <p>Вертикально-сверлильная операция СВЕР: Nr10, No10, Nr11, No11 (Кр10, Ко10, Кр11, Ко11)</p>  | <p>Вертикально-сверлильный 2Н150</p> |
| 055 | <p>Вертикально-расточная операция РСТЧ: Nr7, No7(Кр7, Ко7)</p>  | <p>Вертикально-расточной 2776В</p> |

| 1 | 2 | 3 |
|-----|--|---|
| 060 | <p>Вертикально-сверлильная операция СВЕР: №8, №8, №08 (Кр8, Ко8, Ко08)</p>  | <p><i>Вертикально-сверлильный 2Н150</i></p> |
| 065 | <p>Вертикально-расточная операция РСТП: №7, №7(Кр7, Ко7)</p>  | <p><i>Вертикально-расточной 2776В</i></p> |
| 070 | <p>Вертикально-сверлильная операция РАЗЧ: №7, №7(Кр7, Ко7)</p>  | <p><i>Вертикально-сверлильный 2Н150</i></p> |

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что называется базированием?
2. Как различаются базы по лишению степеней свободы?
3. В каком случае достигается наибольшая точность получаемых размеров?
4. Для чего разрабатывается единый комплект технологических баз?
5. Назовите задачи базирования на первой операции.
6. Назовите классы форм поверхностей.
7. Чем ограничивается применение метода обработки поверхности детали?
8. Зачем технологический процесс обработки ОП делят на этапы?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Махаринский, Е. И. Базирование и базы данных в машиностроении / Е. И. Махаринский, Б. Н. Сухиненко // Сборник научных трудов ВГТУ. В 2 ч. Ч. 2 / ВГТУ. – Витебск, 1995. – С. 13 – 15.
2. Балакшин, Б. С. Основы технологии машиностроения : учебник для вузов / Б. С. Балакшин. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : Машиностроение, 1969. – 559 с.
3. Технология машиностроения (специальная часть) : учебник для студентов машиностроит. спец. вузов / А. А. Гусев [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1986. – 480 с. : ил.
4. Махаринский, Е. И. Основы технологии машиностроения / Е. И. Махаринский, В. А. Горохов. – Минск : Выш. школа, 1997. – 423 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – Москва : Машиностроение, 1985. – 2 т.