

Министерство образования и науки Республики Казахстан

ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Д. Серикбаева

Яковлев В.С.

**КӨЛІК ТЕХНИКАСЫ ӨНДІРІСІНІҢ, ЖӨНДЕУДІҢ
ЖӘНЕ ҚАЙТА ӨНДЕУДІҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫ**

Әдістемелік нұсқаулар және практикалық жұмыстарға арналған тапсырманың
5В071300 «Көлік, көлік техникасы және технологиясы»
мамандық студенттеріне арналған

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, РЕМОНТА
И УТИЛИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ**

Методические указания и задания для практических занятий и СРСП
для студентов специальности 5В071300
«Транспорт, транспортная техника и технологии»

1 ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕССЫ

При работах по проектированию технологического процесса и его реализации и при оформлении технологической документации важно уметь определять структуру технологического процесса и правильно формулировать наименование и содержание его элементов. При этой работе руководствуются ГОСТ 3.1104-81 и 3.1702-79.

Важным этапом в разработке технологического процесса является также определение типа производства. Ориентировочно тип производства устанавливают на начальной стадии проектирования. Основным критерием при этом служит коэффициент закрепления операций. Это отношение числа всех технологических операций, выполняемых в течение определенного периода, например месяца, на механическом участке (K_0), к числу рабочих мест (P) этого участка:

$$K_{30} = K_0/P \quad (1.1)$$

Типы машиностроительных производств характеризуются следующими значениями коэффициента закрепления операций:

- $K_{30} < 1$ — массовое производство;
- $1 \leq K_{30} < 10$ — крупносерийное производство;
- $10 < K_{30} < 20$ — среднесерийное производство;
- $20 < K_{30} < 40$ — мелкосерийное производство;
- $K_{30} > 40$ не регламентируется — единичное производство.

Формулирование наименования и содержания операции

Пример 1.1

Деталь (втулку) изготавливают в условиях серийного производства из горячекатаного проката, разрезанного на штучные заготовки. Все поверхности обрабатываются однократно. Токарная операция выполняется согласно двум операционным эскизам по установам (рисунок 1.1).

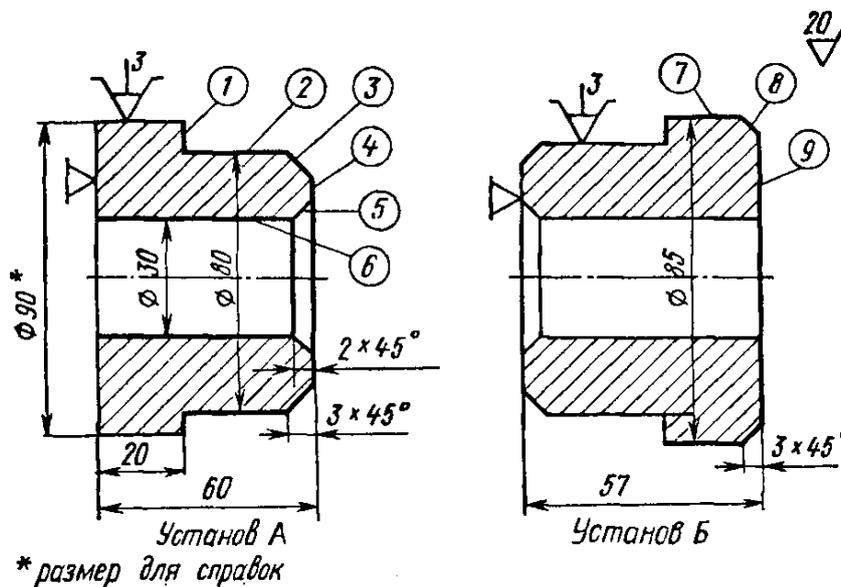


Рисунок 1.1 – Операционные эскизы

Требуется произвести анализ операционных эскизов и других исходных данных; установить содержание операции и сформулировать ее наименование и содержание; установить последовательность обработки заготовки в данной операции; описать содержание операции по переходам.

Решение.

1. Анализируя исходные данные, устанавливаем, что в рассматриваемой операции, состоящей из двух установов, выполняется обработка девяти поверхностей заготовки, для чего потребуется выполнить последовательно девять технологических переходов.

2. Для выполнения операции будет использован токарный или токарно-винторезный станок, и наименование операции будет «Токарная» или «Токарно-винторезная» (ГОСТ 3.1702-79). По тому же ГОСТу определяем номер группы операции (14) и номер операции (63).

Для записи содержания операции при наличии операционных эскизов может быть применена сокращенная форма записи: «Подрезать три торца», «Точить две цилиндрические поверхности», «Сверлить и расточить отверстие», «Расточить одну и точить две фаски».

3. Устанавливаем рациональную последовательность выполнения технологических переходов по установам, руководствуясь операционными эскизами. В первом установе необходимо подрезать торец 4, точить поверхность 2 с образованием торца точить фаску 3, сверлить отверстие 6 и расточить фаску 5. Во втором установе нужно подрезать торец 9, точить поверхность 7 и фаску 8.

Таблица 1.1
Содержание переходов в операции

№ перехода	Вид перехода	Содержание перехода
1	ПВ	Установить и закрепить заготовку
2	ЛТ	Подрезать торец 4
3	ПТ	Точить поверхность 2 с образованием торца 1 (при точении поверхности 2 производится 2 рабочих хода)
4	ПТ	Точить фаску 3
5	ПТ	Сверлить отверстие 6
6	ПТ	Расточить фаску 5
7	ПВ	Переустановить заготовку
8	ПТ	Подрезать торец 9
9	ПТ	Точить поверхность 7
10	ПТ	Точить фаску 8
11	ПВ	Контроль размеров детали
12	ПВ	Снять деталь и уложить в тару

4. Содержание операции в технологической документации записывается по переходам: технологическим (ПТ) и вспомогательным (ПВ). При формулировании содержания переходов используется сокращенная запись по ГОСТ 3.1702—79. В таблице 1.1 приведены записи для рассматриваемого примера.

Задача 1.1

Для токарной операции разработан операционный эскиз и заданы исполнительные размеры с допусками и требования по шероховатости обрабатываемых поверхностей (рисунок 1.2). Обработка каждой поверхности — однократная. Номера вариантов указаны на рисунке римскими цифрами.

Требуется: задать тип станка; определить конфигурацию и размеры заготовки; установить схему базирования; пронумеровать на эскизе все обрабатываемые поверхности; сформулировать для записи в технологических документах наименование и содержание операции; записать содержание всех переходов в технологической последовательности в полной и сокращенной формах.

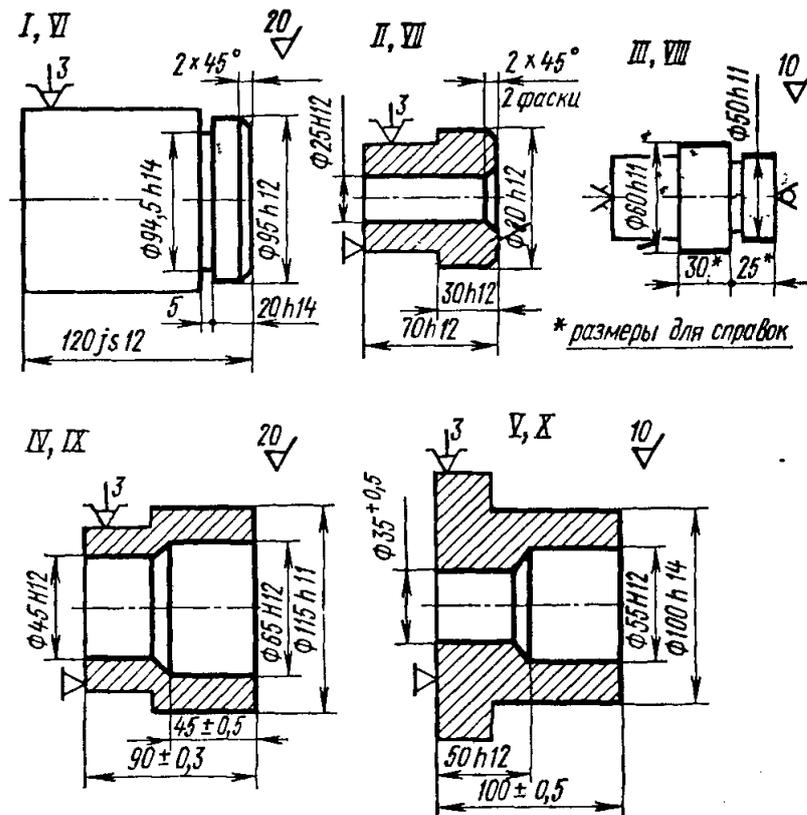


Рисунок 1.2 Варианты заданий к задаче 1.1

Установление наименования и структуры операции и запись ее содержания в технологической документации

Пример 1.2.

На рисунке 1.3, который представляет собой фрагмент рабочего чертежа детали, выделен конструктивный элемент детали, подлежащий обработке в условиях серийного производства.

Требуется: провести анализ исходных данных; выбрать метод обработки конструктивного элемента с учетом типа производства; подобрать тип металлорежущего станка; установить наименование операции; записать содержание операции в полной форме; сформулировать запись содержания операции по технологическим переходам.

Решение.

1. Устанавливаем, что обработке подлежат шесть отверстий во фланце корпуса, равномерно, расположенные на окружности $\phi 280$ мм.
2. Отверстия в сплошном материале изготавливают сверлением.
3. Для обработки выбираем радиально-сверлильный станок.

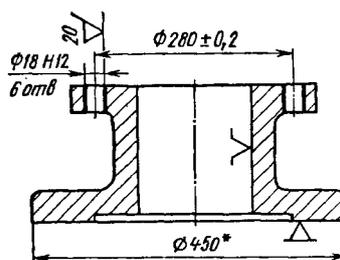


Рисунок 1.3 - Фрагмент рабочего чертежа детали

4. Наименование операции (в соответствии с типом используемого станка) — «Радиально-сверлильная».

5. Запись содержания операции в полной форме выглядит так: «Сверлить 6 сквозных отверстий $\varnothing 18H12$ последовательно, выдерживая $d = (280 \pm 0,2)$ мм и шероховатость поверхности $Ra = 20$ мкм, согласно чертежу.

6. Запись содержания переходов в полной форме:

1-й переход (вспомогательный). Установить заготовку в кондуктор и закрепить.

2, 3, 4, 5, 6 и 7-й переходы (технологические). Сверлить 6 отверстий $\varnothing 18H12$, выдерживая размеры $d = 280 \pm 0,2$; $R20$ последовательно по кондуктору.

8-й переход (вспомогательный). Контроль размеров.

9-й переход (вспомогательный). Снять заготовку и уложить в тару.

Задача 1.2

Установить наименование и структуру Операции в условиях серийного производства по обработке конструктивных элементов детали (рисунок 1.4). Номера вариантов указаны на рисунке римскими цифрами.

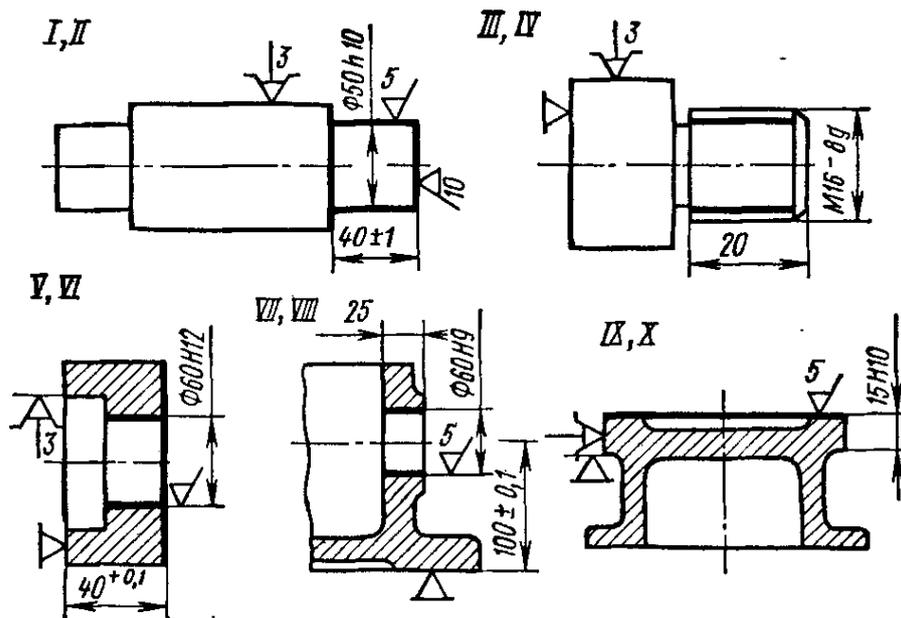


Рисунок 1.4 Варианты заданий к задаче 1.2

Установление типа производства на участке

Пример 1.3.

На участке механического цеха имеется 18 рабочих мест. В течение месяца на них выполняется 154 разные технологические операции.

Требуется: установить коэффициент загрузки операций на участке; определить тип производства; изложить его определение по ГОСТ 14.004-83.

Решение.

1. Коэффициент закрепления операций устанавливаем по формуле (1.1):

$$K_{30} = 154/18 = 8,56.$$

В нашем случае это означает, что на участке за каждым рабочим местом закреплено в среднем по 8,56 операций.

2. Тип производства определяется согласно ГОСТ 3.1108-74 и 14.004-83. Поскольку $1 < K_{30} < 10$, тип производства — крупносерийное.

3. Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, сравнительно большим объемом их выпуска; изготовление ведется периодически повторяющимися партиями.

Крупносерийное производство является одной из разновидностей серийного производства и по своим техническим, организационным и экономическим показателям близко к массовому производству.

Задача 1.3

Известно количество рабочих мест участка (P) и количество технологических операций, выполняемых на них в течение месяца (K_0). Варианты приведены в таблице 1.2. Требуется: определить тип производства.

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Количество рабочих мест (P)	42	29	31	17	18	35	7	19	27	49
Количество технологических операций (K_0)	1300	209	520	816	17	339	22	8	820	833

2 ТОЧНОСТЬ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Одной из основных задач технологов и других участников производства в механических цехах является обеспечение необходимой точности изготавливаемых деталей.

Реальные детали машин, изготовленные с помощью механической обработки, имеют параметры, отличающиеся от идеальных значений, т. е. имеют погрешности, но размеры погрешностей не должны превышать допускаемых предельных отклонений (допусков). Для обеспечения заданной точности обработки должен быть правильно спроектирован технологический процесс с учетом экономической точности, достигаемой различными методами обработки. Важно учитывать, что каждый следующий переход должен повышать точность на 1...4 квалитета.

В ряде случаев используют расчетные методы для определения возможной величины погрешности обработки. Так определяют погрешности токарной обработки, от действия сил резания, возникающих вследствие недостаточной жесткости технологической системы.

В ряде случаев производится анализ точности обработки партии деталей методами математической статистики.

Определение экономической точности, достигаемой при различных методах обработки наружных поверхностей вращения

Пример 2.1.

Поверхность ступени стального вала длиной 480 мм, изготавливаемого из поковки, обрабатывается предварительно на токарном станке до диаметра 91,2 мм (рисунок 2.1).

Определить: экономическую точность обработки размера 91,2; квалитет точности обрабатываемой поверхности и ее шероховатость.

Решение. Для определения экономической точности пользуются таблицами «Экономическая точность механической обработки».

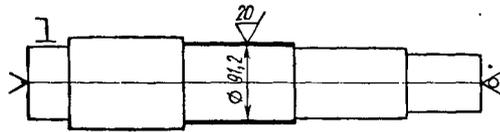


Рисунок 2.1

В нашем случае после чернового точения точность обработанной поверхности должна быть в пределах 12...14-го квалитета (принимаем 13-й квалитет). С учетом, что при $l/d = 5,3$ погрешности обработки возрастают в 1,5...1,6 раза, это соответствует снижению точности на один квалитет. Окончательно принимаем точность по 14-му квалитету.

Так как при черновом точении размер заготовки — промежуточный, то размер этот устанавливается для наружной поверхности с полем допуска основной детали $\varnothing 91,2h14$, или $\varnothing 91,2_{-0.37}$. Шероховатость поверхности $Ra = 40...20$ мкм (в практике заводов при хорошо выполненных заготовках и нормальных производственных условиях достигается более высокая точность обработки).

Задача 2.1. Одна из ступеней вала подвергается механической обработке одним из указанных способом. Номера вариантов приведены в таблице 2.1.

№ варианта	Метод обработки и ее характер	Длина вала, мм	Диаметр ступени, мм
I	Притирка	100	20
II	Обтачивание полуступенчатое	200	45
III	Шлифование тонкое	500	55
IV	Обтачивание однократное	450	120
V	Суперфиниш	700	100
VI	Шлифование предварительное	250	70
VII	Обтачивание тонкое	375	65
VIII	Обтачивание окончательное	275	50
IX	Выглаживание алмазное	60	170
X	Шлифование окончательное	120	38

Требуется: установить экономическую точность обработки; выполнить операционный эскиз и указать на нем размер, квалитет точности, размер допуска и шероховатость. Принять, что поверхность рассматриваемой ступени вала имеет поле допуска основной детали (h).

Определение точности формы поверхностей детали при обработке

Пример 2.2.

На наружной поверхности вала (рисунок 2.2) задан допуск формы, обозначенный условным знаком по СТ СЭВ 368-76. Окончательную обработку этой поверхности предполагается выполнить шлифованием на круглошлифовальном станке модели 3М151.

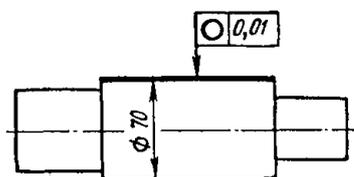


Рисунок 2.2

Требуется: установить наименование и содержание условного обозначения указанного отклонения; установить возможность выдержать требование точности формы этой поверхности при предполагаемой обработке.

Решение. 1. По представленному эскизу точность формы цилиндрической поверхности выражается допуском круглости и составляет 10 мкм. Согласно ГОСТ 24643-81, этот допуск соответствует 6-й степени точности формы. Под термином «Допуск круглости» понимают наибольшее допустимое значение отклонения от круглости. Частными видами отклонения от круглости являются овальность, огранка и др.

2. На круглошлифовальном станке модели 3М151 можно производить обработку заготовок с наибольшим диаметром до 200 мм и длиной до 700 мм. Следовательно, он пригоден для обработки данной заготовки. Отклонение от круглости при обработке на этом станке составляет 2,5 мкм.

На основании изложенного, делаем заключение о возможности выполнить обработку с заданной точностью.

Задача 2.2

На рисунке 2.3 и в таблице 2.2 указаны варианты поверхностей с допускаемыми отклонениями формы.

Требуется: установить наименование и содержание обозначения указанных отклонений; установить возможность выполнить обработку на указанном станке, соблюдая заданную точность. Недостающими размерами задаться.

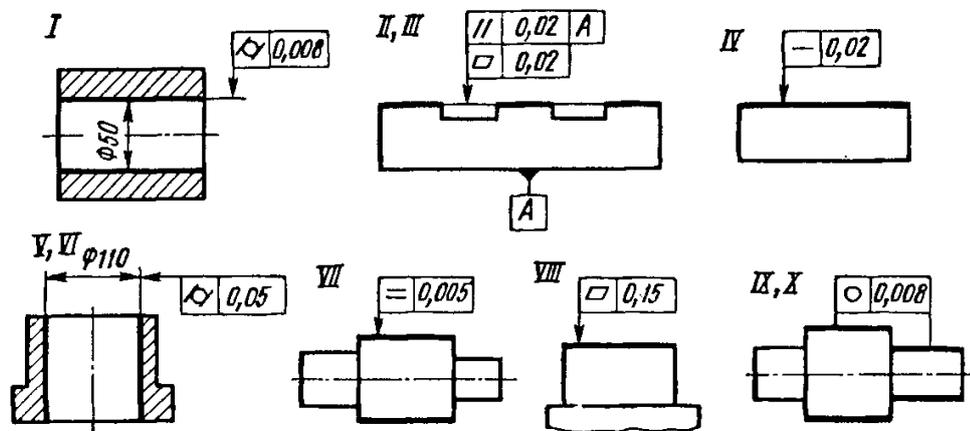


Рисунок 2.3. Варианты заданий к задаче 2.2

Таблица 2.2

Варианты заданий к задаче 2.2

№ варианта	Форма поверхности	Тип стайка
I	Отверстие	Внутришлифовальный
II	Плоскость	Плоскошлифовальный
III	Плоскость	Плоскошлифовальный
IV	Грань	Круглошлифовальный
V, VI	Отверстие	Хонинговальный
VII	Цилиндр	Токарно-винторезный
VIII	Плоскость	Продольно-строгальный
IX	Цилиндр	Токарный многорезцовый
X	Цилиндр	Круглошлифовальный

Определение точности взаимного расположения поверхностей детали при обработке

Пример 2.3.

На эскизе (рисунок 2.4) обозначено техническое требование к точности взаимного расположения поверхностей детали.

Предполагается окончательную обработку верхней плоскости выполнить чистовым фрезерованием на вертикально-фрезерном станке согласно операционному эскизу, изображенному на рис. 2.5.

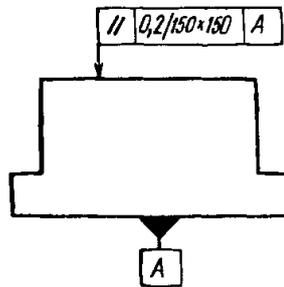


Рисунок 2.4

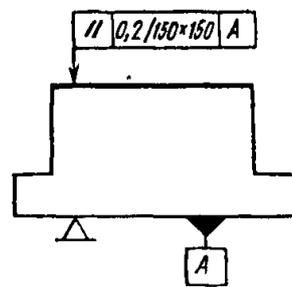


Рисунок 2.5

Требуется: изложить наименование и содержание технического требования; установить по технологическим справочникам точность взаимного расположения поверхностей детали в зависимости от типа оборудования; сделать заключение о возможности выполнить указанное требование.

Решение.

1. Условным знаком на рабочем чертеже показан допуск параллельности верхней плоскости относительно нижней плоскости, обозначенной А. Под допуском параллельности понимают наибольшее допускаемое значение отклонения от параллельности. В нашем случае допуск равен 0,2 мм на площади 150X150 мм.

2. В таблицах технологических справочников, находим предельные отклонения нашего случая: они равны 40... 100 мкм и 25...60 мкм на длине 300 мм, а значит на длине 150 мм они будут равны 12,5...30 мкм. Из всех этих данных принимаем для гарантии наибольшее значение - 100 мкм, т. е. — 0,1 мм.

3. Делаем заключение — требуемая точность взаимного расположения обработанной плоскости относительно базовой плоскости А будет обеспечена.

Задача 2.3

На рисунке 2.6 показаны варианты обработки поверхностей.

Требуется: расшифровать обозначение содержания допуска; разработать технологические мероприятия, обеспечивающие выполнение этого требования.

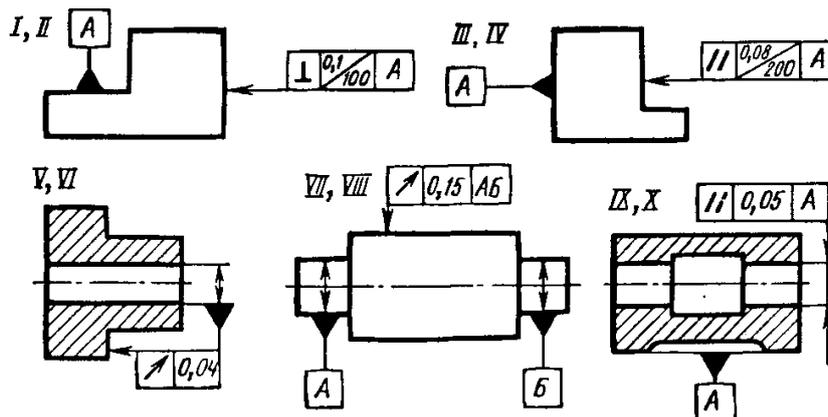


Рисунок 2.6. Варианты заданий к задаче 2.3

Поверхности деталей машин, полученных литьем, ковкой, обработанные на металлорежущих станках и другими способами, характеризуются шероховатостью, цветом и физическими свойствами поверхностного слоя — степенью упрочнения (наклепом), глубиной упрочненного слоя, наличием остаточных напряжений от обработки и др. Эти показатели определяют состояние поверхности и характеризуют ее качество. Имеется вполне определенная связь между методами обработки и качеством обработанной поверхности.

Для оценки шероховатости поверхностей предпочтительно применять параметр Ra; иногда применяют параметр Rz.

Параметры шероховатости поверхностей при различных видах обработки заготовок резанием приводятся в технологических и других справочниках.

В ходе выполнения механической обработки поверхности шероховатость ее уменьшается сначала резко (после черновых переходов параметры снижаются в 4...5 раз), затем медленнее при выполнении завершающих отделочных переходов - в 1,5...2 раза.

Установление последовательности изменения параметров шероховатости поверхности в ходе механической обработки ее

Пример 3.1.

Наружная поверхность одной ступени вала, изготавливаемого из стальной штампованной поковки, обрабатывается в такой последовательности: обтачивание черновое и получистовое, шлифование предварительное и чистовое. После завершения всей обработки рассматриваемая поверхность имеет точность размера по 6-му качеству (IT 6) и шероховатость Ra=1,25 мкм.

Требуется установить последовательность изменения шероховатости обрабатываемой поверхности после каждого этапа обработки и выбрать средства контроля шероховатости в производственных условиях.

Решение.

Пользуясь данными [7, с. 517; 21, Т.1], устанавливаем последовательность изменения шероховатости в микрометрах после каждого этапа обработки:

- 0 Исходная заготовка – Ra80 (Rz320)
- 1 Обтачивание начерно – Ra20 (Rz80)
- 2 Обтачивание получистовое – Ra5 (Rz20)
- 3 Шлифование предварительное – Ra2.5 (Rz10)
- 4 Шлифование чистовое – Ra2.5 (Rz6.3)

Средствами контроля шероховатости поверхности в производственных условиях могут быть образцы (эталоны) шероховатости или профилометры.

Задача 3.1

Для наружной поверхности детали задана требуемая шероховатость поверхности. Варианты сведены в таблицу 3.1.

Требуется установить: 1) возможные варианты завершающего (финишного) метода обработки этой поверхности; 2) толщину дефектного слоя, который останется после этой обработки.

Варианты заданий к задаче 3.1

№ варианта	Наименование детали	Вид исходной заготовки	Шероховатость детали Ra, мкм
1	Втулка	Литье чугунное I класса	2,5
2	Втулка	Литье чугунное II класса	1,25
3	Обойма	Литье стальное I класса	1,25
4	Обойма	Литье стальное II класса	0,32
5	Вал	Прокат стальной горячекатаный обычной точности	10
6	Вал	Прокат стальной горячекатаный повышенной точности	0,63
7	Палец	Прокат стальной горячекатаный обычной точности	5
8	Палец	Прокат стальной горячекатаный повышенной точности	0,32
9	Шестерня	Стальная штамповка	2,5
10	Шестерня	Поковка	5

4 БАЗЫ И ПРИНЦИПЫ БАЗИРОВАНИЯ

Чтобы осуществить обработку заготовки на станке, ее необходимо закрепить на нем, предварительно выбрав базы. Под базированием понимают придание заготовке требуемого положения относительно станка и инструмента. От правильности базирования зависит точность обработки. При разработке схемы базирования решают вопросы выбора и размещения опорных точек.

В производственных условиях всегда имеют место погрешности обработки $\varepsilon_{УСТ}$, зависящие от условий установки, т. е. от базирования $\varepsilon_{БАЗ}$, закрепления $\varepsilon_{ЗАКР}$ заготовки, и от неточности приспособления $\varepsilon_{ПР}$. Погрешность установки выражается формулой

$$\varepsilon_{УСТ} = \sqrt{\varepsilon_{БАЗ}^2 + \varepsilon_{ЗАКР}^2 + \varepsilon_{ПР}^2} \quad (4.1)$$

Для уменьшения этих погрешностей важно соблюдать правила базирования: правило «шести точек», правило «постоянства баз», правило «совмещения баз» и др.

Значения погрешности можно определить различными методами. Табличный метод [10] позволяет определить погрешности установки в зависимости от производственных условий.

Расчетный метод определения погрешностей базирования, закрепления и вызванных неточностью приспособления выполняется с помощью формул, приводимых в литературе [10, 21].

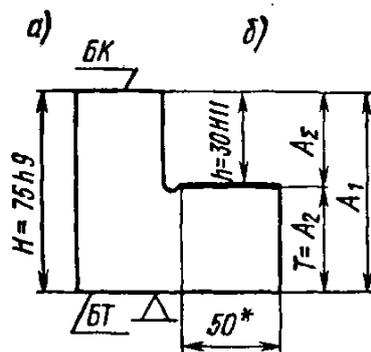


Рисунок 4.1

При несоблюдении правила «совмещения баз» возникает необходимость в пересчете конструкторских размеров (рисунок 4.1, а) в технологические (рисунок 4.1, б). Цель пересчета состоит в определении погрешности размера замыкающего звена и сравнении ее с допуском конструкторского размера.

Расчет размерных цепей производится в соответствии с ГОСТ 16319-80 и 16320-80 одним из указанных в них методов («максимума — минимума», вероятностным и др.). При этих расчетах пользуются формулами определения номинального размера замыкающего звена:

$$h = H - T \quad (4.2)$$

где H — размер, связывающий конструкторскую и технологическую базы;

T — размер, связывающий технологическую базу с обрабатываемой поверхностью.

Погрешность размера замыкающего звена $\varepsilon_h = \varepsilon_\Delta$ при решении по методу «максимума — минимума» определяется по формулам

$$\varepsilon_h = T_H + T_T; \quad \varepsilon_h = T_\Sigma = \sum_1^{m+n} T_i \quad (4.3)$$

где T_i — допуск на размер каждого звена цепи;

T_H — допуск на размер H установленный чертежом;

T_T — допуск на технологический размер, значение которого зависит от метода обработки и устанавливается в соответствии с нормативом средней экономической точности обработки [10; 21].

При расчете по вероятностному методу пользуются формулами

$$T_\Sigma = \Theta \cdot \sum_1^{m+n} T_i = (K_C \cdot \sum T_i) / \sqrt{m+n} \quad (4.4)$$

где Θ — коэффициент, зависящий от числа составляющих звеньев;

K_C — среднее значение коэффициента рассеивания.

При расчете с использованием теории вероятности для случая рассеивания погрешностей по закону нормального распределения [12] используют формулу

$$T_\Sigma = \pm \sqrt{\sum_1^{m+n} (T'_i)^2} \quad (4.5)$$

где T'_i — половина поля допуска звеньев цепи.

В результате расчета должно быть выдержано условие

$$T_h \geq T_\varepsilon \quad (4.6)$$

Выбор технологической базы с учетом технических требований к детали

Пример 4.1.

В технологическом процессе изготовления корпуса предусмотрена операция по расточке отверстия диаметром D (рисунок 4.2). При выполнении отверстия должны быть выдержаны размер a и технические требования, касающиеся правильности взаимного расположения отверстия относительно других поверхностей детали.

Требуется: выбрать технологическую базу для рассматриваемой операции; разработать схему базирования.

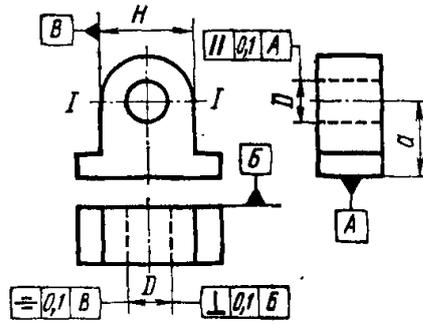


Рисунок 4.2

Решение.

1. Одной из конструкторских баз является плоскость А основания. Ее и следует принять за технологическую установочную базу, создав под ее базирование три опорные точки 1, 2 и 3 (рисунок 4.3).

Технологической направляющей базой следует принять плоскость Б с двумя опорными точками 4 и 5. Эта база позволит обработать отверстие перпендикулярно этой плоскости. Для обеспечения симметричности расположения отверстия относительно наружного контура можно использовать в качестве технологической базы поверхность В, но конструктивно легче воспользоваться для этого поверхностью Г полуцилиндра и использовать для этой цели приспособление с подвижной призмой.

На основании изложенного, применим технологическую базу из трех поверхностей: А, Б и Г (рисунок 4.3).

2. Схема базирования, представляющая собой расположение опорных точек на базах заготовки, представлена на рисунке 4.3.

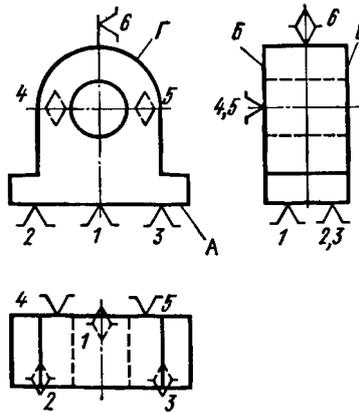


Рисунок 4.3

Задача 4.1

Для станочной операции по обработке указанной поверхности детали требуется выбрать технологическую базу и составить схему базирования.

Варианты приведены на рисунке 4.4 и в таблице 4.1.

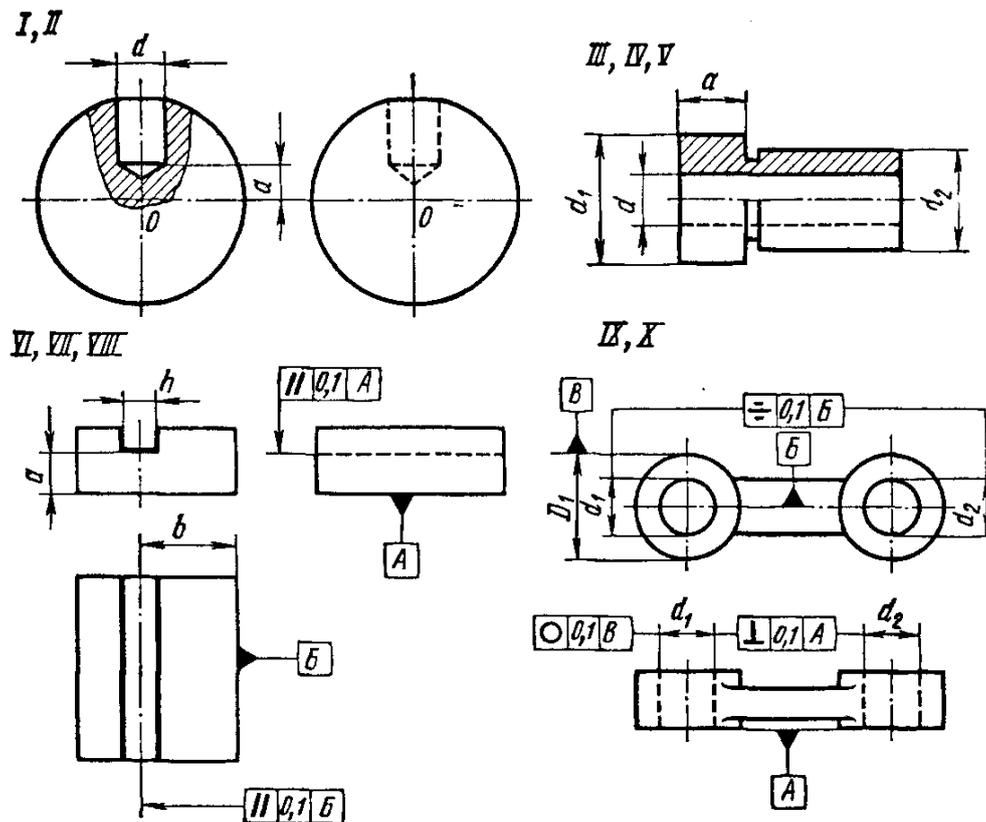


Рисунок 4.4 Варианты заданий к задаче 4.1

Таблица 4.4
Варианты заданий к задаче 4.1

№ варианта	Наименование операции	Содержание операции
1	Вертикально-сверлильная	Сверлить отверстие в шаре
2	Токарная	Сверлить отверстие в шаре
3	Токарная	Точить поверхности окончательно
4	Кругло-шлифовальная	Шлифовать указанные поверхности окончательно
5	Кругло-шлифовальная	Шлифовать указанные поверхности окончательно
6	Горизонтально-фрезерная	Фрезеровать паз
7	Горизонтально-фрезерная	Фрезеровать паз
8	Вертикально-фрезерная	Фрезеровать паз
9	Вертикально-сверлильная	Сверлить 2 отверстия
10	Тонкоросточная	Расточить 2 отверстия

**Определение технологической базы и составление схемы
базирования заготовки**

Пример 4.2. Требуется: рассмотреть установочные элементы имеющегося приспособления (рисунок 4.5) и установить поверхности заготовки, составляющие технологическую базу при закреплении заготовки в приспособлении; разработать схему базирования заготовки и сделать вывод о соблюдении правила шести точек.

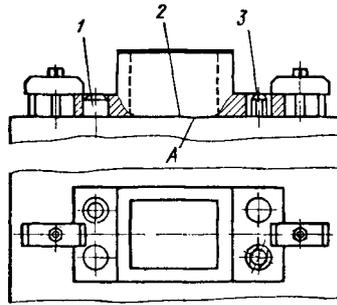


Рисунок 4.5

Решение.

1. В представленном на рисунке приспособлении выявляем его установочные элементы: плоскость корпуса 2, установочный цилиндрический палец 1 и установочный срезанный палец 3. Технологической базой заготовки являются следующие поверхности: нижняя плоскость заготовки А и два отверстия расположенных по диагонали.

2. В соответствии с выявленными технологическими базами и использованными установочными элементами разрабатываем схему базирования (рисунок 4.6): для базирования плоскости (установочной базы) образовано три опорные точки (1, 2, 3); для базирования по первому отверстию (с помощью цилиндрического пальца) образовано еще две опорные точки (4, 5), а для базирования по второму отверстию используется срезанный палец (6) образующий 6-ю точку базирования.

3. Как видно из рисунка 4.6 и приведенных рассуждений, правило базирования по шести точкам соблюдено.

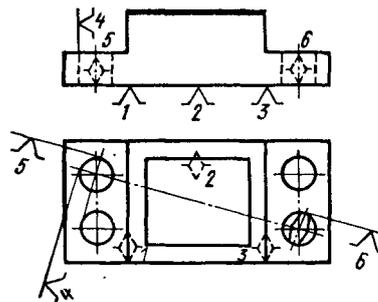


Рисунок 4.6

Задача 4.2

На рисунке 4.7 изображено приспособление для обработки на станке. Нужно, пользуясь рисунком, выявить технологическую базу, принятую для базирования заготовки, и представить схему базирования заготовки; сделать вывод о правильности выбора опорных точек по количеству и размещению их. Номер варианта указан на рисунке римской цифрой.

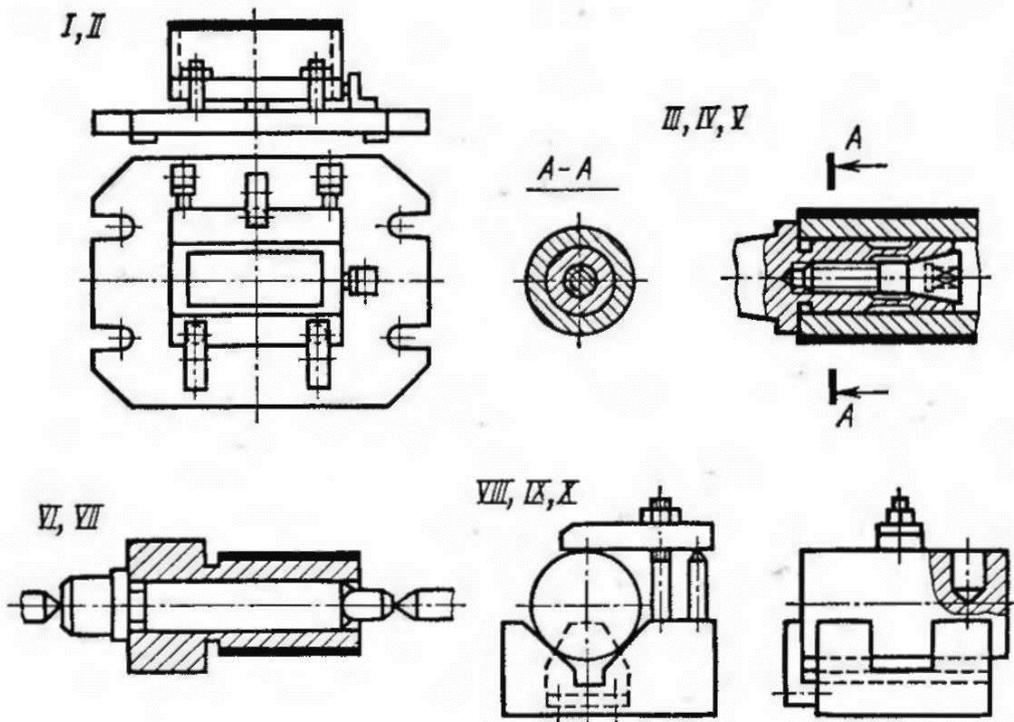


Рисунок 4.7 Варианты заданий к задаче 4.2

Расчет линейной технологической размерной цепи

Пример 4.3

На настроенном горизонтально-фрезерном станке, работающем по наладке, начисто обрабатывается указанная плоскость. При этом должен быть выдержан координирующий размер $h = (70 \pm 0,05)$ мм (рисунок 4.8). Допуск размера h равен $T_h = 0,1$ мм.

Требуется установить, будет ли выдержана при обработке заданная точность размера.

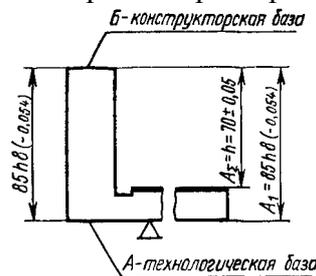


Рисунок 4.8

Решение.

1. Из условия примера и по операционному эскизу видно, что за технологическую базу принята нижняя плоскость Л заготовки. Конструкторской и измерительной базами для контроля размера h является верхняя плоскость Б. В связи с тем, что базы не совпадают, возникла необходимость пересчета конструктивных размеров на технологические.

При этом надо рассчитать погрешность ε_h , с которой может быть выполнен размер h , и сравнить ее с допуском T_h этого размера. Должно быть выдержано условие $\varepsilon_h \leq T_h$.

2. Рассматриваемая размерная цепь линейная и состоит из трех звеньев: интересующий нас размер $h = 70$ мм будем считать замыкающим звеном A_Σ ; первое составляющее звено — размер $A_1 = 85h8(85_{-0,05})$ между ранее обработанными плоскостями является звеном увеличивающим; второе

составляющее звено — размер A_2 является технологическим, уменьшающим, и точность его обуславливается нормами экономической точности обработки на станках. Для нашего случая погрешность этого размера составляет 0,06 мм.

Номинальные размеры этой цепи связаны уравнением: $A_{\Sigma}: A_2 - A_1 = 85 - 15 = 70$ мм.

3. При расчете линейной размерной цепи (рисунок 4.8) методом полной взаимозаменяемости, т. е. методом максимум — минимум, определяют предельные отклонения (погрешность обработки) исходного (замыкающего) звена по формуле (4.3):

$$T_{\Sigma} = \sum_1^{m+n} T_i = (T_{A_1} + T_{A_2}) = (0,054 + 0,06) = 0,114 \text{ мм}$$

Как следует из решения, допуск по чертежу $T_h = 0,1$ мм меньше, чем возможная погрешность при обработке $T_{\Sigma} = \varepsilon_h = 0,114$ мм, что совершенно недопустимо. Следовательно, нужно принять меры, позволяющие добиться выполнения условия $T_h \geq \varepsilon_h$.

Для этого, во-первых, можно поставить вопрос перед конструктором о снижении точности размера h , т. е. о расширении допуска T_h до значения 0,12, тогда $h = (70 \pm 0,06)$ мм. Условие $T_h \geq T_{\Sigma}$ будет выдержано.

Во-вторых, применить в качестве завершающей (финишной) обработки тонкое фрезерование или чистовое шлифование. Экономическая точность этих процессов выше и при них $T_{A_2} = 0,025$ мм (ГОСТ 2110-72). Тогда $T_{\Sigma} = (0,054 + 0,025)$ мм = 0,079 мм. Условие $T_h \geq T_{\Sigma}$ выдержано.

В-третьих, составляющий размер $A = 85h8$ получен при обработке плоскостей А и Б до рассматриваемой операции. Если предшествующую обработку выполнить точнее на один квалитет, то допуск размера будет $85h7(85-0.035)$. Тогда погрешность обработки $T_{\Sigma} = (0,035 + 0,06) = 0,095$ мм. Условие $T_h \geq T_{\Sigma}$ выдержано.

В-четвертых, при расчете размерной цепи можно пользоваться вероятностным методом по формуле $T_{\Sigma} = (K_C \cdot \sum T_i) / \sqrt{m+n}$, где $K_C = 1,5$. В производствах с отлаженным технологическим процессом коэффициент K_C снижается до 1,2. Тогда $T_{\Sigma} = 1,2 \cdot (0,054 + 0,060) / \sqrt{2} = 0,097$ мм и выдержано условие $T_h \geq T_{\Sigma}$.

В-пятых, допуск замыкающего звена рассчитывают с использованием теории вероятностей для случая рассеивания погрешностей отклонений по закону нормального распределения [12] по формуле (4.5). В нашем случае $T_{\Sigma} = \pm \sqrt{0,027^2 + 0,03^2} = \pm 0,04$ мм, или $T_{\Sigma} = 0,08$ мм. Условие $T_h \geq T_{\Sigma}$, выполнено.

В-шестых, при незначительном объеме выпуска деталей, т. е. в единичном или мелкосерийном производстве, можно работать не по наладке, а, например, со снятием пробных стружек. При обработке каждой детали контролируется размер h .

Задача 4.3

На рисунке 4.9 и в таблице 4.2 представлены варианты операций.

Требуется определить возможную погрешность базирования размера в результате выполнения указанной обработки.

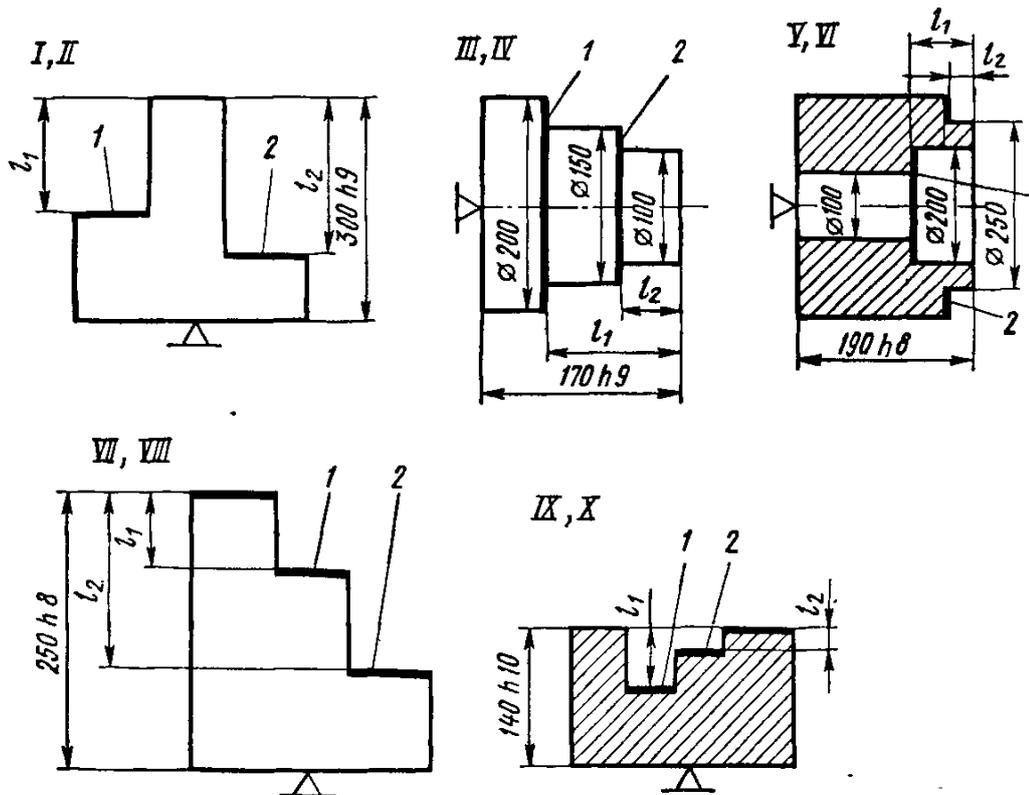


Рисунок 4.9 Варианты заданий к задаче 4.3

Таблица 4.2

Варианты заданий к задаче 4.3

№ варианта	Содержание операции	Размер l , мм
1	Строгать плоскость 1 предварительно	$l_1 = 150 \pm 0,2$
2	Строгать плоскость 2 окончательно	$l_2 = 170 \pm 0,1$
3	Подрезать торец 1 предварительно	$l_1 = 60 \pm 0,3$
4	Подрезать торец 2 окончательно	$l_2 = 30 \pm 0,1$
5	Подрезать торец 1 предварительно	$l_1 = 100 \pm 0,2$
6	Подрезать торец 2 окончательно	$l_2 = 50 \pm 0,1$
7	Шлифовать плоскость 1 предварительно	$l_1 = 75 \pm 0,1$
8	Шлифовать плоскость 2 окончательно	$l_2 = 175 \pm 0,2$
9	Фрезеровать плоскость 1 предварительно	$l_1 = 70 \pm 0,4$
10	Фрезеровать плоскость 2 окончательно	$l_2 = 30 \pm 0,2$

5 ВЫБОР И КОНСТРУИРОВАНИЕ ИСХОДНЫХ ЗАГОТОВОК

Современное состояние технологии машиностроения предоставляет большие возможности для рационального выбора вида исходной заготовки и способа ее получения.

Чем больше объем выпуска деталей, тем важнее выбрать заготовку прогрессивного вида, у которой форма и размеры приближаются к форме и размерам готовой детали. Такая тенденция современной технологии позволяет исключать обдирку и черновую обработку, добиваться высокой производительности и экономного расхода металла. Правильный выбор исходной заготовки существенно влияет на технико-экономические показатели технологического процесса изготовления детали.

Серьезное внимание должно уделяться конструированию исходной заготовки, т. е. установление ее формы, размеров с допускаемыми отклонениями, припусков на механическую обработку, твердости материала и технических требований, которым она должна отвечать.

Установление размеров исходной заготовки состоит в том, что к размерам наружных поверхностей детали нужно прибавить, а от размеров внутренних поверхностей отнять общие припуски на механическую обработку. Для втулки с размерами d_n , D_n и L_n (рисунок 5.1) размеры исходной заготовки определяются так:

$$d_0 = d_d + 2 \cdot \text{П}_{\text{общ}d} \quad (5.1)$$

$$D_0 = D_d + 2 \cdot \text{П}_{\text{общ}D} \quad (5.2)$$

$$L_0 = L_d + \text{П}_{\text{общ}L1} + \text{П}_{\text{общ}L2} \quad (5.3)$$

где $\text{П}_{\text{общ}d}$, $\text{П}_{\text{общ}D}$ и $\text{П}_{\text{общ}L}$ - общие припуски на механическую обработку (на сторону) наружной, внутренней и торцевой поверхностей заготовки.

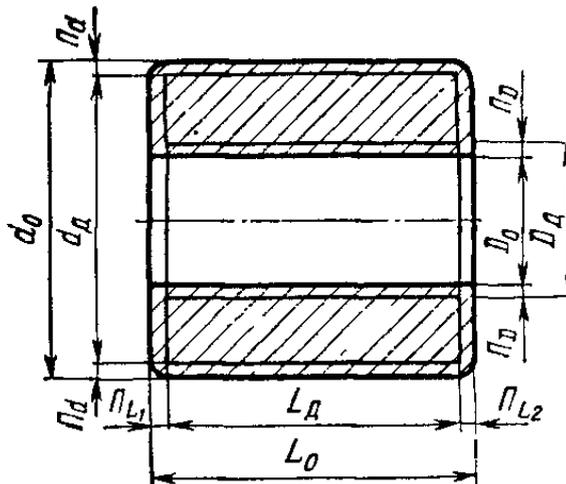


Рисунок 5.1

Выбор общего припуска на механическую обработку заготовок из сортового проката производится по таблицам [5; 21, Т1], но размер $d_{0\text{расч}}$ при выборе проката необходимо корректировать по сортаменту (ГОСТ 2590- 71).

Оценка качества исходной заготовки производится также по значению коэффициента использования материала:

$$K_{\text{им}} = m_d / m_0 \quad (5.4)$$

где m_d и m_0 - массы соответственно детали и заготовки.

Конструирование заготовок из стального горячекатаного проката

Пример 5.1

Из стали 45 (ГОСТ 1050-74) изготавливают вал (рисунок 5.2) массой 19,4 кг в условиях мелко-серийного производства (годовой объем выпуска 150 шт.).

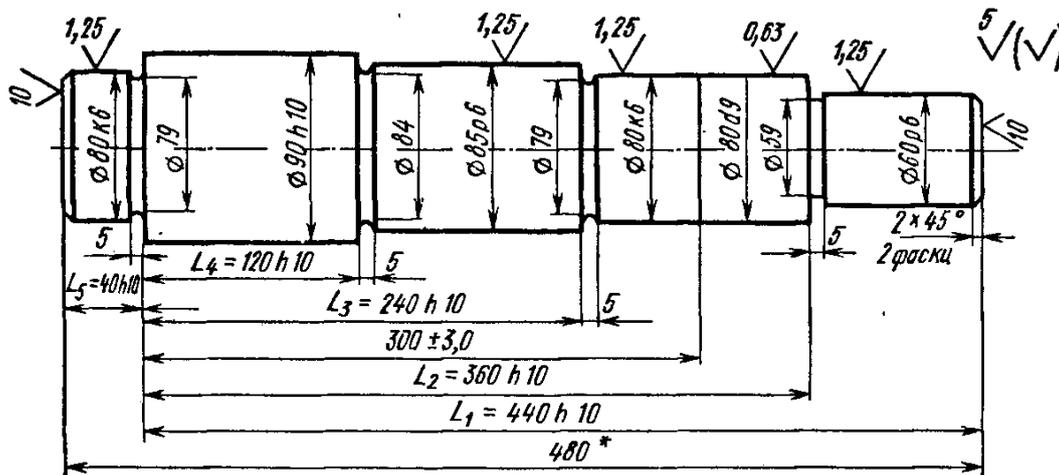


Рисунок 5.2

Требуется сконструировать исходную заготовку вала из стального горячекатаного проката.
Решение.

1. Поскольку форма вала имеет относительно небольшую разницу перепада диаметров, а также отсутствуют дополнительные требования к механическим свойствам материала, выбираем в качестве заготовки горячекатаный стальной прокат по ГОСТ 2590-71. Из него разрезкой будут образованы цилиндрические заготовки диаметром d_0 и длиной L_0 .

2. Для заданной детали целесообразно использовать прокат круглого сечения. Из имеющихся трех категорий точности проката выбираем обычную точность (В).

3. Диаметр проката определяют, исходя из наибольшего диаметра заготовки ($\varnothing 90h10$), добавляя к нему общий припуск на механическую обработку, равный $2P_{\text{общ}d}$. В нашем случае при длине заготовки свыше 360 до 720 мм общий припуск на диаметр $2P_{\text{общ}d} = 10$ мм [5]. Допуск на диаметр устанавливается по ГОСТ 2590-71 и составляет $+0,6... -1,7$ мм. Отсюда

$$d_0 = d_d + 2 \cdot P_{\text{общ}d} = 90 + 10 = 100 \text{ мм}$$

Такой прокат имеется в сортаменте.

4. По формуле (5.3) устанавливаем длину штучной заготовки:

$$L_0 = L_d + P_{\text{общ}L1} + P_{\text{общ}L2} = 480 + 2 \cdot 4 = 488 \text{ мм.}$$

где $P_{\text{общ}L} = 4$ мм[5].

Допуск на длину заготовки после разрезки по 10...12-му квалитетам составляет 250...630 мкм.

5. Технические требования, предъявляемые к заготовке:

- допускаемая кривизна заготовки [21] $q_{\text{км}} = \Delta L = 1,0 \cdot 488$ мкм, т. е. не более 0,5 мм;
- шероховатость проката $Rz=200$ мкм.

6. Рассчитываем массу заготовки по формуле

$$m_0 = 0,001 \cdot m_{\text{ПМ}} \cdot L_0, \text{ кг}$$

где $m_{\text{ПМ}}$ - масса одного погонного метра проката,

L_0 - длина заготовки, мм.

$$m_0 = 0,001 \cdot 61,65 \cdot 488 = 30,09 \text{ кг}$$

7. Коэффициент использования материала штучной заготовки равен

$$K_{\text{им}} = m_{\text{д}}/m_0 = 19,4/30,09 = 0,64$$

Материал заготовки используется плохо — всего на 64%.

8. Определение стоимости штучной заготовки производится по формуле

$$C_0 = 0,001 \cdot C_{\text{T}} \cdot m_0 = 0,001 \cdot 30000 \cdot 30,09 = 902,7 \text{ тенге}$$

где $C_{\text{T}} = 30000$ тенге - цена одной тонны металла по прейскуранту;

$m_0 = 30,09$ кг - масса заготовки.

Эскиз заготовки представлен на рисунке 5.3.

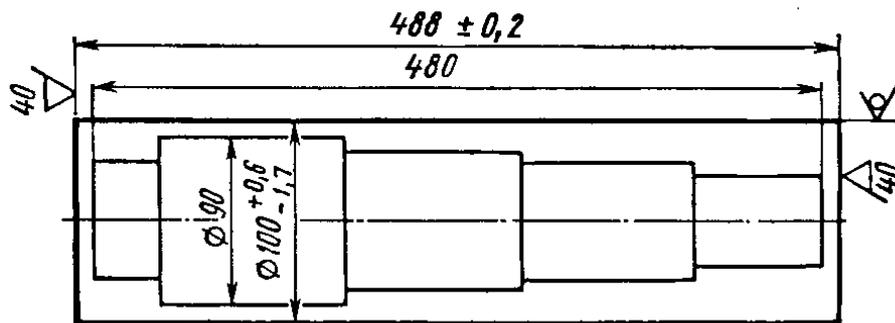


Рисунок 5.3

Задача 5.1.

Сконструировать исходную заготовку вала из горячекатаного проката стали 40X. Варианты и эскизы приведены на рисунке 5.4 и в таблице 5.1.

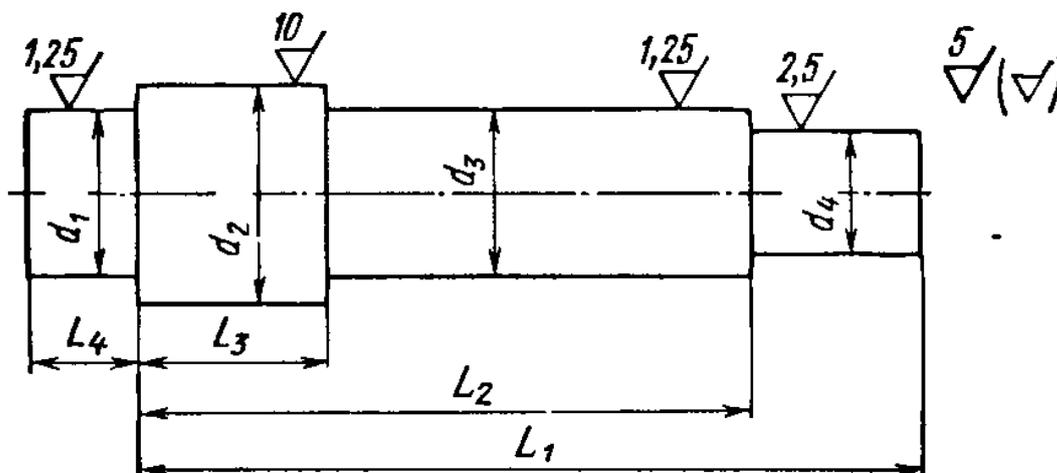


Рисунок 5.4 Варианты заданий к задаче 5.1

Варианты заданий к задаче 5.1

№ варианта	Диаметр, мм				Длина, мм				Масса мд, кг
	d1	d2	d3	d4	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	
1	50h6	75h11	45m6	30f9	345h11	315h11	115h11	85h11	7,96
2	60e7	85c11	55g6	50h8	380h11	340h11	130h11	80h11	11.6511 ,65
3	40k6	65a11	35m6	30d9	245h11	175h11	95h11	75h11	4,25
4	70e8	95a11	65f7	55d9	360h11	315h11	135h11	90h11	11,6
5	35m6	60d11	30n6	25h8	240h11	215h11	75h11	85h11	3,15
6	80m6	105d11	75d8	65h8	315h11	290h11	125h11	110h11	19,25
7	45js6	70a11	40k6	35h8	325h11	295h11	105h11	75h11	5,0
8	75d8	100h11	70e8	60f9	320h11	280h11	130h11	100h11	15,5
9	55q8	80d11	50h6	45d9	370h11	330h11	125h11	80h11	9,9
10	30n6	55h11	25f7	20f9	270h11	200h11	80h11	70h11	2,45

Конструирование исходной заготовки-отливки из серого чугуна

Пример 5.2.

Из серого чугуна марки СЧ 20 (ГОСТ 1412-79) изготавливают корпус цилиндра массой 2 кг (рисунок 5.5). Годовой объем выпуска 24 000 шт. (крупносерийное производство).

Требуется сконструировать исходную заготовку.

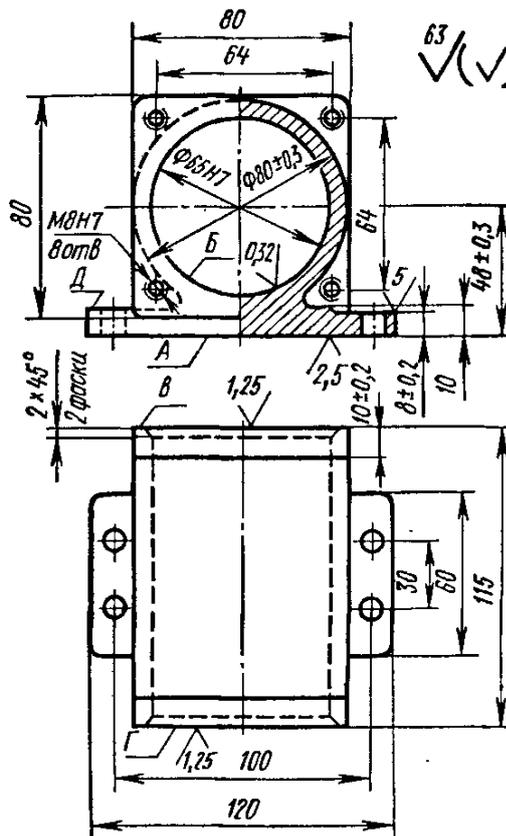


Рисунок 5.5

Решение.

1. Деталь относится к классу корпусов. Она имеет полую цилиндрическую часть и прямоугольное основание с четырьмя отверстиями для крепления к плите. Концы цилиндрической части имеют квадратные фланцы толщиной 10 мм с четырьмя резьбовыми отверстиями.

Механической обработке подвергается зеркало цилиндра, плоскость основания, две плоские поверхности фланцев на торцах цилиндра, две площадки на верхней стороне основания и резьбовые отверстия. Деталь достаточно прочная и жесткая и может считаться вполне технологичной.

Крупносерийный тип производства позволяет применить для изготовления заготовки и для ее механической обработки высокопроизводительные методы.

2. В качестве заготовки выбираем отливку. Материал детали — серый чугун обладает хорошими литейными свойствами. Учитывая тип производства, целесообразно и экономически эффективно применить вид литья, при котором форма и размеры заготовки будут максимально приближаться к форме и размерам детали.

В нашем случае применяем литье в разовых песчаноземляных формах с машинной формовкой по металлическим моделям. Этот способ достаточно механизирован, широко распространен, эффективен и соответствует производственным возможностям литейных цехов современных машиностроительных предприятий.

3. Допускаемые погрешности для чугунного литья в земляные формы регламентируются ГОСТ 1855-55. Из трех классов точности, предусмотренных этим ГОСТом, принимаем I класс. В качестве литейной оснастки используются подмодельные плиты с металлическими полумоделями и стержневые ящики.

Точность размеров литья соответствует 15...16-му квалитетам, а шероховатость $Ra=100$ мкм [7].

4. Заданная деталь обладает симметрией. Плоскость симметрии целесообразно принять за плоскость разъема модели и формы. В этом случае легко осуществляется установка стержня, с помощью которого образуется отверстие в заготовке. Как следует из рисунка, при принятом расположении плоскости разъема модели и формы поверхности А, В, Г и Д находятся при заливке металла в вертикальном положении и, следовательно, будут боковыми поверхностями отливки, а отверстие Б — горизонтально.

При конструировании отливки следует заботиться о ее технологичности, а также проверить отливку методом световых теней. Попутно следует предусмотреть литейные уклоны на вертикально расположенных поверхностях (рисунок 5.6).

5. Общие припуски $P_{\text{общ}}$ на механическую обработку регламентируется ГОСТ 1855-55 и их размеры зависят от класса точности литья, наибольшего габаритного размера отливки, номинального размера и положения рассматриваемой поверхности в форме при заливке металла (таблица 5.2).

Под номинальным размером понимают наибольшее расстояние между противоположными обрабатываемыми поверхностями или расстояние от базовой поверхности до оси обрабатываемого отверстия.

Табличные припуски на механическую обработку литых отверстий устанавливаются независимо от расположения отверстия. Допускается уменьшение табличных припусков до минимально необходимых, установленных, например, расчетно-аналитическим способом.

6. Определение размеров заготовки и их допусков производят, суммируя размеры детали и припуски на механическую обработку:

$$\text{— для наружных поверхностей } L_0 = L_{\text{д}} + P_{\text{общ1}} + P_{\text{общ2}}$$

$$\text{— для внутренних поверхностей } D_0 = D_{\text{д}} - P_{\text{общ3}} - P_{\text{общ4}}$$

Обозначение поверхности	Наименование поверхности	Положение поверхности при заливке	Припуск, мм
А	Плоскость основания	Боковое	$P_{обшА} = 2$
Б	Отверстие	Горизонтальное	$2P_{обшБ} = 2 \cdot 2 = 4$
В	Торец цилиндра	Боковое	$P_{обшВ} = 2$
Г	Торец цилиндра	Боковое	$P_{обшГ} = 2$
Д	Верхняя площадка основания	Боковое	$P_{обшД} = 2$

Расчет размеров отливки приведен в таблице 5.3.

Таблица 5.3

Наименование размера	Обозначение размера	Формула для расчета	Размер отливки с допуском, мм
Координирующий размер	K_0	$K_0 = K_д + P_{обшА} = 48 + 2 = 50$	$K_0 = 50 \pm 0,2$
Диаметр отверстия	D_0	$D_0 = D_д - 2P_{обшБ} = 65 - 2 \cdot 2,5 = 60$	$D_0 = 60 \pm 0,3$
Длина цилиндрической части	L_0	$L_0 = L_д + P_{обшВ} + P_{обшГ} = 115 + 2 + 2 = 119$	$L_0 = 119 \pm 0,3$
Толщина основания	H_0	$H_0 = H_д + P_{обшА} = 10 + 2 = 12$	$H_0 = 12,0 \pm 0,2$

Для размеров необрабатываемых поверхностей допускаемые отклонения устанавливаются по таблицам ГОСТ 1855-55. В нашем случае такие размеры отливки имеют допуски:

- размер наружного цилиндра $\pm 0,3$ мм;
- размеры квадратного фланца $\pm 0,3$ мм.

7. Технические требования к отливке формулируются в соответствии с ГОСТ 1412-79. В эти требования входят данные о классе точности, твердости отливки, требуемой термической обработке и ее месте в технологическом процессе, размерах литейных уклонов и радиусов, способе очистки от пригаров и формовочной земли, необходимости удаления питателей, выпоров, прибылей и т. п., окраске и др. Так, в нашем случае необходимо указать:

допуски на размеры литья соответствуют I классу по ГОСТ 1855-55;

отливку подвергнуть стабилизирующему отпуску;

твердость участков, подлежащих механической обработке, HB 240...270;

литейные уклоны 3...50°;

литье очистить от пригара и формовочной земли дробеструйной обработкой; отливку окрасить.

8. Для определения массы отливки можно к массе $m_д$ детали прибавить массу $m_{отх}$ металла, составляющего его припуски и напуски, удаляемые в ходе механической обработки.

В нашем случае

$$m_{отх} = \sum_{i=1}^4 m_i$$

где m_i — масса удаляемых элементарных фигур припусков и напусков: m_1 - масса полого цилиндра припуска при обработке отверстия отливки; m_2 - масса параллелепипеда припуска с учетом литейных уклонов, удаляемого с основания; m_3 - масса двух полых 4-гранных параллелепипедов припуска, удаляемого с торцов фланцев; m_4 - масса металла, удаляемого при образовании отверстий в детали.

Получаем массу отходов в граммах:

$$m_{отх} = 10^{-3} \cdot \rho [0,25\pi(D_d^2 - D_0^2) \cdot L_0 + a \cdot b \cdot P_{обща} + 2(c^2 - 0,25D_d^2)P_{общв} + 0,25\pi(4 \cdot D_1^2 \cdot l_1 + 8 \cdot D_2^2 \cdot l_2)]$$

где a и b - размеры основания корпуса, мм;

c - длина стороны квадрата фланца, мм;

D_1 и l_1 , D_2 и l_2 — диаметры и длины отверстий, мм, в основании и фланцах соответственно;

ρ - плотность чугуна; кг/м³.

Подставляя размеры с чертежа, получаем $m_{отх} = 617$ г. Отсюда масса отливки равна

$$m_0 = m_d + m_{отх} = 2 + 0,617 = 2,617 \text{ кг}$$

9. Определяем коэффициент использования материала:

$$K_{им} = m_d / m_0 = 2 / 2,617 = 0,76$$

Коэффициент использования, равный 76%, относительно высок для отливок, получаемых в земляных формах. Применяя точные отливки, получаемые более прогрессивным способом литья, можно и нужно добиваться более высоких значений этого коэффициента.

10. Определяем стоимость одной отливки. По прейскуранту цена одной тонны литья из чугуна марки СЧ 20 III класса точности 2-й группы сложности составляет 59400 тенге руб. Для более точных отливок I класса вводится доплата 10%. Заданному объему выпуска соответствует пятая группа серийности, для которой доплата за серийность равна нулю. Доплата за термообработку составляет 4000 тенге за тонну. Цена за тонну с учетом указанных факторов равна

$$Ц_T = (59400 \cdot 1,1 + 4000) = 69340 \text{ тенге}$$

Стоимость одной заготовки составляет

$$C_0 = 0,001 \cdot Ц_T \cdot m_0 = 0,001 \cdot 69340 \cdot 2,617 = 181,46$$

11. Чертеж отливки с техническими требованиями должен содержать все данные, необходимые для ее изготовления, контроля и приемки.

При выполнении чертежа отливки соблюдают правила, изложенные в ГОСТ 2.423-73, а также в стандартах ЕСКД. Допускается и является целесообразным для выполнения чертежа отливки использовать копию чертежа детали.

Разъем модели и формы указывают буквенным обозначением МФ (рисунок 5.6); положение отливки в форме обозначают буквами В (верх) и Н (низ), проставленными у стрелок. Все припуски изображают тонкими сплошными линиями, а их размеры указывают перед знаком шероховатости поверхности или перед линейными размерами.

В основной надписи под наименованием детали пишут слово «Литье». Отверстия, впадины и выточки, не выполняемые в отливке, на чертеже допускается не вычерчивать.

Задача 5.2

Сконструировать отливку заготовки из серого чугуна марки СЧ15, отливаемую в земляные формы (варианты показаны на рисунке 5.7). Термическая обработка - стабилизирующий отпуск. Твердость HB200...280. Остальные данные по вариантам приведены в таблице 5.4.

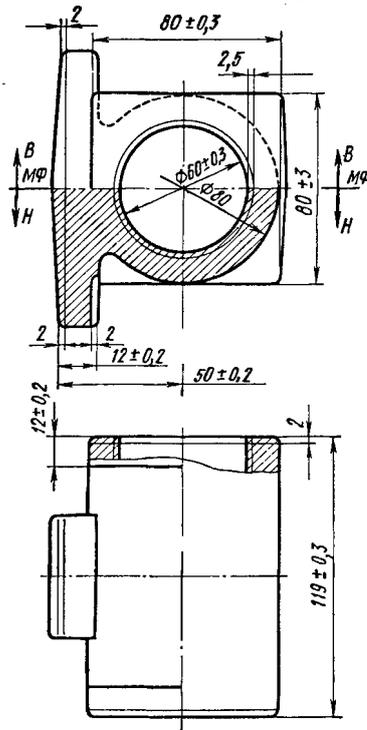


Рисунок 5.6 Чертеж заготовки

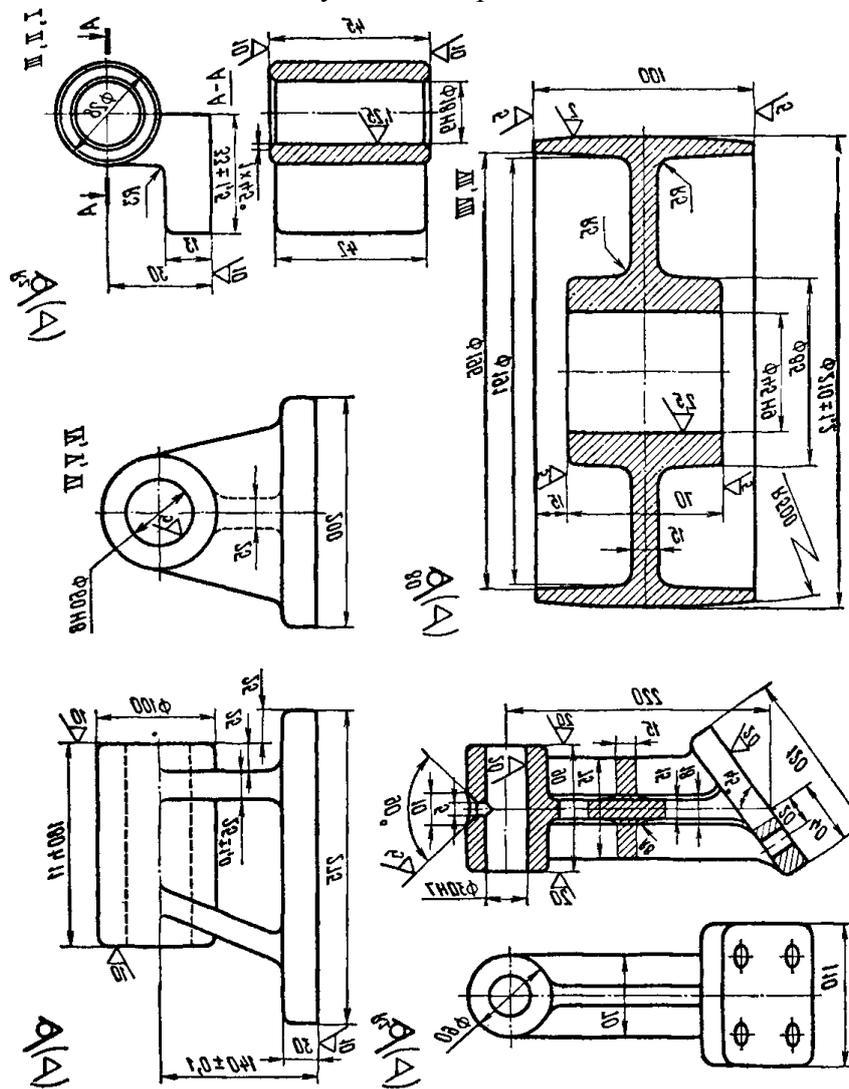


Рисунок 5.7 Варианты заданий для задачи 5.2

Таблица 5.4
Варианты заданий для задачи 5.2

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тип производства*	М	СС	Е	Е	СС	М	КС	МС	М	Е
Наименование детали	Опора низкая		Корпус			Шкив		Опора наклонная		
Масса детали, кг	0,4		5,1			10,7		6,7		

* М - массовое; КС - крупносерийное; СС - среднесерийное; МС - мелкосерийное; Е - единичное.

Конструирование стальной поковки, изготавливаемой горячей объемной штамповкой

Пример 5.3

Из стали 45 изготавливают вал массой 19,4 кг (см. рисунок 5.2). Термообработка — улучшение до твердости HRC 21...26. Неуказанные радиусы — 1,5 мм, фаски — 0,5X45°. Годовой объем выпуска деталей в год 4500 шт., что соответствует крупносерийному типу производства.

Требуется сконструировать исходную заготовку, изготавливаемую горячей объемной штамповкой.

Решение.

1. Учитывая свойства материала детали, ее массу, форму, размеры и тип производства, поковку целесообразно выполнять в закрытом штампе на молоте. Нагрев заготовки — пламенный в печи.

2. Руководствуясь правилом, что в плоскости разъема штампа должны располагаться два небольших габаритных размера поковки, принимаем, что ось поковки находится в плоскости разъема штампа и расположена горизонтально.

3. С целью уменьшения припусков на механическую обработку принимаем поковку I класса точности (повышенная точность). По ГОСТ 7505-74 определяем группу стали М1.

Степень сложности поковки определяем, используя данные о детали, а не о поковке, так как последние еще неизвестны. Для этого применяем формулу

$$C = \frac{m_{\text{пок}}}{m_{\text{опфо}}} = \frac{m_{\text{д}}}{m_{\text{опфд}}}$$

где $m_{\text{д}} = 19,4$ — масса детали;

$m_{\text{опфд}}$ — масса цилиндра (рисунок 5.8), описанного вокруг вала, диаметром $d_{\text{дмакс}} = 90$ мм и длиной $L_{\text{д}} = 480$ мм. Масса одного метра круглой стали этого диаметра $m_{\text{пм}} = 49,94$ кг [5]. Масса цилиндра в килограммах

$$m_{\text{опфд}} = m_{\text{пм}} \cdot L_{\text{д}} = 0,001 \cdot 49,94 \cdot 480 = 24$$

Отсюда $C = 19,4/24 = 0,81$, что соответствует степени сложности С1.

4. Для дальнейшей работы по проектированию поковки необходимо найти массу поковки. На этой стадии работы можно ограничиться ее ориентировочным значением. Для этого пользуются формулой коэффициента использования металла:

$$K_{\text{ИМСР}} = \frac{m_{\text{Д}}}{m_{\text{ООР}}} \Rightarrow m_{\text{ООР}} = \frac{m_{\text{Д}}}{K_{\text{ИМСР}}}$$

где $m_{\text{ООР}}$ - ориентировочная масса исходной заготовки;

$K_{\text{ИМСР}} = 0,75...0,8$ — среднее значение коэффициента использования металла для поковок штампованных для деталей подкласса валов.

Из исходных данных получаем

$$m_{\text{ООР}} = \frac{19,4}{0,8} = 24,25 \text{ кг.}$$

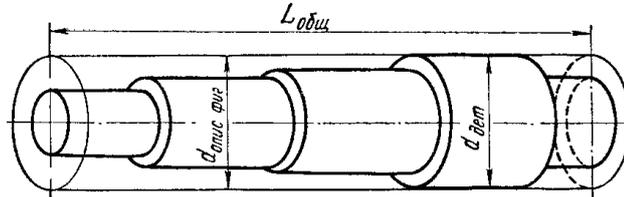


Рисунок 5.8

5. При расчете размеров диаметров поковки с допускаемыми отклонениями пользуются таблицами ГОСТ 7505-74. В случае пламенного нагрева поковки припуск на сторону увеличивают на 1 мм в связи с угаром и обезуглероживанием поверхностного слоя металла. Результаты расчета даны в табл. 5.5.

Таблица 5.5
Результаты расчета

Диаметр ступени вала, мм	Шероховатость поверхности, мкм	Общий припуск на диаметр 2P _{общ} , мм	Диаметр ступени на поковке, мм	Категория размера	Допуск размера поковки штампованной, мм
80	Ra1,25	2(2,9 + 0,5) = 6,8	86,8	Н	+1,3 -0,7
90	Rz 20	2(2,6 + 0,5) = 6,2	96,2	Н	+1,3 -0,7
85	Ra 2,5	2(2,6 + 0,5) = 6,2	91,2	Н	+1,3 -0,7
80	Ra0,63	2(2,9 + 0,5) = 6,8	86,8	Н	+1,3 -0,7
60	Ra 1,25	2(2,9 + 0,5) = 6,8	66,8	Н	+1,3 -0,7

6. При расчете длин ступеней использованы те же таблицы ГОСТ 7505-74. Результаты расчета приведены в табл. 5.6.

7. Технические требования, предъявляемые к поковке (ГОСТ 7505—74):

- поковка повышенной точности (I класса);

Примечание. Допуск размера 40 мм, отнесенного к категории l , уменьшен вдвое в связи с односторонним износом штампа.

-допускаемое смещение по разьему штампа 0,9 мм; допускаемый заусенец по периметру среза 1,7 мм; внешние штамповочные уклоны 7°; допускаемое радиальное биение поверхностей Ø91,2 и Ø 66,8 относительно поверхностей Ø 86,8 не более 1 мм; радиус закругления внешних углов R = 4 мм; допуски на радиусы закруглений поковки +2 мм; твердость поковки после термообработки HRC 21...26; поковку очистить от окалины.

Остальные технические требования по ГОСТ 8479 - 70.

Таблица 5.6

Длина ступени, мм	Шероховатость поверхности на торцах, мкм	Общий припуск на две поверхности, ограничивающие ступень $\Delta_{\text{Общ}} \pm \Delta_{\text{Общ}}$	Длина ступени на поковке, мм	Категория размера поковки	Допуск размера поковки, мм
440	Rz 40; Ra2,5	$(3,1 + 0,5) + (3,1 + 0,5) = 7,2$	447,2	D	+2,0 -1,2
360	Ra2,5; Ra2,5	$(3,1 + 0,5) + (3,1 + 0,5) = 7,2$	367,2	D	+2,0 -1,0
240	Ra2,5; Ra2,5	$(3,1 + 0,5) + (2,9 + 0,5) = 7,0$	247	D	+1,8 -1,0
120	Ra2,5; Ra2,5	$(3,1 + 0,5) + (2,7 + 0,5) = 6,8$	126,8	D	+1,7 -0,8
40	Ra2,5; Rz 40	$(2,5 + 0,5) - (3,1 + 0,5) = 0,6$	39,4	l	+0,7 -0,4

8. Расчет массы поковки проводят, суммируя массы ее элементарных частей:

$$m_{\text{ОФАКТ}} = \sum m_{\text{ОФАКТ}i} = 0.001 \cdot \sum m_{\text{ПМ}i} \cdot l_i$$

где $m_{\text{ПМ}i}$ — масса погонного метра поковки, кг, круглого сечения (определяется по диаметру элементарной части поковки с учетом половины положительного предельного отклонения его). Данные о массе погонного метра приведены в технологическом справочнике [5];

l_i — длина элементарной части поковки, мм.

Для нашего примера

$$m_{\text{ОФАКТ}} = 0.001(46.5(40 + 60 + 60) + 56.8 \cdot 126.4 + 56.1 \cdot 120 + 27.6 \cdot 80) = 23 \text{ кг}$$

9. Расчет коэффициента использования металла ведется по формуле (5.4)

$$K_{\text{ИМ}} = m_{\text{Д}}/m_{\text{О}} = 19,4/23 = 0,843$$

Коэффициент используемого металла оказался выше среднего (см. п. 4). Это свидетельствует о правильном подходе к проектированию заготовки с учетом возможности экономии металла.

10. Стоимость поковок установлена прейскурантом. В нашем случае стоимость 1 тонны поковок составляет 46400 тенге. Годовому объему выпуска 4500 шт. соответствует вторая группа серийности (доплаты за серийность нет). Для принятой штамповки I класса точности доплата составляет 5%. Доплата за термообработку штамповки составляет 4400 тенге, а за очистку — 1200 тенге за тонну. Стоимость одной тонны поковок составит:

$$C = 46400 \cdot 1,05 + 4400 + 1200 = 54320 \text{ тенге}$$

Стоимость одной заготовки (O) составит

$$C_1 = 0,001 \cdot C \cdot m_{\text{О}} = 0,001 \cdot 54320 \cdot 23 = 1249,36 \text{ тенге}$$

11. Чертеж поковки должен содержать все данные, необходимые для изготовления, контроля и приемки поковки, и выполняется в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД- В основной надписи чертежа под наименованием детали пишут «Поковка штампованная».

Для выполнения чертежа поковки используют чертеж детали или его копию. Положение заготовки на чертеже должно соответствовать ее положению в процессе штамповки. Изображение детали на этом чертеже выполняется тонкими линиями, причем резьбы, отверстия, канавки, впадины, выточки, не выполняемые в поковке, исключаются или упрощаются.

При вычерчивании поковки учитывают все припуски на механическую обработку и кузнечные напуски (штамповочные уклоны, внутренние радиусы закруглений, перемычки отверстий и др.) с указанием их размеров. Простановку размеров поковки нужно производить только от баз, принятых для механической обработки (рисунок 5.9).

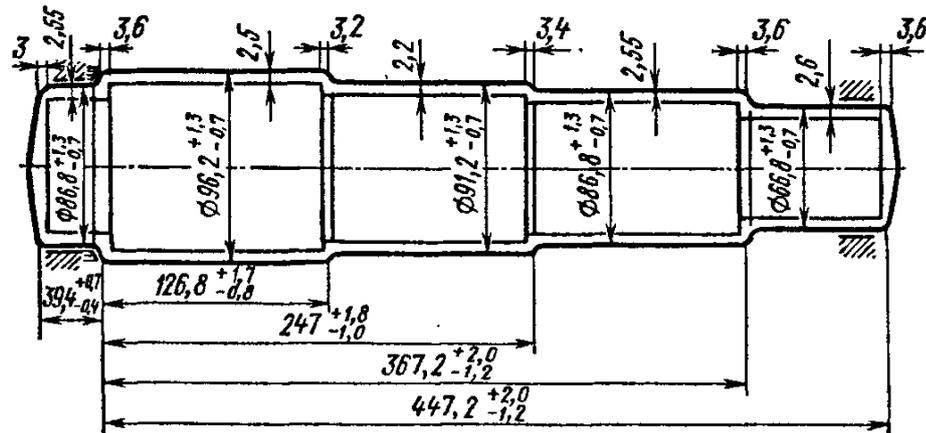


Рисунок 5.9 Чертеж заготовки

12. По результатам проектирования можно сделать некоторые выводы.

Во-первых, один из резервов экономии металла заключается в повышении класса точности поковки. Так, если в рассмотренном примере принять нормальную точность поковки (II класс) вместо принятой повышенной, то припуски на сторону будут больше на 0,8 мм и масса поковки в этом случае возрастет примерно на 1 кг. В нашем случае это составит более 4%. При крупносерийном производстве это дало бы значительное увеличение расхода металла.

Во-вторых, другим резервом экономии металла является использование индукционного нагрева исходного материала перед штамповкой. В этом случае расчетный припуск уменьшается на 1 мм. Это тоже может дать экономию металла около 5%.

В-третьих, операционные припуски можно определить расчетно-аналитическим методом и просуммировать их для каждой поверхности, получив общий припуск на механическую обработку. В ряде случаев расчет по этому методу дает заготовку меньшей массы, а следовательно, в этом методе заложена возможность экономии металла.

В-четвертых, большие резервы экономии металла заложены в технологических возможностях кузнечного производства. Следует иметь в виду, что способами получения заготовки, формы и размеры которой близки к форме и размерам детали, являются периодический прокат, поперечный прокат, ротационный обжим и др. Наилучший результат дает ротационный обжим. Метод применяется для проката как в холодном состоянии, так и с предварительным подогревом. Получаемые заготовки имеют малые погрешности размеров по диаметру ($\pm 0,15 \dots \pm 0,3$ мм) и по длине (± 1 мм), малую шероховатость ($Ra = 0,6$ мкм), высокий коэффициент использования металла (0,85...0,95). Производительность операции обжатия примерно 50... 100 шт/ч. При использовании таких заготовок отпадает необходимость черновой и получистовой обработки, а следовательно, резко уменьшаются общие припуски на механическую обработку. У таких заготовок нет заусенца по периметру среза, нет больших уклонов на торцах и поэтому механическую обработку осуществить значительно проще. Все это положительно скажется на производительности и экономичности изготовления деталей.

Задача 5.3

Сконструировать исходную заготовку — поковку, штампованную для изготовления ступенчатого вала по вариантам, приведенным на рисунке 5.4 и в таблице 5.1.

Исходные данные: Материал вала - сталь 40 X. Твердость после термической обработки (улучшения) HRC 24...29. Тип производства — крупносерийное.

Успешное решение задач, которые стоят и будут в дальнейшем стоять перед машиностроением, возможно только при создании новых и совершенствовании действующих машин с целью достижения более высоких эксплуатационных характеристик при одновременном сокращении их массы, габаритов и стоимости, повышении долговечности, простоте ухода и надежности в работе. Одновременно в самом машиностроении необходимо совершенствовать технологические процессы изготовления изделий, улучшать использование всех средств технологического оснащения, внедрять в производство прогрессивные методы организации производства.

Одним из эффективных путей решения этих задач является внедрение принципов технологичности конструкций. Под этим термином понимают такое проектирование, которое при соблюдении всех эксплуатационных качеств обеспечивает минимальные трудоемкость изготовления, материалоемкость и себестоимость, а также возможность быстрого освоения выпуска изделий в заданном объеме с использованием современных методов обработки и сборки.

Технологичность — важнейшая техническая основа, обеспечивающая использование конструкторских и технологических резервов для выполнения задач по повышению технико-экономических показателей изготовления и качества изделий. Работа по улучшению технологичности должна производиться на всех стадиях проектирования и освоения в производстве выпускаемых изделий.

При выполнении работ, связанных с технологичностью, следует руководствоваться группой стандартов, входящих в Единую систему технологической подготовки производства (ЕСТПП), а именно ГОСТ 14.201-83... 14.204-73, а также ГОСТ 2.121-73 «Технологический контроль в конструкторской документации».

Технологичность конструкции деталей обуславливается: а) рациональным выбором исходных заготовок и материалов; б) технологичностью формы детали; в) рациональной простановкой размеров; г) назначением оптимальной точности размеров, формы и взаимного расположения поверхностей, параметров шероховатости и технических требований.

Технологичность детали зависит от типа производства; выбранного технологического процесса, оборудования и оснастки; организации производства, а также от условий работы детали и сборочной единицы в изделии и условий ремонта.

Признаками технологичности конструкции детали, например, подкласса валов являются наличие у ступенчатых валов небольших перепадов диаметров ступеней, расположение ступенчатых поверхностей с убыванием диаметра от середины или от одного из концов, доступность всех обрабатываемых поверхностей для механической обработки, возможность применить для изготовления детали исходную заготовку прогрессивного вида, которая по форме и размерам близка к форме и размерам готовой детали, возможность применять для обработки высокопроизводительные методы.

Улучшение технологичности исходной заготовки

Пример 6.1

Выполнено два варианта конструкции исходной заготовки, полученных литьем, для изготовления корпуса опоры (рисунок 6.1, а, б).

Требуется установить, какой из вариантов имеет более технологичное конструктивное оформление исходной заготовки.

Решение.

Корпус (рисунок 6.1, а) имеет в нижней части трубчатую полость. Для образования ее в литейной форме придется применять консольный стержень, а это будет усложнять и удорожать изготовление отливки. Гладкое отверстие значительной длины в верхней части усложнит механическую обработку.

Корпус (рисунок 6.1, б) в нижней части имеет крестовидное сечение, обладающее высокой прочностью и жесткостью и для изготовления отливки не нужен стержень. Это значительно облегчает изготовление форм для литья. Отливка симметрична относительно вертикальной плоскости и легко будет формоваться в двух опоках. Отверстие в средней части имеет выемку и поэтому длина

поверхности отверстия, подлежащая механической обработке, сократилась, а это, в свою очередь, значительно облегчает и удешевляет механическую обработку.

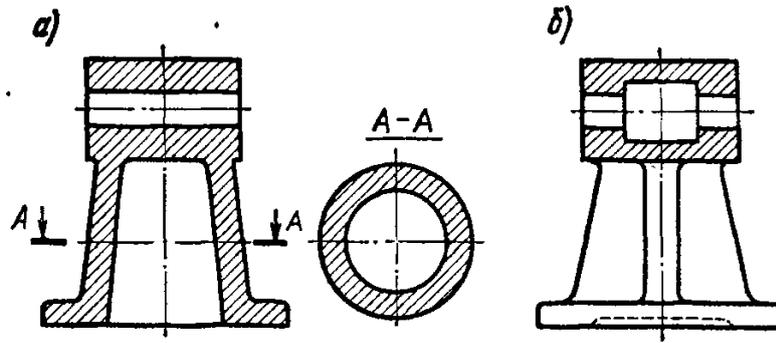


Рисунок 6.1

На основании изложенных соображений можно сделать заключение, что второй вариант более технологичен.

Задача 6.1

При конструировании исходной заготовки или ее элементов были предложены две конструкции (варианты приведены в таблице 6.1, на рисунке 6.2). Требуется изложить соображения по оценке технологичности конструкции каждого из вариантов исходной заготовки и установить более технологичный.

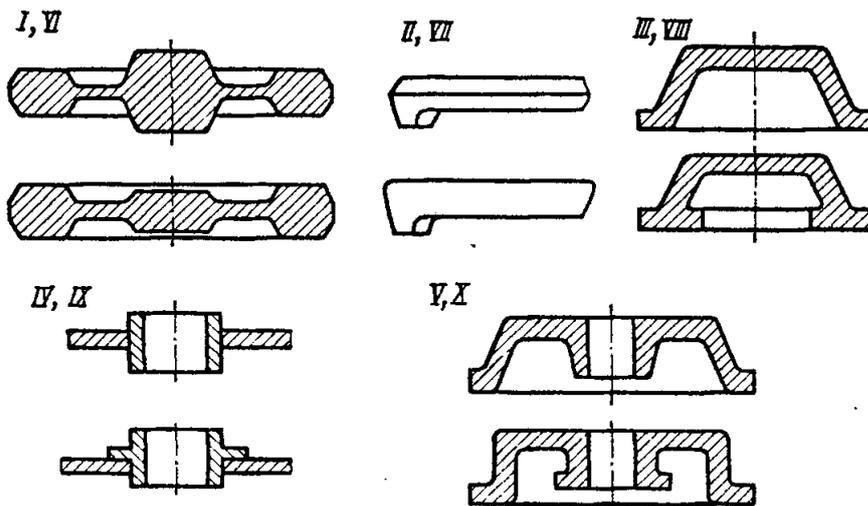


Рисунок 6.2 Варианты заданий к задаче 6.1

Таблица 6.1 Варианты заданий к задаче 6.1

№ варианта	Наименование детали	Вид заготовки
1, 6	Колесо зубчатое	Поковка штампованная
2, 7	Рычаг	То же
3, 8	Крышка	Отливка
4, 9	Горловина корпуса	Сварная
5, 10	Корпус круглый	Отливка

Пример 6.2

С целью повысить технико-экономические показатели технологического процесса предложено два варианта выполнения у детали элементов в конструкции корпуса, изготовляемого из отливок (рисунок 6.3, а, б). Требуется оценить их технологичность.

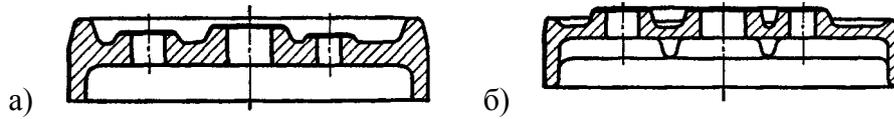


Рисунок 6.3

Решение.

Бобышки и пластики на корпусе детали (рисунок 6.3, а) располагаются на разных уровнях, и обработку каждой бобышки приходится вести по индивидуальной наладке. Недостаточная жесткость верхней части детали не позволяет применить методы высокопроизводительной обработки.

В конструкции на рис. 6.3, б все обрабатываемые поверхности расположены в одной плоскости и поэтому могут обрабатываться в одном установе, например, на вертикально-фрезерном или продольно фрезерном станке.

Добавление на внутренней стороне детали ребра увеличивают жесткость корпуса. При обработке это будет способствовать уменьшению деформации заготовки от сил резанья и закрепления и позволит вести обработку с высокими режимами резания или одновременно несколькими инструментами. При этом повысится точность и качество обработанных поверхностей.

Уровень имеющихся у детали необрабатываемых платиков, находится ниже обработанных плоскостей. Это позволит более производительно вести обработку «на проход».

Задача 6.2

Один и тот же элемент конструкции детали машины может быть конструктивно решен различно. Эти решения представляют двумя эскизами (варианты на рисунок 6.4). Требуется провести анализ сравниваемых эскизов конструкций на технологичность и обосновать выбор элемента конструкции детали.

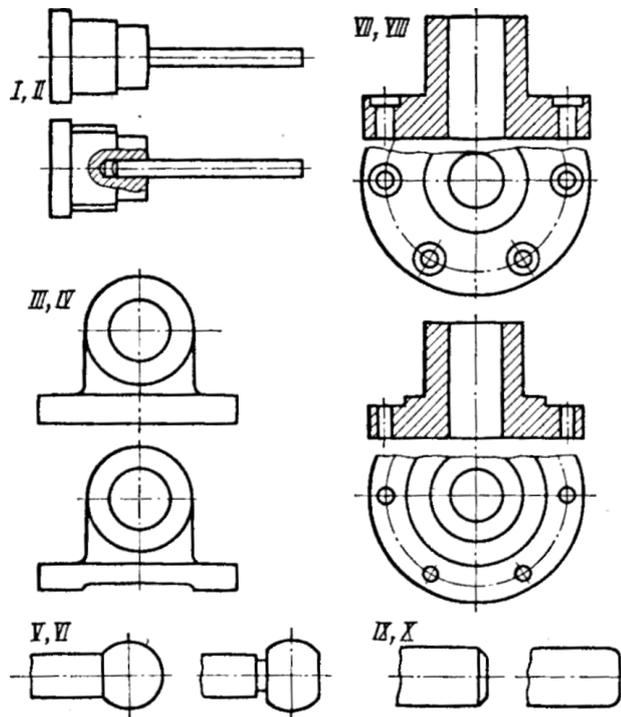


Рисунок 6.4 Варианты заданий для задачи 6.2

Определение количественных показателей технологичности

конструкции детали

Пример 6.3

Корпус массой $m_a = 2$ кг (см. рисунок 5.5) изготавливается из чугуна марки СЧ 20 ГОСТ 1412—79.

Метод получения исходной заготовки — литье в земляную форму, по I классу точности (ГОСТ 1855-55); масса заготовки $m_0 = 2,62$ кг.

Трудоемкость механической обработки детали $T_{и} = 45$ мин при базовой трудоемкости (аналога) $T_{би} = 58$ мин.

Технологическая себестоимости детали $C_T = 420$ тенге при базовой технологической себестоимости аналога $C_{БТ} = 490$ тенге.

Данные конструкторского анализа детали по поверхностям представлены в таблица 6.2.

Требуется определить показатели технологичности конструкции детали.

Решение.

1. К основным показателям технологичности конструкции относятся:

- абсолютный технико-экономический показатель — трудоемкость изготовления детали $T_{и} = 45$ мин; уровень технологичности конструкции по трудоемкости изготовления:

$$K_{УТ} = T_{и} / T_{би} = 45 / 58 = 0,775.$$

Деталь по этому показателю технологична, так как трудоемкость ее сравнительно с базовым аналогом ниже на 22,5%;

Таблица 6.2

Наименование поверхности	Количество поверхностей	Количество унифицированных элементов	Квалитет точности	Параметр шероховатости, мкм
Отверстие главное	1	1	7	0,32
Торец фланца	2	—	12	1,25
Фаска	2	2	12	20
Резьбовое отверстие	8	8	9	20
Верх основания	2	—	12	5
Отверстия основания	4	4	12	40
Низ основания	1	—	12	2,5
Итого	$Q_{Э} = 20$	$Q_{уЭ} = 15$		

- технологическая себестоимость детали $C_T = 420$ руб.; уровень технологичности конструкции по технологической себестоимости

$$K_{УС} = C_T / C_{БТ} = 420 / 490 = 0,857$$

Деталь технологична, так как себестоимость ее сравнительно с базовым аналогом снизилась на 14,3%.

2. Дополнительные показатели:

- коэффициент унификации конструктивных элементов детали

$$K_{уЭ} = Q_{уЭ} / Q_{Э} = 15/20=0,75.$$

По этому показателю деталь технологична, так как $K_{уЭ} > 0,6$.

- масса детали $m_d = 2$ кг;

- коэффициент использования материала

$$K_{\text{ИМ}} = m_{\text{д}}/m_0 = 2/2,62 = 0,76.$$

Для исходной заготовки этого типа такой показатель свидетельствует об удовлетворительном использовании материала;

- коэффициент точности обработки

$$K_{\text{КТ}} = 1 - \frac{1}{A_{\text{СР}}}$$

где $A_{\text{СР}}$ - средний квалитет точности.

$$A_{\text{СР}} = (n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + 19n_{19})/\Sigma n_i$$

В этой формуле n_i - число поверхностей детали точностью соответственно по 1... 19-му квалитетам.

В нашем случае

$$A_{\text{СР}} = (7 \cdot 1 + 9 \cdot 8 + 12 \cdot 5 + 14 \cdot 6)/20 = 11,15$$

$$K_{\text{КТ}} = 1 - \frac{1}{11,15} = 0,91$$

Так как $K_{\text{КТ}} > 0,8$, то деталь по этому показателю является технологичной.

- коэффициент шероховатости поверхности:

$$K_{\text{Ш}} = \frac{1}{B_{\text{СР}}}$$

где $B_{\text{СР}}$ — средняя шероховатость поверхности, определяемая в значениях параметра R_a , мкм.

$$B_{\text{СР}} = (0,01n_1 + 0,02n_2 + \dots + 40n_{13} + 14n_{14}) / \Sigma n_i$$

В этой формуле $n_1, n_2, \dots, n_{13}, n_{14}$ - количество поверхностей, имеющих шероховатость, соответствующую данному числовому значению параметра R_a .

В нашем случае

$$B_{\text{СР}} = (0,02 \cdot 1 + 1,25 \cdot 2 + 2,5 \cdot 1 + 5 \cdot 2 + 20 \cdot 10 + 40 \cdot 4)/20 = 18,77 \text{ мкм}$$

$$K_{\text{Ш}} = 1/18,77 = 0,05$$

Поскольку $K_{\text{Ш}} < 0,32$, поэтому показателю деталь технологична.

Задача 6.3

О рассматриваемой детали, ее исходной заготовке и о ее базовом аналоге или прототипе известны основные данные, приведенные в таблице 6.3 для десяти вариантов.

Требуется определить показатели технологичности конструкции детали.

Таблица 6.3

№ варианта	Количество поверхностей детали	Количество унифицированных элементов	Масса, кг		Трудоемкость, мин		Себестоимость, руб.		Средний kvalitet точности	Средняя шероховатость, мкм
			детали	исходной заготовки	детали	базового аналога	детали	базового аналога		
1, 6	19	12	0,8	1,1	28	31	1,7	2,1	8	0,63
2, 7	28	17	0,3	0,4	16	24	0,9	1,3	9,5	3,2
3, 8	73	45	3,1	3,8	78	86	3,4	4,1	7,3	1,1
4, 9	41	27	0,2	0,4	31	39	1,2	1,4	6,8	0,4
5, 10	55	40	4,8	5,5	68	89	4,8	5,3	7,9	2,5

7 ПРИПУСКИ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ. ОПЕРАЦИОННЫЕ РАЗМЕРЫ И ИХ ДОПУСКИ

При рассмотрении элементарной поверхности исходной заготовки и соответствующей ей поверхности готовой детали общий припуск на механическую обработку определяется сравнением их размеров: это — разность размеров соответствующей поверхности на исходной заготовке и готовой детали. При рассмотрении наружной поверхности вращения (слева на рис. 7.1) - общий припуск

$$2\Pi_{\text{общ}d} = d_o - d_d \quad (7.1)$$

у внутренней поверхности вращения (в центре на рис. 7.1) общий припуск

$$2\Pi_{\text{общ}D} = D_d - D_o \quad (7.2)$$

у плоской поверхности (справа на рис. 7.1) общий припуск на сторону

$$\Pi_{\text{общ}h} = h_o - h_d \quad (7.3)$$

где d_o , D_o , h_o - размеры исходной заготовки;

d_d , D_d , h_d - соответствующие размеры готовой детали;

$2\Pi_{\text{общ}d}$ и $2\Pi_{\text{общ}D}$ - общие припуски на диаметр, наружной поверхности и отверстия;

$\Pi_{\text{общ}h}$ - общий припуск на сторону (торец, плоскость).

Припуск на механическую обработку удаляется обычно последовательно за несколько переходов и поэтому для поверхностей вращения и для плоских поверхностей

$$2\Pi_{\text{общ}d} = \sum 2\Pi_i; \quad 2\Pi_{\text{общ}D} = \sum 2\Pi_i; \quad \Pi_{\text{общ}h} = \sum \Pi_i \quad (7.4)$$

где Π_i - промежуточные припуски, выполняемые в течение i -го перехода, причем на каждом следующем переходе размер промежуточного припуска меньше, чем на предыдущем, а также с каждым последующим переходом увеличивается точность и уменьшается шероховатость обрабатываемой поверхности.

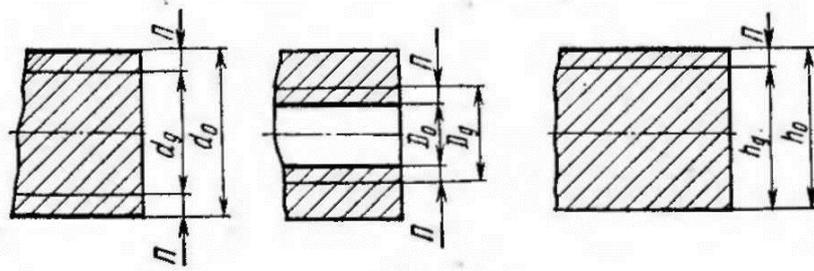


Рисунок 7.1

Важной и ответственной работой при проектировании технологических процессов механической обработки деталей является установление оптимального для данного перехода промежуточного припуска, после чего можно определить очень важные в технологии обработки детали параметры — промежуточные размеры заготовки, которые фигурируют в технологической документации, в зависимости от которых исполнители подбирают режущие и измерительные инструменты.

Промежуточные припуски на каждый переход можно установить двумя методами:

1) опытно-статистическим методом, пользуясь таблицами в технологических справочниках, ведомственных руководящих технологических материалах и других источниках. В этих источниках часто отсутствуют таблицы для определения операционных припусков на первый черновой переход. Операционный припуск на черновой переход определяют расчетом по формуле

$$P_1 = P_{\text{Общ}} - (P_2 + P_3 + \dots + P_n) \quad (7.5)$$

где $P_{\text{Общ}}$ — общий припуск на механическую обработку, установленный при проектировании заготовки;

$P_2; P_3; P_n$ - промежуточные припуски соответственно на 1-й, 2-й, n-й переходы.

2) расчетно-аналитическим методом по специальным формулам, с учетом многих факторов обработки. При расчете по этому методу операционные припуски получаются меньше, чем выбранные по таблицам, что позволяет экономить металл, снизить себестоимость обработки. Этот метод применяют при проектировании технологических процессов обработки деталей с большим годовым объемом выпуска. В технологической документации и в практике обработки используют промежуточные номинальные размеры с допускаемыми отклонениями. Как видно на схеме (рис. 7.2) расположения припусков и допусков при обработке, номинальные промежуточные размеры зависят от номинальных припусков, которые находят по формуле

$$P_{\text{НОМ}i} = P_{\text{МИ}Ni} + T_{i-1} \quad (7.6)$$

где T_{i-1} - допуск на промежуточный размер на предыдущем переходе.

Для различных поверхностей используют следующие формулы:

- для поверхностей вращения, кроме случая обработки в центрах:

$$2P_{\text{НОМ}i} = 2 \left(R_{zi-1} + T_{\text{ДЕФ}i-1} + \sqrt{\varrho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) + T_{i-1} \quad (7.7)$$

- для поверхностей вращения при обработке в центрах:

$$2P_{\text{НОМ}i} = 2(R_{zi-1} + T_{\text{ДЕФ}i-1} + \varrho_{i-1}) + T_{i-1} \quad (7.8)$$

- для плоских поверхностей

$$P_{НОМi} = R_{zi-1} + T_{ДЕФi-1} + \varrho_{i-1} + \varepsilon_i + T_{i-1} \quad (7.9)$$

- для двух противоположащих плоских поверхностей при одновременной их обработке:

$$2P_{НОМi} = 2(R_{zi-1} + T_{ДЕФi-1} + \varrho_{i-1} + \varepsilon_i) + T_{i-1} \quad (7.10)$$

где R_{zi-1} - высота микронеровностей на поверхности после предшествующего перехода;

$T_{ДЕФi-1}$ - толщина (глубина) дефектного слоя, полученная на предшествующем смежном переходе, например, литейная корка, обезуглероженный или наклепанный слой (это слагаемое не учитывается для чугунных деталей, начиная со второго перехода, и для деталей после термообработки;

ϱ_{i-1} — суммарное значение пространственных отклонений взаимосвязанных поверхностей от правильной формы (коробление, эксцентричность и др.), оставшихся после выполнения предшествующего перехода (суммарное значение пространственных отклонений уменьшается с каждым следующим переходом: $\varrho_1 = 0,06\varrho_0$; $\varrho_2 = 0,05\varrho_1$; $\varrho_3 = 0,04\varrho_2$. При нежестком закреплении заготовки или инструмента, например, в качающихся или плавающих державках $\varrho_{i-1} = 0$;

ε_i - погрешность установки заготовки на станке при выполнении рассматриваемого перехода:

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_{БАЗ}^2 + \varepsilon_{ЗАКР}^2 + \varepsilon_{ПРНСП}^2} \quad (7.11)$$

где $\varepsilon_{БАЗ}$; $\varepsilon_{ЗАКР}$; $\varepsilon_{ПРНСП}$ - соответственно погрешности базирования, закрепления и приспособления (при установке в центрах $\varepsilon_i = 0$,

T_{i-1} - допуск на промежуточный размер (при определении припуска на первый черновой переход для наружных поверхностей учитывается лишь минусовая его часть, а для внутренних поверхностей - плюсовая часть допуска исходной заготовки).

Промежуточные размеры при обработке наружных поверхностей вращения (валов) устанавливаются в порядке, обратном ходу технологического процесса обработки этой поверхности, т. е. от размера готовой детали к размеру заготовки путем последовательного прибавления к наибольшему предельному размеру готовой поверхности детали (исходному расчетному размеру) припусков $P_{НОМ4}$, $P_{НОМ3}$, $P_{НОМ2}$, $P_{НОМ1}$. Допуски этих размеров устанавливаются по системе вала с полем допуска h соответствующего качества.

За исходный расчетный размер берется наибольший предельный размер готовой поверхности. Округление промежуточных размеров производится в сторону увеличения промежуточного припуска до того же знака, что и допуск этого размера.

Особенности расчета промежуточных припусков и размеров для внутренних поверхностей состоят в следующем:

а) допуски промежуточных (межоперационных) размеров устанавливаются по системе отверстия с полем допуска Y соответствующего качества;

б) номинальные размеры и номинальные припуски, на всех переходах, кроме первого, связаны зависимостью

$$P_{НОМi} = P_{МИNi} + T_{i-1} \quad (7.12)$$

а номинальный припуск для первого (чернового) перехода определяется по формуле

$$P_{НОМ1} = P_{МИN1} + T_0^+ \quad (7.13)$$

где T_0^+ - плюсовая часть допуска заготовки;

в) промежуточные размеры устанавливаются в порядке, обратном ходу выполнения технологического процесса от размера готового отверстия к размеру заготовки путем вычитания из наименьшего предельного размера готового отверстия (исходный размер) припусков $P_{НОМ3}$, $P_{НОМ2}$, $P_{НОМ1}$. Допуски их ставятся по системе отверстия с полем допуска H .

г) за исходный расчетный размер принимают наименьший предельный размер готового отверстия.

Схема полей допусков наружной поверхности детали, заготовок на всех стадиях обработки и исходной заготовки и полей припусков общего и промежуточных представлены на рис. 7.2.

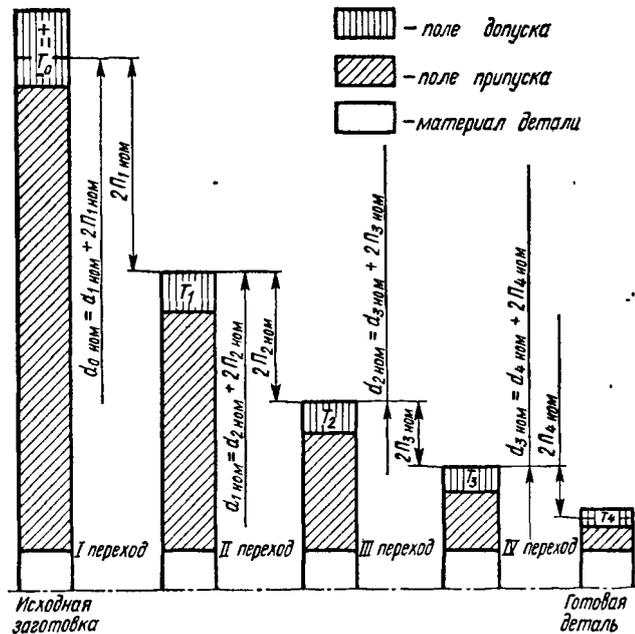


Рисунок 7.2

Выбор промежуточных припусков при обработке вала из проката и расчет промежуточных размеров

Пример 7.1

Ступенчатый вал длиной $L_d = 480$ мм (рисунок 7.3) изготавливается в условиях мелкосерийного производства из стального круглого горячекатаного проката обычной точности диаметром $d_0 = 100$ мм. Наибольшая по диаметру ступень вала $\text{Ø}90\text{h}10(90_{-0,35})$ с шероховатостью поверхности $Ra5$ ($Rz20$) обрабатывается двукратно: предварительным и окончательным точением.

Требуется: установить общий припуск на механическую обработку диаметрального размера; установить промежуточные припуски на оба перехода обработки статистическим методом; рассчитать промежуточный размер.

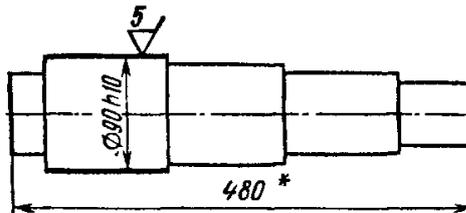


Рисунок 7.3

Решение.

1. Общий припуск на механическую обработку на диаметр определяем по формуле 7.1:

$$2P_{\text{общ}} d = d_0 - d_d = 100 - 90 = 10 \text{ мм}$$

2. Промежуточный припуск на диаметр при чистовом точении вала равен

$$2\Pi_{2\text{ТАБЛ}} = 1,2 \text{ мм.}$$

Для мелкосерийного характера производства припуск увеличивается, для чего вводится коэффициент $K = 1,3$, т. е. $2\Pi_{2\text{РАСЧ}} = 1,2 \cdot 1,3 = 1,56 \text{ мм} \approx 1,6 \text{ мм}$.

Так как указания относительно размера операционного припуска на диаметр при черновом точении в технологических справочниках отсутствуют, определяем его расчетом, используя формулу (7.4):

$$2\Pi_1 = 2\Pi_{\text{ОБЩд}} - 2\Pi_{2\text{РАСЧ}} = 10 - 1,6 = 8,4 \text{ мм}$$

Итак, исходный расчетный размер диаметра (наибольший предельный размер) равен $d_{\text{ИСХ}} = 90 \text{ мм}$, операционный припуск на чистовое точение $2\Pi_2 = 1,6 \text{ мм}$. Диаметр заготовки после черного точения равен $d_1 = d_{\text{ИСХ}} + 2\Pi_2 = 90 + 1,6 = 91,6 \text{ мм}$; он же с допуском: $d_1 = 91,6h12$, шероховатость поверхности $Ra20$.

В технологической документации выполняются операционные эскизы на оба перехода (рисунок 7.4, а, б).

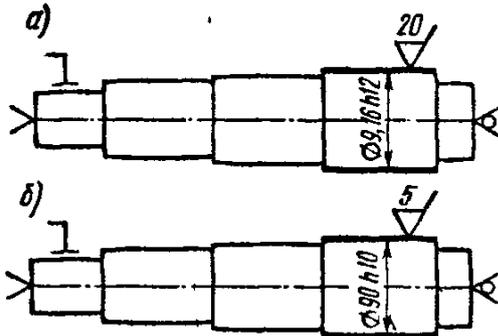


Рисунок 7.4

Задача 7.1

Для изготовления ступенчатого вала (рисунок 7.5) в качестве заготовки использован горячекатаный стальной круглый прокат обычной точности диаметром d_0 . Наибольшая по диаметру ступень этого вала диаметром d_0 , изготавливаемая с точностью по 11-му качеству и шероховатостью поверхности $Ra10$, обрабатывается дважды предварительным и окончательным точением. Варианты задачи приведены в таблице 7.1.

Требуется: установить с помощью таблиц общий и промежуточный припуски; рассчитать промежуточный размер и выполнить операционные эскизы.

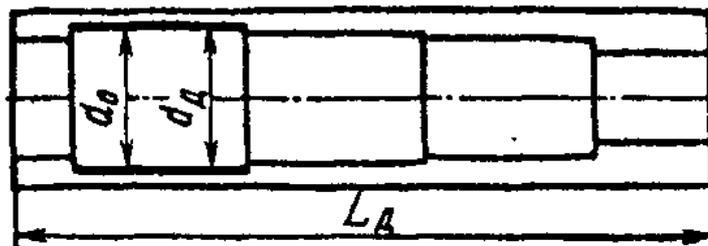


Рисунок 7.5

Таблица 7.1

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_d , мм	75h11	85a11	65b11	95a11	60d11	95d11	70a11	90h11	80d11	55h11

d_0 , мм	80	95	70	105	65	100	75	95	90	60
L_d , мм	430	460	320	450	325	400	400	420	450	300

Установление статистическим методом (по таблицам) промежуточных припусков на каждый переход и расчет промежуточных размеров заготовки

Пример 7.2.

Многоступенчатый вал (рисунок 7.6) изготавливается из штампованной поковки повышенной точности (I класс). Заготовка прошла фрезерно-центровальную обработку, в результате которой были подрезаны торцы и созданы центровые отверстия.

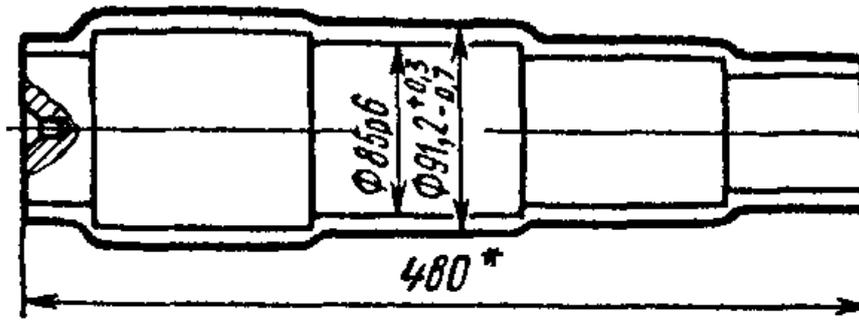


Рисунок 7.6

Наружная цилиндрическая поверхность одной ступени вала имеет диаметр $d_a = 85p6(85^{+0,059}_{+0,037})$ с шероховатостью $R_a 1,25$. Ступень исходной заготовки (см. пример 5.3) имеет диаметр $d_0 = 91,2^{+1,3}_{-0,7}$ и шероховатость $R_z250 (R_a60)$.

Принятая последовательность обработки указанной поверхности приведена в таблице 7.2.

Требуется: провести анализ исходных данных; установить статистическим методом (по таблицам) операционные припуски на каждый переход; рассчитать промежуточные размеры для выполнения каждого технологического перехода.

Таблица 7.2

Последовательность обработки (содержание перехода)	Квалитет точности	Параметр шероховатости мкм
Точить поверхность предварительно	12...14	20,0
Точить поверхность под шлифование	10...11	5,0
Шлифовать поверхность предварительно	8...9	2,5
Шлифовать поверхность окончательно	6	1,25

Решение

1. Общий припуск на механическую обработку на диаметр составляет 6,2 мм. Коэффициент ужесточения размера обрабатываемой поверхности составляет

$$K_{ужест.р} = \frac{T_0}{T_d} = \frac{2000}{22} = 91$$

Заметим, что допускаемое отклонение диаметра исходной заготовки соответствует примерно 16-му квалитету точности (JT16), а готовой детали - 6-му квалитету точности (JT6). Таким образом, точность при обработке увеличивается примерно на десять квалитетов. Такой перепад точности можно достичь за четыре этапа обработки, так как каждый этап обработки увеличивает точность размера в среднем на 2...3 квалитета.

2. Выбор операционных припусков на диаметр выполняем по таблицам [15].

Общий припуск $2P_{\text{Общ}} = 6,2$ мм. Табличное значение операционного припуска на диаметр при шлифовании составляет 0,5 мм, распределяем его на шлифование предварительное и окончательное (примерно в отношении 3:1) и получаем $2P_3 = 0,375$ мм и $2P_4 = 0,125$ мм. Округленно принимаем $2P_3 = 0,4$ мм; $2P_3 = 0,1$ мм. Припуск на точение под шлифование $2P_2 = 1,2$ мм. Отсюда находим припуск на черновое точение:

$$2P_1 = 2P_{\text{Общ}} - 2P_2 - 2P_3 - 2P_4 = 6,2 \text{ мм} - 1,2 - 0,4 - 0,1 = 4,5 \text{ мм}$$

Параметры поверхности после механической обработки для каждого перехода представлены в таблице 7.3.

Таблица 7.3

№ перехода	Обозначение и размер промежуточного припуска на диаметр	Поле допуска	Допустимое отклонение размера, мм	Шероховатость поверхности, мкм
0	$2P_{\text{Общ}} = 6,2$ мм	16JT	+ 1.3 - 0.7	Ra60 (Rz250)
1	$2P_1 = 4,5$ мм	h13	0 - 0,54	Ra20
2	$2P_2 = 1,5$ мм	h10	0 - 0,14	Ra5,0
3	$2P_3 = 0,4$ мм	h8	0 - 0,054	Ra2,5
4	$2P_4 = 0,1$ мм	p6	+ 0,059 + 0,037	Ra1,25

По данным таблице 7.3 можно сделать следующие выводы:

а) общий припуск делится по переходам в отношении 72,5%, 19,5%, 6,5% и 1,5%, что соответствует правилам технологии механической обработки;

б) после каждого перехода точность повышается в такой последовательности (по квалитетам): 16-13-10-8-6 и соответственно допуск размера уменьшается (происходит ужесточение допуска) в 4,3; 3,8; 2,6 и 2,1 раза;

в) после каждого перехода происходит уменьшение параметров шероховатости сначала в 3...4 раза, а затем в 2 раза.

3. Расчет промежуточных размеров для выполнения каждого технологического перехода ведется по методике, изложенной в начале в раздела 7. Его результаты сведены в табл. 7.4.

Таблица 7.4

№ перехода	Содержание перехода и размер после рассматриваемого перехода	Расчет величины	Промежуточный размер с допуском	Шероховатость, мкм
4	Шлифовать поверхность окончательно Диаметр готовой поверхности ступени Исходный расчетный размер (для наружных поверхностей - наибольший предельный)	$d_4 = d_{\text{ЧЕРТ}}$ $d_{\text{ИСК}} = 85,059$	$d_4 = 85p6 (85^{+0,059}_{+0,037})$	Ra1,25

3	Шлифовать поверхность предварительно	$d_3 = d_{\text{исх}} + 2\Pi_4$ $= 85,059 + 0,1 =$ $= 85,159 \text{ мм}$	$d_3 = 85,159h8$ $(85,159_{-0,054})$	Ra2,5
2	Точить поверхность получисто (под шлифование)	$d_2 = d_3 + 2\Pi_3$ $= 85,159 + 0,4 =$ $= 85,559 \text{ мм}$	$d_2 = 85,559h10$ $(85,559_{-0,14})$	Ra5,0
1	Точить поверхность на черنو	$d_1 = d_2 + 2\Pi_2$ $= 85,559 + 1,2 =$ $= 86,76 \text{ мм}$	$d_1 = 86,76h13$ $(86,76_{-0,54})$	Ra20
0	Диаметр поверхности исходной заготовки (поковки)	$d_0 = d_1 + 2\Pi_1$ $= 86,76 + 4,5 =$ $= 91,2 \text{ мм}$	$d_0 = 91,2h16$ $(91,2_{-0,7}^{+1,3})$	Ra80

4. Операционные эскизы для каждого перехода представлены на рисунке 7.7, а, б, в.

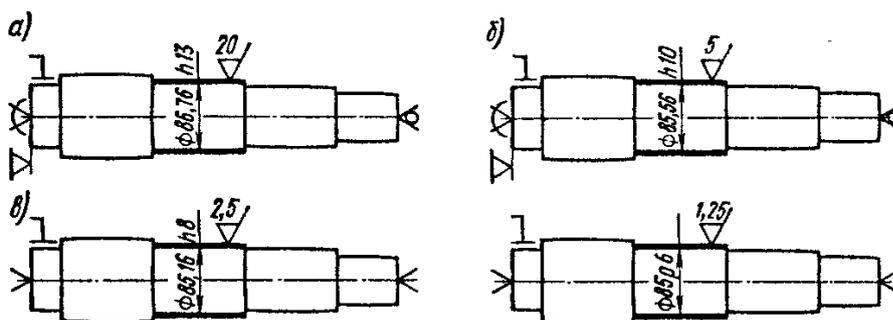


Рисунок 7.7

Задача 7.2

Четырехступенчатый вал изготавливается из штампованной поковки повышенной точности (I класс). У этой заготовки подрезаны и зацентрированы торцы (рисунок 7.8). Наружная цилиндрическая поверхность одной ступени вала имеет диаметр d_d с шероховатостью Ra1,25. Ступень исходной заготовки имеет диаметр d_0 и ее шероховатость Ra60 (Rz250).

Заготовку обрабатывают в такой последовательности:

1. Точить предварительно (поле допуска $h11 \dots h12$, Ra20).
2. Точить получисто (поле допуска $h11 \dots h10$, Ra5).
3. Шлифовать предварительно (поле допуска $h9 \dots h8$, Ra 2,5).
4. Шлифовать окончательно (поле допуска JT6, Ra1,25).

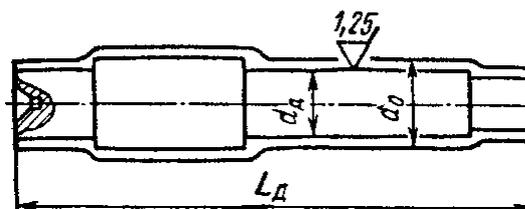


Рисунок 7.8

Требуется: выбрать операционные припуски; рассчитать промежуточные размеры для выполнения каждого из четырех переходов; выполнить операционные эскизы (варианты заданий приведены в табл. 7.5).

Таблица 7.5

№ варианта	Диаметр поверхности детали d_d , мм	Диаметр поверхности заготовки d_0 , мм	Длина заготовки L , мм	№ варианта	Диаметр поверхности детали d_d , мм	Диаметр поверхности заготовки d_0 , мм	Длина заготовки L , мм
1	45m6	$51^{+1.3}_{-0.7}$	430h11	6	75d6	$82.4^{+1.7}_{-0.8}$	425h11
2	55g6	$61.2^{+1.3}_{-0.7}$	460h11	7	50k6	$55.8^{+1.2}_{-0.6}$	400h11
3	55m6	$60^{+1.0}_{-0.6}$	320h11	8	70e8	$76.8^{+1.5}_{-0.7}$	420h11
4	65f7	$71.2^{+1.3}_{-0.7}$	450h11	9	50h6	$56.2^{+1.3}_{-0.7}$	450h11
5	30n6	$34.8^{+1.0}_{-0.5}$	325h11	10	40e9	$44.4^{+1.0}_{-0.4}$	300h11

Определение промежуточных припусков расчетно-аналитическим методом и расчет промежуточных размеров

Пример 7.3

Ступенчатый вал (см. рисунок 7.8) в условиях крупносерийного производства изготавливается из штампованной поковки I класса точности.

Масса заготовки $m_0 = 23$ кг; диаметр рассматриваемой поверхности исходной заготовки $d_0 = 91.2^{+1.3}_{-0.7}$ мм шероховатость ее R250; допуски: на смещение штампа $e_{CM} = 0.9$ мм; на коробление — $e_{КОР} = 0.5$ мм (половина допуска на биение). Остальные данные имеются в примерах 5.3 и 7.2.

Требуется для средней ступени диаметром $d_d = 85p6(85^{+0,059}_{+0,037})$, имеющей шероховатость Ra1,25, определить промежуточные припуски на все переходы расчетно-аналитическим методом.

Решение

1. Сбор дополнительных исходных данных для выполнения расчета промежуточных припусков производится по литературе [10; 21, Т. 1]; допуски на промежуточные размеры - по СТ СЭВ 144-75. Последовательность обработки, число переходов и достигаемые результаты по точности и шероховатости такие же, как в примере 7.2.

Расчет отклонений формы штамповки, подготовленной к токарной обработке (подрезаны торцы и выполнена зацентровка) производится по формуле

$$e_0 = \sqrt{e_{CM}^2 + e_{КОР}^2 + e_{Ц}^2}$$

В нашем случае $e_{Ц} = 0,25 \sqrt{T_{0кш}^2 + 1}$, где $T_{0кш} = 2$ мм — допуск на диаметр крайних ступеней штамповки, т. е. $e_{Ц} = 0,56$ мм.

Отсюда

$$e_0 = \sqrt{0,9^2 + 0,5^2 + 0,56^2} = 1,172 \text{ мм} = 1172 \text{ мкм}$$

Пространственные отклонения заготовки в ходе обработки уменьшаются: $e_1 = 0,06 \cdot e_0 = 0,06 \cdot 1172 = 70$ мкм; $e_2 = 0,05 \cdot e_1 = 0,05 \cdot 70 = 3,5$ мкм; $e_3 = e_4 = 0$ мкм. Все исходные данные сведены в таблице 7.6.

2. Расчет номинальных операционных припусков производим по формуле (7.8). Номинальный промежуточный припуск на диаметр на черновое точение равен

$$2\Pi_{НОМ} = 2(250 + 250 + 1172) + 700 = 4044 \text{ мкм.}$$

Номинальные припуски на диаметр на остальные три перехода по обработке этой же поверхности составят:

$$2\Pi_{\text{НОМ}2} = 2(80 + 50 + 70) + 540 = 940 \text{ мкм};$$

$$2\Pi_{\text{НОМ}3} = 2(20 + 25 + 3,5) + 140 = 237 \text{ мкм};$$

$$2\Pi_{\text{НОМ}1} = 2(10 + 20 + 54) = 114 \text{ мкм}.$$

Таблица 7.6

№ пере-хода	Вид обработки и способ закрепления заготовки	Ква-литет точ-ности	Числовые значения величин				
			шеро-хова-тость	толщина дефектно-го слоя, мкм	суммарное простран-ственное от-клонение, мкм	погрешность установки, мкм	допуски, мкм
0	Исходная заготовка	IT16	Ra60	250	1172	-	+1300 -700
1	Точение черновое, установка в центрах	h13	Ra20	50	70	0	0 -540
2	Точение получисто-вое, установка в центрах	h10	Ra5	25	3,5	0	0 -140
3	Шлифование пред-варительное, уста-новка в центрах	h8	Ra2,5	2.0	0	0	0 -54
4	Шлифование окон-чательное, уста-новка в центрах	p6	Ra1,25	1,5	0	0	+59 +37

3. Расчет промежуточных номинальных размеров с допусками и обозначениями параметров шероховатости, необходимый для исполнения детали, ведут от расчетного размера ступени - наибольшего предельного размера готовой детали - последовательно прибавляя к нему значения номинальных припусков ($2\Pi_{\text{НОМ}i}$) в порядке, обратном ходу технологического процесса. Округление промежуточных размеров производится в сторону увеличения припусков до той же значащей цифры, как в допуске промежуточного размера (таблица 7.7).

Таблица 7.7

Определяемая величина	Обозначение величины	Числовое значение	Шерохова-тость
Размер поверхности готовой детали	$d_{\text{ЧЕРТ}}$	$85p6(85^{+0,059}_{+0,037})$	Ra1,25
Исходный расчетный размер (наибольший предельный размер наружной поверхности)	$d_{\text{ИСХ}}$	85,059	-
Номинальный припуск на диаметр при чистовом шлифовании	$2\Pi_{\text{НОМ}4}$	0,114	-
Расчетный диаметр поверхности после получистового шлифования $d_{\text{РАСЧ}3} = d_{\text{ИСХ}} + 2\Pi_{\text{НОМ}4}$	$d_{\text{РАСЧ}3}$	$85,173h8 (85.173_{-0,05})$	Ra2,5
Округленный диаметр после получистового шлифования	d_3	$85,173h8$	-
Номинальный припуск на диаметр при предварительном шлифовании	$2\Pi_{\text{НОМ}3}$	0,237	-

Расчетный диаметр поверхности после полуцистического точения $d_{РАСЧ2} = d_3 + 2\Pi_{НОМ3}$	$d_{РАСЧ2}$	85,41h10 (85,41 _{-0,14})	Ra5
Диаметр после полуцистического точения (округленный)	d_2	85,41h10	-
Номинальный припуск на диаметр при полуцистическом точении	$2\Pi_{НОМ2}$	0,94	-
Расчетный диаметр после черногого точения $d_{РАСЧ1} = d_2 + 2\Pi_{НОМ2}$	$d_{РАСЧ1}$	86,35h13 (86,35 _{-0,54})	Ra20
Диаметр после черногого точения (округленный)	d_1	86,35h13	-
Номинальный припуск на диаметр при черновом точении	$2\Pi_{НОМ1}$	4,044	-
Расчетный диаметр заготовки $d_{РАСЧ0} = d_1 + 2\Pi_{НОМ1}$	$d_{РАСЧ0}$	90,394 ^{+1,3} _{-0,7}	Ra60 Rz250
Диаметр заготовки с допуском (округленный)	d_0	90,4 ^{+1,3} _{-0,7}	-

4. Общий припуск на механическую обработку этой поверхности составит:

$$2\Pi_{ОБЩd} = 4044 + 940 + 237 + 114 = 5335 \text{ мкм.}$$

При определении операционных припусков расчетно-аналитическим методом диаметр заготовки может быть принят $85 + 5,335 = 90,4$ мм вместо 91,2, как это было рассчитано при проектировании штамповки (см. пример 5.3). Экономия составит по диаметру 0,8 мм, по массе - около 0,5 кг, или 2,5% массы исходной заготовки. Отсюда вытекает, что использование расчетно-аналитического метода открывает в ряде случаев возможность значительной экономии металла заготовок, чем при расчете по табличному методу.

Задача 7.3

Четырехступенчатый вал изготавливается из штампованной поковки повышенной точности (I класс).

Требуется для ступени этого вала, имеющей диаметр d_d с шероховатостью Ra1,25 определить промежуточные припуски на все переходы расчетно-аналитическим способом.

Исходные данные для решения задачи по вариантам даны в таблицах 5.3; 7.6; 7.8 и на рисунке 5.4. Задачу выполнять в объеме примера 7.3.

№ варианта	Масса заготовки m_0 , кг	Погрешность заготовки		Диаметр ступени готовой детали d_d , мм	№ варианта	Масса заготовки m_0 , кг	Погрешность заготовки		Диаметр ступени готовой детали d_d , мм
		по смещению $Q_{СМ}$, мм	по короблению, $Q_{КОР}$, мм				по смещению $Q_{СМ}$, мм	по короблению, $Q_{КОР}$, мм	
1	7,9	1,2	0,8	45m6	6	23,2	1,4	0,8	75d8
2	13,7	1,3	0,8	55g6	7	5,9	1,1	0,8	40k6
3	5,1	1,1	0,6	35m6	8	18,3	1,4	0,8	70e8
4	13,7	1,3	0,8	65f7	9	11,9	1,3	0,8	50h6
5	3,0	1,0	0,7	30n6	10	2,4	0,8	0,7	25f7

8 ПОРЯДОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Разработка технологического процесса изготовления детали представляет собой комплекс взаимосвязанных работ, включающих: выбор исходной заготовки; выбор технологических баз; подбор типового технологического процесса; определение последовательности и содержания технологических операций; определение и выбор средств технологического оснащения и средств автоматизации и механизации, составление заказов на них; назначение и расчет режимов обработки; нормирование процесса; определение профессий и квалификации исполнителей; организацию производственных участков, выбор средств внутрицехового транспорта; планировку производственных участков с разработкой операций перемещения изделий и отходов; оформление технологической документации на весь технологический процесс.

Важное место в технологии машиностроения занимают групповые технологические процессы. Они предназначены для совместного изготовления группы изделий различной конфигурации. Целью разработки группового процесса является применение методов и средств крупносерийного и массового производства в условиях единичного, мелкосерийного и серийного производства. Для этого еще до разработки технологического процесса производят группирование деталей по технологическому подобию, а потом разрабатывают деталь-представитель.

Типовой технологический процесс является схематическим общим процессом изготовления совокупности деталей одного класса, имеющих общий план обработки основных поверхностей с применением однородных операций. На основе типовых процессов разрабатываются наивыгоднейшие рабочие технологические процессы для конкретной детали.

Типизация технологических процессов имеет в своей основе конструкторскую и технологическую классификации деталей с помощью специальных кодов. Код включает в себе характеристику конструкторских и технологических особенностей детали. При кодировании пользуются конструкторскими и технологическими классификаторами деталей [9; 26].

Установление конструкторского кода детали

Пример 8.1.

Установить конструкторский код и классификационную характеристику детали - вала (см. рисунок 5.2).

Решение.

Вал относится к общемашиностроительным деталям и является телом вращения и поэтому ее относим к классу 40 «Детали общемашиностроительного применения — тела вращения» (код 40).

Подкласс и группу детали устанавливаем сопоставляя ее чертеж и эскизы типовых представителей. Деталь имеет длину $L = 480$ мм, наибольший диаметр $d = 90$ мм и так как $L > 2d$, то относим ее к подклассу валов (код 1). Она имеет наружные цилиндрические поверхности с двусторонними уступами и не имеет наружной резьбы и поэтому соответствует группе 5 (код 5) [9].

Пользуясь классификационной сеткой группы 40 15 [9, с. 11], устанавливаем, что так как вал не имеет центрального отверстия, закрытых уступов, пазов, лысок, граней на наружной поверхности и дополнительных отверстий, то подгруппа и вид имеют классификационную характеристику 11 (код 11).

Конструкторский код детали целиком записывается в виде: АБВГ. 40 1511. XXX, где АБВГ (здесь условно) — обозначение кода организации — разработчика, XXX (также условно) — регистрационный номер детали.

Задача 8.1

Установить конструкторский код и изложить классификационную характеристику детали (варианты приведены на рисунке 8.1 и в таблице 8.1).

Таблица 8.1 Варианты заданий к задаче 8.1

№ варианта	1, 2	3, 4	5, 6	7, 8	9, 10
Наименование детали	Корпус круглый	Рычаг с хомутом	Крышка	Рычаг	Шкив

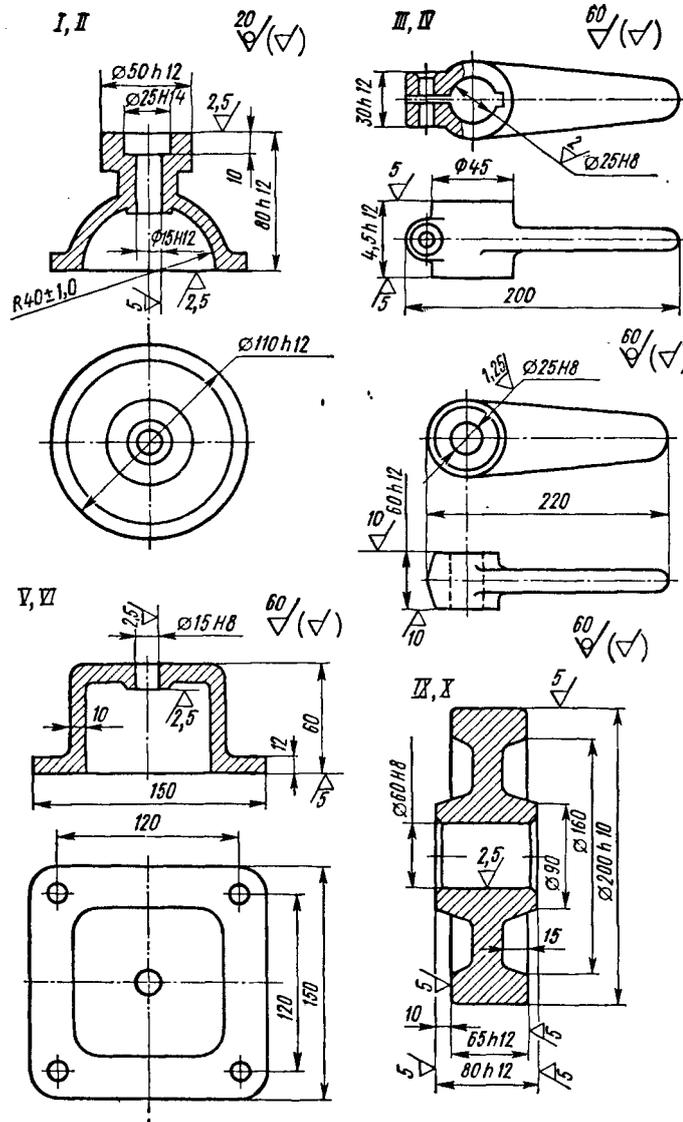


Рисунок 8.1 Варианты заданий к задаче 8.1

Установление технологического кода детали

Пример 8.2

Установить технологический код и классификационную характеристику детали — вала (см. рисунок 5.2). Дополнительные данные о детали следующие: материал - сталь 45 ГОСТ 1050-74; вид детали по технологическому процессу - обрабатываемая резанием; исходная заготовка - штампованная горячая некалиброванная поковка; термообработка (улучшение) производится перед механической обработкой до твердости HRC22...26; масса 19 кг. Конструкторский код детали АБВГ. 40 1511.XXX.

Решение.

Технологический код детали устанавливается по литературе [26] (далее в примере ссылки относятся к этому источнику).

Код размерной характеристики детали устанавливается по таблице 0.1.1. Он имеет три знака. С учетом ее габаритных размеров и ввиду отсутствия центрального отверстия код размерной характеристики будет 9A0.

Код группы материала (таблица 0.2) имеет два знака. Углеродистой конструкционной стали марки 45 соответствует код 02.

Код вида детали по технологическому процессу имеет один знак. Виду «детали, обрабатываемые резанием» (таблица 0.3) соответствует цифра 4.

Первая постоянная часть технологического кода (основные признаки технологической классификации детали), таким образом, имеет вид 9A0024.

Код вида заготовки имеет два знака. Код поковки штампованной некалиброванной (таблица 5.1) - 24.

Код качества точности наружных и внутренних размеров (таблица 4.2) имеет 2 знака. При точности наружных поверхностей по 6-му качеству и отсутствию отверстий кодами соответственно будут цифры 2 и 0.

Код шероховатости наружной поверхности (таблица 4.3) имеет один знак. При шероховатости $Ra=0,63$ мкм код - 4.

Код характеристики элементов зубчатого зацепления (таблица 4.4) имеет один знак. У заданной детали зубчатое зацепление отсутствует, и присущий коду знак будет 0.

Код характеристики термической обработки (таблица 4.5) имеет один знак. Для заданных условий код - 1.

Код весовой характеристики (таблица 4.6) имеет один знак. При массе детали 19,2 кг он обозначается буквой Д.

Итак, вторая часть технологического кода, группирующая признаки детали, обозначается 2423401Д.

Полный конструкторско-технологический код детали, рассматриваемой в примерах 8.2, 8.3 и представленной на рисунке 5.2, выглядит так:

АБВГ. 40 1511. ХХХ. 9A0024. 2423401Д.

Задача 8.2.

Для проектирования технологического процесса изготовления детали методами резания задана деталь (варианты по примеру 8.1). Дополнительные данные о детали (по вариантам) приведены в таблице 8.2.

Требуется установить технологический код детали и технологическую классификационную характеристику ее и составить полный конструкторско-технологический код детали.

Таблица 8.2 Варианты заданий к задаче 8.2

№ варианта	Материал детали	Исходная заготовка	Термообработка	Масса, кг
1	Чугун СЧ15	Отливка по выплавляемой модели	-	4,3
2	Алюминий АЛ9	Отливка под давлением	-	1,3
3	Сталь 45	Поковка штампованная	HRC30	0,9
4	Чугун КЧ30	Отливка по выплавляемой модели	-	6,9
5	Чугун СЧ18	Отливка в земляную форму	-	4,2
6	Алюминий АЛ9	Отливка под давлением	-	1,25
7	Сталь 40Х	Поковка штампованная	HRC30	2,8
8	Чугун КЧ33	Отливка в земляную форму	-	2,8
9	Чугун СЧ24	Отливка в земляную форму	-	12,5
10	Сталь 45	Поковка штампованная	HRC28	12,5

Определение количества технологических переходов при механической обработке для достижения заданной точности размера поверхности

Пример 8.4

Элементарная поверхность ступени вала диаметром 85р6 ($85_{+0,037}^{+0,059}$) изготавливается из штампованной поковки повышенной точности диаметром $\varnothing 91,2_{-0,7}^{+1,3}$.

Требуется: проанализировать исходные данные; определить количество технологических переходов для достижения заданной точности размера рассматриваемой ступени; установить точность промежуточных размеров.

Решение.

1. При анализе устанавливаем, что в процессе механической обработки рассматриваемой поверхности допуск размера диаметра исходной заготовки $T_{d_0} = 2$ мм уменьшается до допуска размера диаметра детали $T_{d_A} = 0,022$ мм (соответственно возрастает точность размера). При этом общий коэффициент ужесточения точности размера вычисляется по формуле

$$K_{\text{уж.р.общ}} = \frac{T_{d_0}}{T_{d_A}} = \frac{2}{0,022} = 90.$$

2. Количество потребных технологических переходов определяется по формуле

$$n = \frac{\lg K_{\text{уж.р.общ}}}{0,46} = \frac{\lg 90}{0,46} = 4,2$$

Принимаем $n = 4$.

3. Допуск размера диаметра заготовки $T_{d_0} = 2$ мм соответствует примерно, 16-му качеству точности, а допуск размера детали - 6-му качеству. Следовательно, точность повышается на $16 - 6 = 10$ квалификаций. По принятым четырем технологическим переходам распределяем его по закону прогрессивного убывания: $10 = 4 + 3 + 2 + 1$. Точность промежуточных размеров заготовки в процессе механической обработки будет соответствовать:

после 1-го перехода - 12-му качеству (h12);

после 2-го перехода - 9-му качеству (h9);

после 3-го перехода - 7-му качеству (h7);

после 4-го перехода - 6-му качеству (р6);

Задача 8.4. Элементарная наружная поверхность вращения детали диаметром d_d изготавливается из заготовки, имеющей диаметр d_0 .

Требуется установить количество технологических переходов для осуществления обработки этой поверхности и изменение точности промежуточных размеров по переходам. Варианты даны в таблице 8.5.

Таблица 8.5

№ варианта	Вид исходной заготовки	Диаметр исходной заготовки d_0 , мм	Диаметр детали d_d , мм
1	Поковка на радиально-ковочной машине	48js13	46n6
2	Литье в оболочковую форму	73js11	70f7
3	Литье	90±0.6	85s6
4	Поковка штампованная	81.2$_{-1,1}^{+2,1}$	75k6
5	Литье по выплавляемой модели	35js10	33m7
6	Литье	150±1	142e8
7	Прокат горячекатаный стальной	90$_{-1,3}^{+0,5}$	85r6
8	Поковка свободнойковки	184±3	160g6

9	Прокат калиброванный	56h10	55f7
10	Литье в кокиль	49js14	45n6

Выбор технологического оснащения при проектировании токарной операции и оформление операционной карты

Пример 8.5

Для условий серийного производства проектируется операция обработки ступенчатого вала (конструкторский код детали 40 1311.XXX) из горячекатаного проката, для которой разработан технологический операционный эскиз (рисунок 8.2).

Требуется произвести обоснованный выбор технологического оснащения для этой операции.

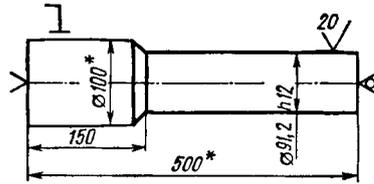


Рисунок 8.2

Решение.

1. Как следует из операционного эскиза, для рассматриваемой операции (заготовка установлена в центрах) требуется токарный станок, допускающий обработку над нижней частью суппорта заготовок диаметром $d_{\text{суп}} > 100$ мм и с расстоянием между центрами $L_{\text{ц}} \geq 500$ мм. Пользуясь технологическими справочниками [15; 22, Т. 1] или литературой по металлорежущим станкам [11; 23], устанавливаем, что этим требованиям отвечают токарно-винторезные станки моделей 1М61 ($d_{\text{суп}} = 160$ мм; $L_{\text{ц}} = 640$ мм), 16К20 ($d_{\text{суп}} = 220$ мм; $L_{\text{ц}} = 710$ мм) и др.

Учитывая серийный тип производства, выбираем хорошо зарекомендованный себя универсальный станок модели 16К20 (код 38.1163.3108).

2. Из эскиза видно, что предстоит центровая обработка и поэтому нужен комплект приспособлений:

1) патрон токарный поводковый диаметром 400 мм по ГОСТ 2572-72 для конца шпинделя с наружной резьбой (обозначение патрона 7108.XXXX, код 39 6110.XXXX [4]);

2) хомутик поводковый для токарных работ по ГОСТ 2578-70 для $d = 80 \dots 100$ мм (обозначение 7107.XXXX [4]);

3) центр станочный упорный по ГОСТ 13214-79, конус Морзе 6 (обозначение 7032.XXXX, код 39 2844.XXXX);

4) центр станочный вращающийся по ГОСТ 8742-75, конус Морзе 5, тип А (код 39 2842.XXXX).

3. Для этой операции требуется токарный проходной отогнутый правый резец с пластинкой твердого сплава, угол $\phi = 45^\circ$ (обозначение 2102-0031 Т15К6 по ГОСТ 18877-73).

4. Для контроля размера диаметра и шероховатости обрабатываемой поверхности соответственно нужны: штангенциркуль по ГОСТ 166-80 (код 39 3311.XXXX); образцы шероховатости Ra 20 для цилиндрической поверхности (код 39 4341.XXXX).

Задача 8.5

Для условий серийного производства проектируется технологический процесс механической обработки втулки (код 40 3344.XXX), изображенной на рисунке 8.3. Процесс механической обработки детали из горячекатаного стального проката диаметром 105 мм представлен операционными эскизами (рисунок 8.4).

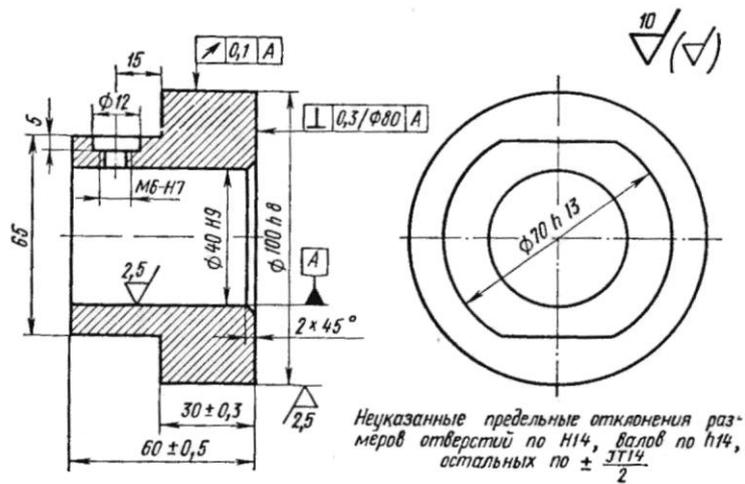


Рис. 8.3

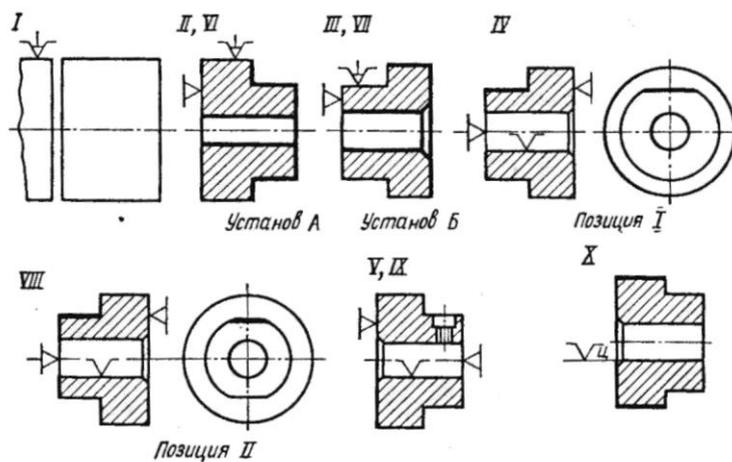


Рисунок 8.4

Требуется для заданной операции произвести выбор технологического оснащения (варианты даны на рисунке 8.4 и в таблице 8.6).

№ варианта	Наименование и содержание операции
1	Фрезерно-отрезная. Отрезать заготовку $l = 65$ мм
2, 3	Токарная. Подрезать торец $l_1 = 62,5$ мм, сверлить отверстия $D = 20$ мм, расверлить до $D_1 = 37$ мм, точить поверхность до $d = 70$ мм и подрезать торец $l_2 = 30$ мм. Операцию проводить за один установ
4, 5	Токарная. Подрезать торец до $l_1 = 60$ мм, точить до диаметра $d = 101,5$ мм, расточить отверстие до $D = 39H11$ ($39^{+0.16}$), расточить окончательно отверстие до $D_1 = 40H9$ ($40^{+0.062}$), точить фаску и точить под шлифование $d_1 = 100,4$ мм. Операцию проводить за один установ
6, 7	Вертикально-фрезерная, фрезеровать две лыски последовательно до $h = 65$ мм
8, 9	Вертикально-сверлильная. Сверлить отверстие под резьбу $D = 5$ мм, зенкеровать отверстие $D_1 = 12$ мм и нарезать резьбу М6-Н7
10	Круглошлифовальная. Шлифовать поверхность окончательно до диаметра $d = 100h8$ ($100_{-0.054}$)

9 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Для обеспечения во всех организациях и предприятиях машиностроения и приборостроения нашей страны единообразия разработки, оформления и обращения технологической документации введена Единая система технологической документации (ЕСТД), которая представляет собой комплекс Государственных стандартов.

Технологические документы бывают разных видов. Среди них: маршрутные карты (МК) - обязательный и основной документ, операционные карты (ОК), карты эскизов (КЭ), схемы наладок (СН), карты технологического процесса (КТП), карты типового технологического процесса (КТТП) и др. Большинство из них представляют текстовые документы, а КЭ и СН - графические; есть документы общего назначения (общие для различных видов работы) и специального назначения - по отдельным видам работ.

Ко всем технологическим документам предъявляются следующие общие требования. Они выполняются по формам, установленным стандартами ЕСТД. Способ заполнения — машинописный, типографский или рукописный с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм, написанных четко черным цветом. Термины, определения, обозначения и единицы физических величин должны соответствовать стандартам или рекомендациям.

К текстовым технологическим документам предъявляются такие общие требования: наименование операции выполняется согласно ГОСТ 17420-72, а содержание операций и переходов - согласно ГОСТ 3.1702-79.

Операции и переходы нумеруются арабскими цифрами в технологической последовательности. Записи их делают на каждой строке в один ряд в нижней части поля строки, но запись не должна сливаться с линиями. Между описаниями операций и переходов рекомендуется оставлять 1...2 свободные строки. Если в графе «Наименование» текст записан на нескольких строках, то записи в соседних графах производят на уровне первой строки.

К графическим технологическим документам, например КЭ, на которых помещают эскизы, схемы и таблицы, поясняющие содержание одной или нескольких операций, предъявляют такие требования: на них должны быть указаны данные, необходимые для выполнения технологического процесса - размеры, допуски, параметры шероховатости поверхностей, технические требования и др. Таблицы, схемы и технические требования размещаются на свободном поле КЭ справа или снизу от изображения. Графический материал должен обеспечить наглядность и ясность изображения обрабатываемых поверхностей. Обрабатываемые поверхности изделия обводят сплошной линией толщиной в 2 раза больше основных линий. Все обрабатываемые поверхности нумеруются арабскими цифрами, располагаемыми в окружностях диаметром 6...8 мм. Нумерацию проводят в направлении хода часовой стрелки. Для изображения опор и зажимов используют условные графические обозначения по ГОСТ 3.1107-81.

В зависимости от организации технологического процесса и типа производства устанавливают комплектность технологических документов. Каждому технологическому документу присваивается самостоятельное обозначение по ГОСТ 3.1201-74. Обозначение документа указывается в основной надписи. Оно состоит из трех частей: код организации разработчика, код характеристики документа (пять знаков) и регистрационный номер документа (пять знаков). Между группами знаков ставятся точки. Так, например, комплект технологических документов единичного технологического процесса механической обработки имеет код 01140. Отдельные документы имеют такие коды: МК-10140; КЭ-20140; ОК механической обработки - 60140; ОК контрольных операций - 60103 и др. Полная запись кода комплекта технологических документов, записываемая в графу 25 блока Б5 основной надписи всех документов комплекта, выглядит так: АБВГ. 01140.00241.

Оформление технологической документации

Пример 9.1.

В примере 8.5 рассматривалось проектирование однопереходной токарной операции обработки ступенчатого вала из горячекатаного стального проката.

Требуется произвести оформление технологической документации для этой операции.

Решение.

1. На технологический процесс механической обработки разрабатывается комплект технологических документов, часть которых перечислена ниже:

1) титульный лист комплекта документов, форма 2 по ГОСТ 3.1104-78 (номер технологического процесса - АБВГ.01140. XXXXX);

2) маршрутная карта (рисунок 9.1) технологического процесса, форма 1...6, 1а...6а по ГОСТ 3.1118-82 (номер документа - АБВГ.10140. XXXXX);

3) операционные карты (рисунок 9.2) на каждую технологическую операцию (номер карт - АБВГ.60140. XXXXX);

4) карты эскизов (номер - АБВГ.20140. XXXXX);

5) карты операционные технического контроля (номер АБВГ.60103. XXXXX).

2. Оформление операционной карты механической обработки производится путем заполнения бланка ОК, форма 1 или 2 с продолжением на форме 1а по ГОСТ 3.1404-74. При оформлении кроме упомянутых используются еще следующие коды: код операций (токарная) - 4114; код материала (сталь 45) - 08 7000. XXXX, код вида заготовки (прокат горячекатаный стальной круглый) - 09.5030. XXXX, код профессии рабочего (токар) - 18217.

В операционную карту вписываются расчетные данные ($d = 100$ мм и $l = 500$ мм), элементы режимов резания t , i , S_f , n_f , V_f и результаты технического нормирования (t_0 , $t_{всп}$).

3. Операционный эскиз размещают на карте эскизов (КЭ) формы 5 и 5а по ГОСТ 3.1105-74.

4. Основная надпись и головка маршрутной карты (МК) заполняются аналогично ОК и КЭ.

Подготовительно-заключительное время $t_{пз}$ и штучное время $t_{шт}$ указываются на одну операцию, а сумма их дает штучно-калькуляционное время $T_{шк}$.

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1															
Дубл.															
Взам.															
Подл.															
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
							АБВГ. 01140. 01272					5		1	
Разраб.					АБВГ	АБВГ. 40 1513. 123	9А0024. 2423401Д	АБВГ. 10140. 00901							
Проект.															
Нормир.															
И.контр.					Вал							А			
М 01	Круг 8100 ГОСТ 2590-71/45 ГОСТ 1050-74										ИОТ № 01-83				
М 02	Код	ЕВ	МД	ЕН	И. раск.	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры				КД	МЗ		
	08.7000. XXXX	166	19,2	1	30,6	0,627	09.50 30. XXXX	прокат круглый Ф 100 × 500				1	30		
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа						
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К шт.	Тнж.	Тшт.
А 03	М2	0,5	25	005	4280, Пило-отрезная				60240.00243; ИОТ № 86-82						
Б 04	38	1765	1303	Отрезной круглопильный, ГГБ42				18 869 2 1 1 1 160 0,65 0,1 1,6							
05															
06															
А 07	М2	05	26	010	4269, Центровально-				60240.00244; ИОТ № 29-82						
08	подрезная														
Б 09	38	1825	4502	2932-2				18 632 2 1 1 1 160 0,65 0,12 2,5							
10															
11															
А 12	М2	05	27	015	4114, Токарно-винторезная				60 140.00245; 20140.00115; ИОТ № 16-83						
Б 13	38	1163	3108	15К20				18217 3 1 1- 1 1 160 1 0,14 3,19							
14															
15															
16															
МК															

ГОСТ 3. 1404-74 ф. 1														
Дубл.														
Взам.														
Подл.														
				Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм.	Лист	№ докум.			
									АБВГ. 01140. 01272	1	1			
Разраб.				АБВГ	АБВГ. 40 1513. 123	9А0024. 2423401Д	АБВГ. 60140. 00245							
Нормир.														
Пров.														
Н.контр.				Вал				M2	05	27	015			
№ штемп.	№ уч-ка	№ операц.	Наименование операции			Наименование и марка материала		Масса дет., кг		Заготовка				
			Токарно-винторезная			Сталь 45 ГОСТ 1050-74		19,2		Профиль и размеры		Твердость	Масса, кг	
								Круг Ф100 х 50		НВ 178... 200	30,0			
К-во основн. обраб. дет.	Оборудование (наименование, модель)				Приспособление (код и наименование)	39. 8110. ХХХХ Патрон лобовко-вый		Охлаждение						
	1	Токарно-винторезный, 16К20				Хомутик Ф80... 100 ГОСТ 2578-70		Змульсия						
№ п/п резцов	Содержание перехода	Инструмент (код и наименование)			Расч. размеры				Режим обработки				Т _о , мин	Т _в , мин
		вспомог.	режущий	измерит.	диаметр, мм	длина, мм	t, мм	i	S, мм/об	f, мм/мин	V _с , м/мин			
1	Установить и закрепить заготовку	39. 2844. ХХХХ	39. 2131. ХХХХ	39. 3311. ХХХХ										
		Центр упорный	Резец проходной	Штанген-										0,65
		ГОСТ 13214-79	правый Т15К6	циркуль										
2	Точить поверхность 1	39. 2842. ХХХХ	ГОСТ 18877-73		100	358	4,4	1	0,7	315	99	1,62	0,38	
3	Контроль работы	Центр вращающийся		39. 3631. ХХХХ										0,3
		ГОСТ 8742-75		Линейка l=500										
4	Снять заготовку и уложить в тару			ГОСТ 427-75										1,62
				39. 4341. ХХХХ										1,33
				Образцы шероховатости Ra 20										
OK														

Задача 9.1.

Для задачи 8.5 (см. рисунок 8.3 и 8.4 и таблицу 8.6) требуется оформить операционную карту и карту эскизов и вписать эту операцию в маршрутную карту.