



Министерство образования Республики Беларусь

**Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»**

Кафедра «Технология машиностроения»

С. А. Щербаков

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ЗАГОТОВОК

ПРАКТИКУМ

**по одноименной дисциплине для студентов
специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения»
и 1-53 01 01 «Автоматизация технологических
процессов и производств (по направлениям)»
дневной и заочной форм обучения**

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2019

УДК 62-412(075.8)
ББК 34.6я73
Щ61

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 9 от 07.05.2018 г.)*

Рецензент: доц. каф. «Металлургия и технологии обработки металлов» ГГТУ им. П. О. Сухого
канд. техн. наук, доц. *И. Б. Одарченко*

Щербаков, С. А.

Щ61 Проектирование и производство заготовок : практикум по одной дисциплине для студентов специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения» и 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств (по направлениям)» днев. и заоч. форм обучения / С. А. Щербаков. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. – 54 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-535-416-2.

Представлены типовые задачи для проектирования мерных заготовок, отливок и поковок и примеры определения припусков и допусков.

Для студентов специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения» и 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств (по направлениям)» дневной и заочной форм обучения.

**УДК 62-412(075.8)
ББК 34.6я73**

ISBN 978-985-535-416-2

© Щербаков С. А., 2019
© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2019

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемый практикум предназначен для формирования знаний, умений их применения и навыков решения типовых задач по дисциплине «Проектирование и производство заготовок». Основной теоретический объем учебной информации, необходимой для пользования практикумом, изложен в курсе лекций [1]. В учебных изданиях [2], [3], [6], [8] содержатся методические указания по использованию теоретической и нормативной информации из [1] и из ГОСТов [4], [5], [7], [9], регламентирующих правила определения припусков, допусков и напусков большинства заготовок машиностроения.

В практикуме предлагаются к решению типовые задачи к некоторым теоретическим разделам курса лекций [1]. Решения этих задач сформируют навыки решения задач проектирования мерных заготовок, поковок и отливок при выполнении курсовых и дипломных проектов по технологии машиностроения.

В практикуме также представлены примеры определения:

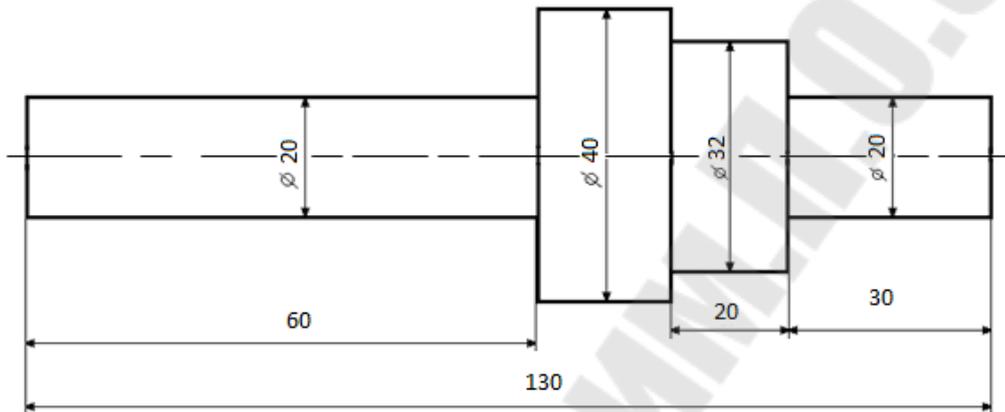
- припусков и допусков для поковки 5-й группы по [7];
- размеров исходных заготовок для поковок 1-й, 5-й и 6-й групп поковок по [7];
- операционных размеров и эскизов для технологических процессовковки вышеперечисленных поковок;
- допусков, припусков и формовочных уклонов для отливки, получаемой литьем в песчано-глинистую форму.

Предложенные примеры будут полезны при решении практических задач проектирования поковок и отливок при выполнении курсовых и дипломных проектов по технологии машиностроения и профессиональных задач в проектных организациях и на производстве.

Тема 1. Типовые задачи, решаемые при проектировании мерных заготовок

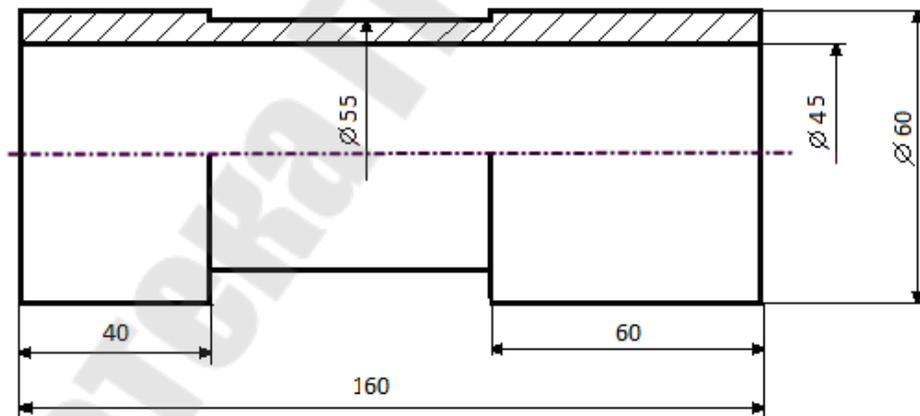
Задача 1.1

Определить размеры исходной (мерной) заготовки для детали, изображенной на эскизе, из сортового проката. Общие припуски на все диаметры – 6 мм; на торцы – 4 мм.



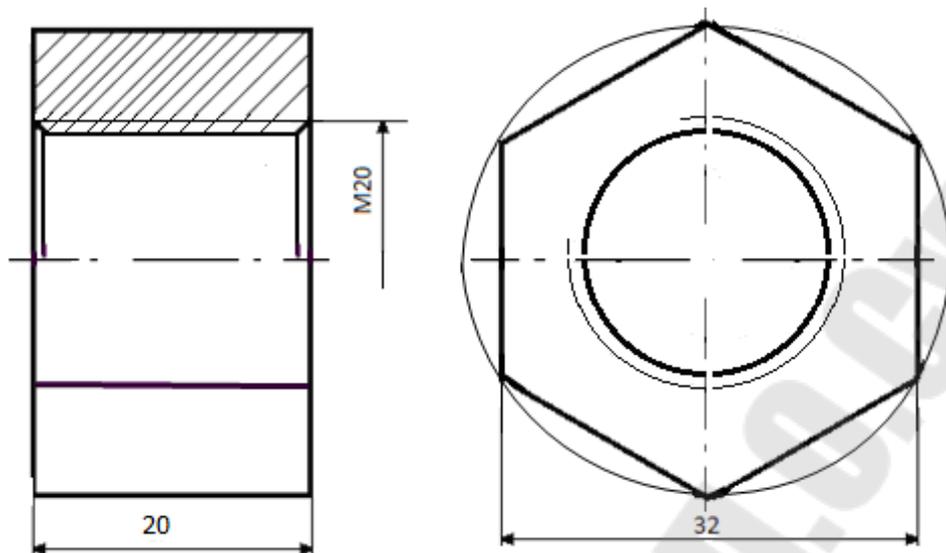
Задача 1.2

Подобрать мерную заготовку из проката для детали, изображенной на эскизе.



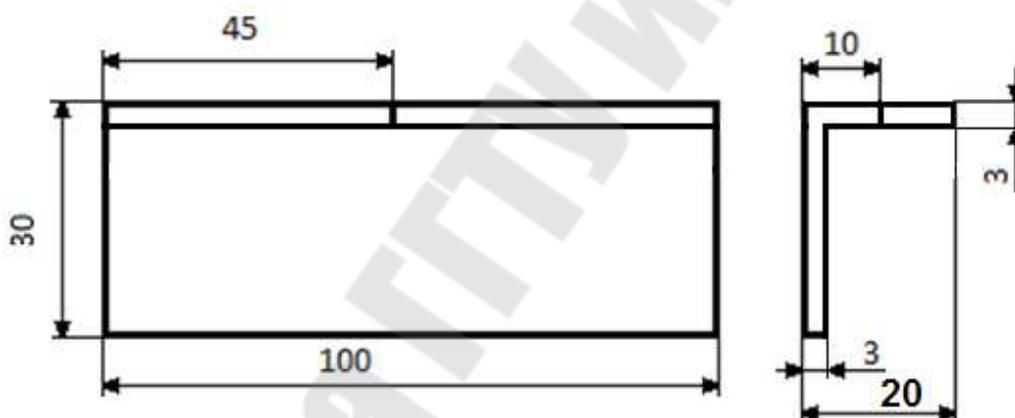
Задача 1.3

Определить размеры и начертить эскиз исходной мерной заготовки для детали, изображенной на эскизе, из круглого проката. Общий припуск на торцы – 5 мм.



Задача 1.4

Начертить эскиз исходной заготовки из уголка равнополочного (ГОСТ 8509–72) для детали, изображенной на эскизе.



Задача 1.5

Определить размеры и начертить эскиз исходной мерной заготовки для детали, изображенной на рис. П.1.1 в приложении, из блюма [2, рис. 3.1].

Задача 1.6

Определить размеры и начертить эскиз исходной мерной заготовки для детали, изображенной на рис. П.1.2 в приложении.

Задача 1.7

Определить размеры и начертить эскиз исходной мерной заготовки для детали, изображенной на рис. П.1.3 в приложении.

Задача 1.8

Определить размеры и начертить эскиз исходной мерной заготовки для детали, изображенной на рис. П.1.4 в приложении.

Задача 1.9

Определить размеры и начертить эскиз исходной мерной заготовки для детали, изображенной на рис. П.1.5 в приложении.

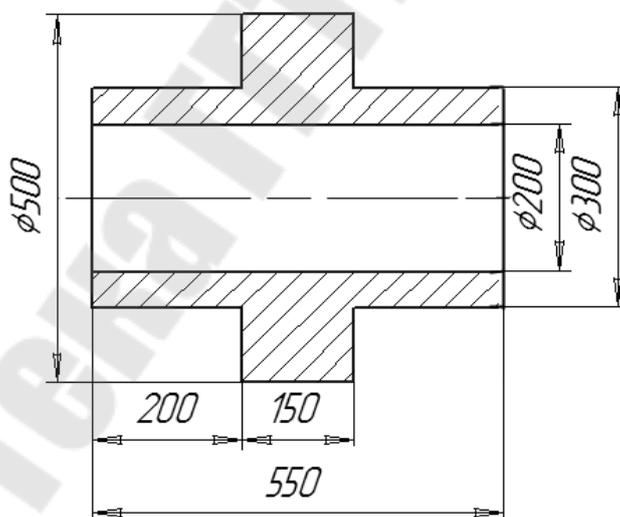
Задача 1.10

Определить размеры и начертить эскизы мерных заготовок из проката для комбинированной сварной заготовки детали, изображенной на рис. П.1.1 в приложении.

Тема 2. Типовые задачи, решаемые при проектировании кованных на молотах и прессах поковок

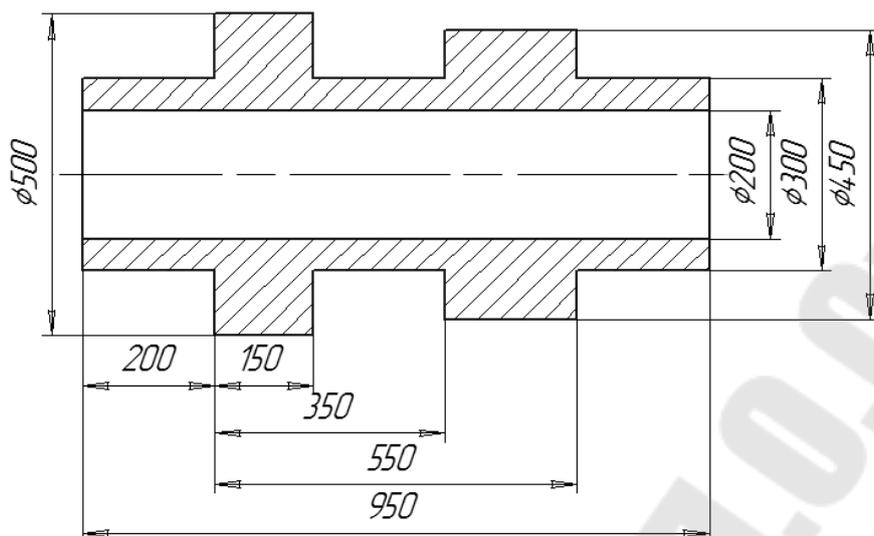
Задача 2.1

Изобразить на эскизах последовательность основных операций, необходимых для получения поковки, изображенной на эскизе, из стального слитка ковкой на прессе.



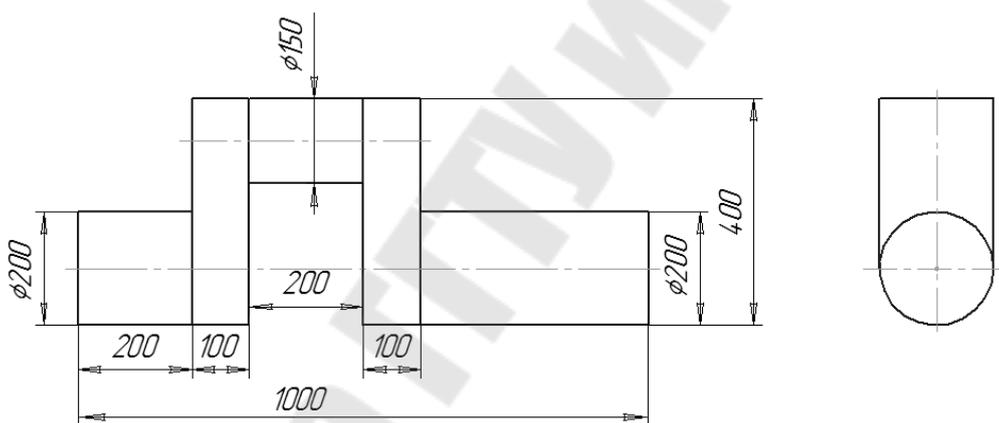
Задача 2.2

Изобразить на эскизах последовательность основных операций, необходимых для получения вала, изображенного на эскизе, из стального слитка ковкой на прессе.



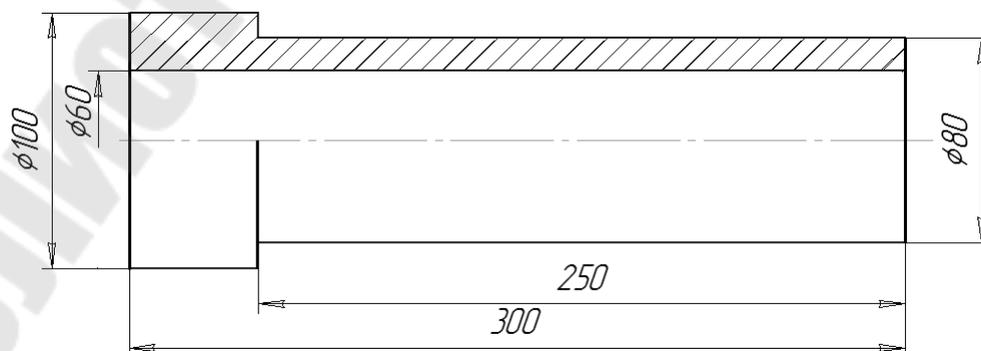
Задача 2.3

Выполнить эскизы основных операций свободной ковки колеччатого вала, изображенного на эскизе.



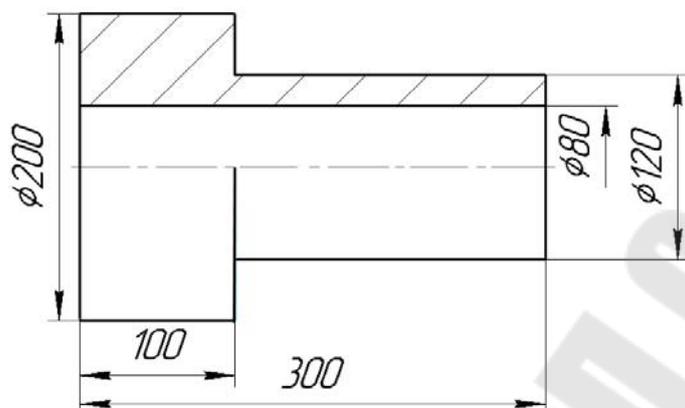
Задача 2.4

Определить размеры и сделать эскиз исходной заготовки из проката для поковки, изображенной на эскизе и изготавливаемой свободной ковкой на молоте.



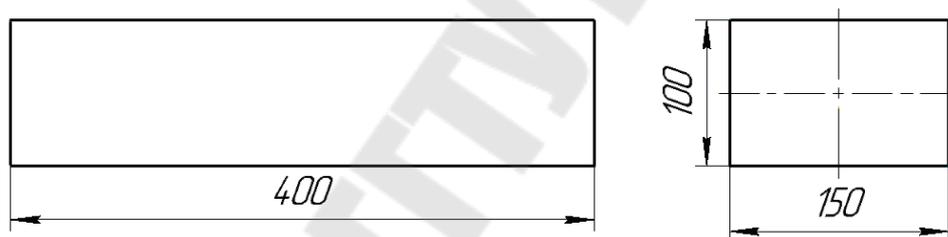
Задача 2.5

Определить размеры и сделать эскиз исходной заготовки из слитка для поковки, изображенной на эскизе, полученной ковкой.



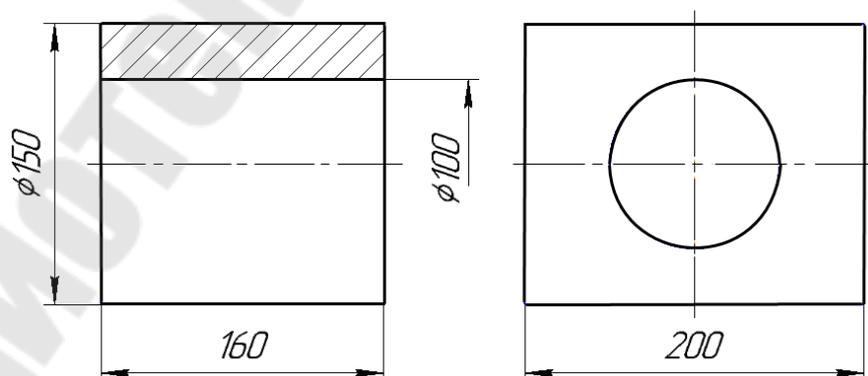
Задача 2.6

Определить размеры и сделать эскиз исходной заготовки из бруса для поковки, изображенной на эскизе, изготовленной ковкой на молоте.



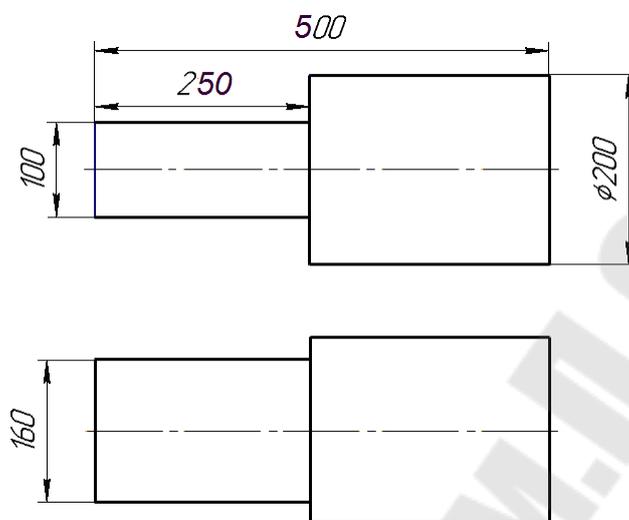
Задача 2.7

Определить размеры и сделать эскиз исходной заготовки из проката для изображенной на эскизе поковки, получаемой ковкой.



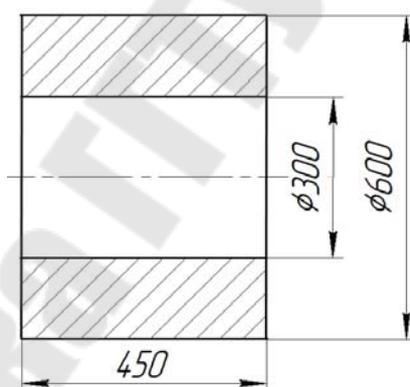
Задача 2.8

Определить размеры и сделать эскиз исходной заготовки из слитка для поковки, изображенной на эскизе.



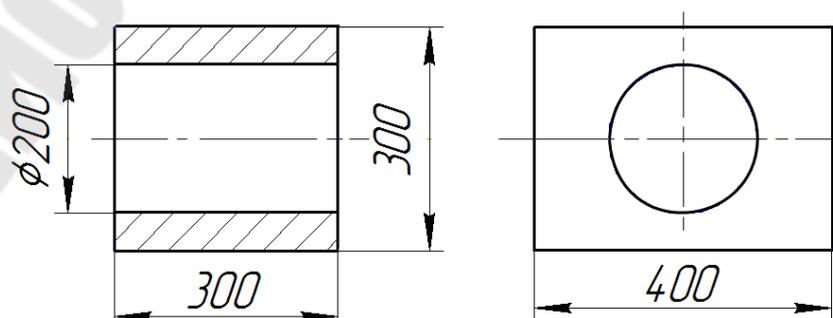
Задача 2.9

Определить размеры и сделать эскиз исходной заготовки из слитка для поковки, получаемой ковкой и изображенной на эскизе.



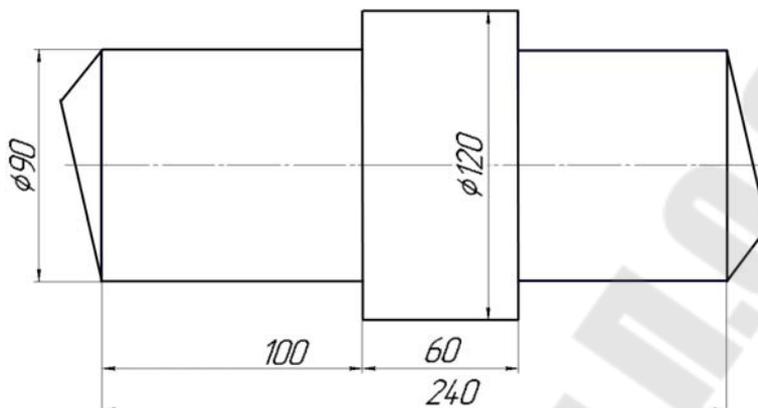
Задача 2.10

Определить размеры и сделать эскиз исходной заготовки из блока для поковки, получаемой ковкой и изображенной на эскизе.



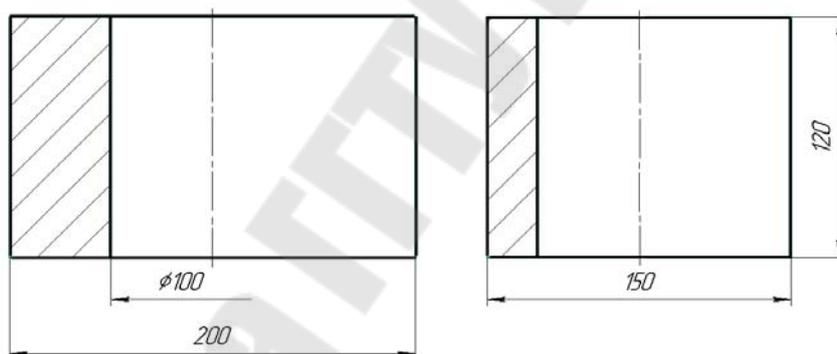
Задача 2.11

Определить размеры и сделать эскиз исходной заготовки для поковки, изображенной на эскизе, при получении ее свободной ковкой на молоте с учетом необходимой уковки для проката.



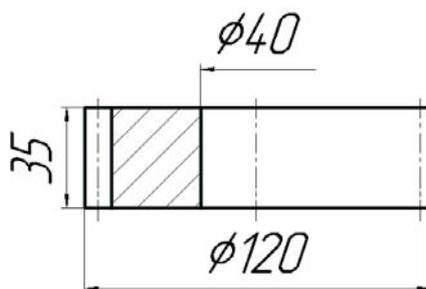
Задача 2.12

Определить размеры и сделать эскиз исходной заготовки из блюма для поковки, изображенной на эскизе, при изготовлении ее ковкой.



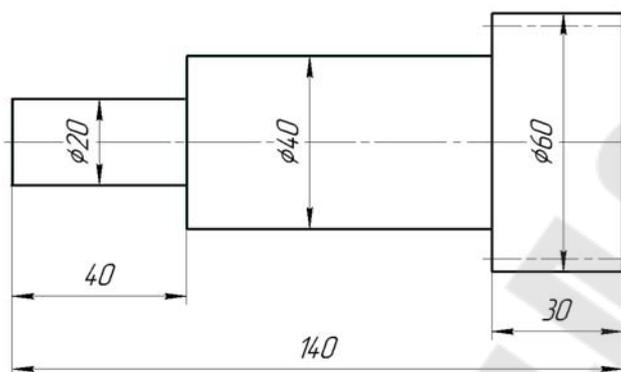
Задача 2.13

Определить размеры и сделать эскиз исходной заготовки из проката для поковки шестерни, изображенной на эскизе, с учетом необходимой уковки и невыполнимости отверстия при свободной ковке на молоте.



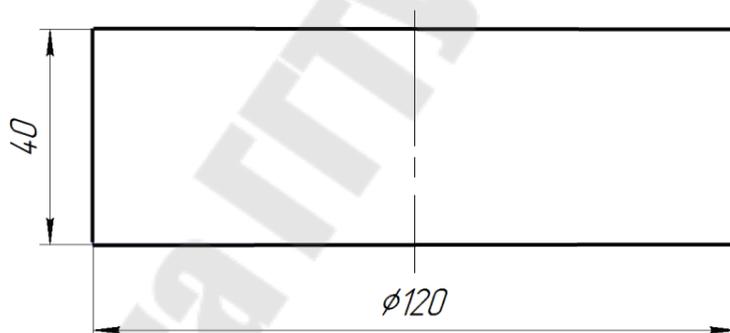
Задача 2.14

Определить размеры и сделать эскиз исходной заготовки из проката круглого сечения с учетом необходимых уковки и макроструктуры материала при свободной ковке поковки вала-шестерни, изображенной на эскизе.



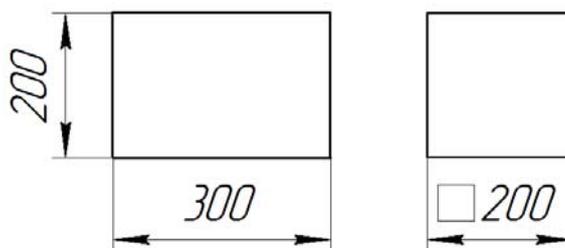
Задача 2.15

Определить количество исходных заготовок для поковки зубчатого колеса, изображенного на эскизе, из прутка диаметром 100 мм, длиной 6 м, при рубке заготовок на прессе.



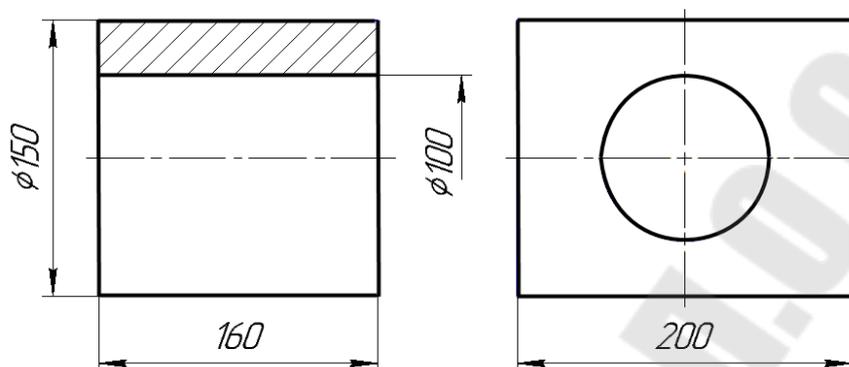
Задача 2.16

Определить количество исходных заготовок для поковки штампового кубика, изображенной на эскизе, из слитка спокойной стали массой 1,2 т.



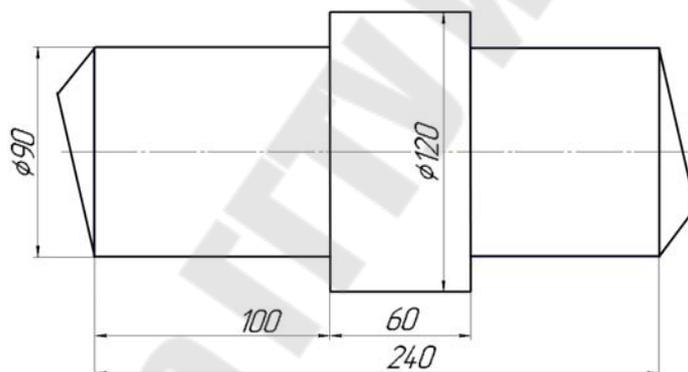
Задача 2.17

Определить количество исходных заготовок для поковки ползуна, изображенного на эскизе, из бруса со стороной квадрата 250 мм, длиной 6 м, при резке заготовок фрезой шириной 10 мм.



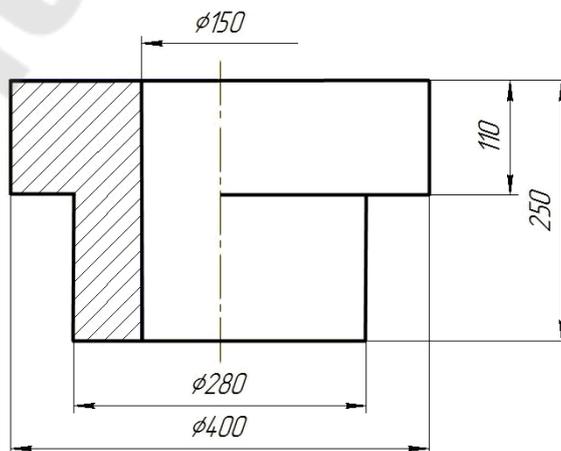
Задача 2.18

Подобрать ковочный молот с достаточной массой падающих частей для получения поковки, изображенной на эскизе.



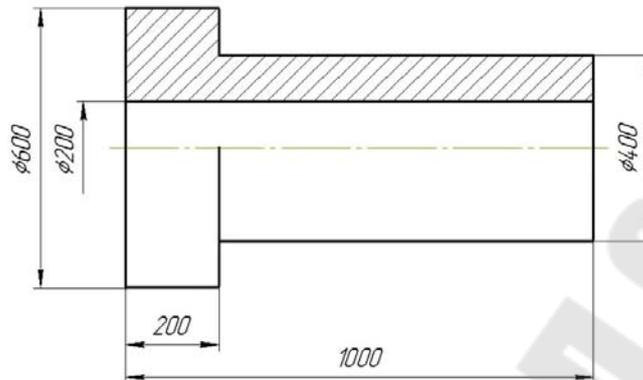
Задача 2.19

Выбрать оборудование соответствующей мощности для выполнения свободной ковки поковки, изображенной на эскизе.



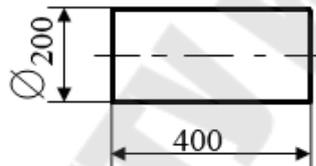
Задача 2.20

Выбрать пресс с усилием достаточным дляковки, изображенной на эскизе поковки.



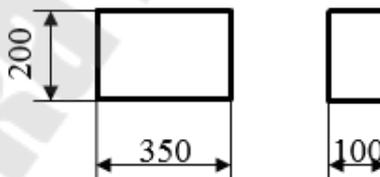
Задача 2.21

Определить время, необходимое для нагрева исходной заготовки из стали 45, изображенной на эскизе.



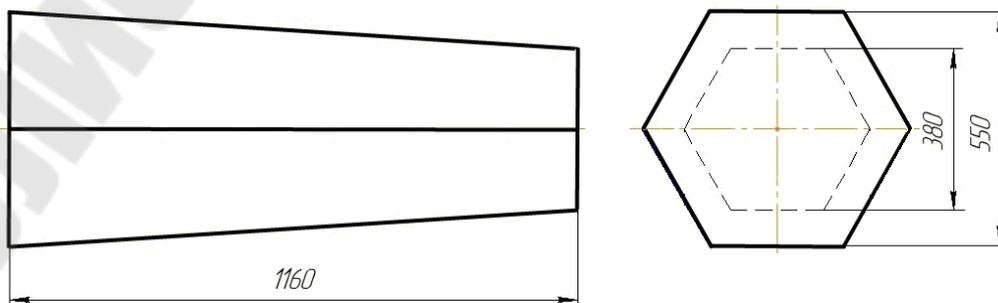
Задача 2.22

Определить время, необходимое для нагрева исходной заготовки из стали 12ХН3А, изображенной на эскизе.



Задача 2.23

Определить необходимое время для нагрева слитка из углеродистой стали до температуры началаковки.



Тема 3. Типовые задачи, решаемые при проектировании отливок

Задача 3.1

Определить параметры точности для отливки заданной детали при изготовлении ее литьем в песчано-глинистой литейной форме со средним уровнем уплотнения формовочной смеси до твердости не ниже 90 единиц.

Задача 3.2

Определить параметры точности для отливки заданной детали при изготовлении ее литьем в песчано-глинистой литейной форме со средним уровнем уплотнения формовочной смеси до твердости ниже 70 единиц.

Задача 3.3

Определить параметры точности для отливки заданной детали при изготовлении ее литьем по выплавляемым моделям с применением кварцевых огнеупорных материалов.

Задача 3.4

Определить допуск, припуск и размер поверхности отливки для размера 190 детали, изображенной на рис. П.1.1 в приложении, при размерном допуске 2,8, черновой обработке, если: *«Точность отливки 9-6-15-9 См. 2,0 ГОСТ 26645–85. Материал – СЧ 20 ГОСТ 1412–79»*.

Задача 3.5

Определить допуск, припуск и размер поверхности отливки для размера 200 детали, изображенной на рис. П.1.1 в приложении, при общем допуске 2,4 и черновой обработке если: *«Точность отливки 9-6-13-9 ГОСТ 26645–85. Материал – СЧ 25 ГОСТ 1412–79»*.

Задача 3.6

Определить допуск, припуск и размер поверхности отливки для отверстия Ø 90 детали, изображенной на рис. П.1.1 в приложении, при размерном допуске 1,8, ряде припуска 7, чистовой обработке, если: *«Точность отливки 9-6-14-9 См. 2,0 ГОСТ 26645–85»*.

Задача 3.7

Определить допуск, припуск и размер поверхности отливки для размера 110 детали, изображенной на рис. П.1.1 в приложении, при допуске формы и расположения 0,4, ряде припуска 6, черновой обработке, если: *«Точность отливки 9-6-12-9т См. 2,0 ГОСТ 26645–85»*.

Задача 3.8

Определить допуск, припуск и размер поверхности отливки для размера 400 детали, изображенной на рис. П.1.1 в приложении, при общем допуске 2,8, ряде припуска 7, получистовой обработке при высоком уровне механической обработки, если: *«Точность отливки 9-6-14-9т См. 2,0 ГОСТ 26645–85»*.

Задача 3.9

Определить допуск, припуск и размер поверхности отливки для размера 340 детали, изображенной на рис. П.1.1 в приложении, при общем допуске 3,6, ряде припуска 6, черновой обработке при пониженном уровне механической обработки, если: *«Точность отливки 10-6-13-9 См. 2,2 ГОСТ 26645–85»*.

Задача 3.10

Определить допуск смещения стержня для отливки детали, изображенной на рис. П.1.2 в приложении, если класс размерной точности отливки 9.

Задача 3.11

Определить допуск, припуск и размер поверхности отливки для размера 60 детали, изображенной на рис. П.1.2 в приложении, при размерном допуске 2,0, черновой обработке, если: *«Точность отливки 9-6-15-9 См. 1,2 ГОСТ 26645–85. Материал – СЧ 20 ГОСТ 1412–79»*.

Задача 3.12

Определить допуск, припуск и размер поверхности отливки для Ø 160 детали, изображенной на рис. П.1.2 в приложении, при общем допуске 1,2 и получистовой обработке, если: *«Точность отливки 7-6-13-7 ГОСТ 26645–85»*. *Материал СЧ 25 ГОСТ 1412–79*.

Задача 3.13

Определить допуск, припуск и размер поверхности отливки для отверстия Ø 80 детали, изображенной на рис. П.1.2 в приложении, при размерном допуске 1,6, ряде припуска 7, чистовой обработке, если: *«Точность отливки 9-6-14-9 См. 1,2 ГОСТ 26645–85»*.

Задача 3.14

Определить допуск, припуск и размер поверхности отливки для размера 40 детали, изображенной на рис. П.1.2 в приложении, при допуске формы и расположения 0,4, ряде припуска 6, получистовой обработке, если: *«Точность отливки 9-6-12-8 См. 1,2 ГОСТ 26645–85»*.

Задача 3.15

Определить допуск, припуск и размер поверхности отливки для размера $\varnothing 160$ детали, изображенной на рис. П.1.2 в приложении, при общем допуске 2,2, ряде припуска 8, получистовой обработке при высоком уровне механической обработки, если: «Точность отливки 9-6-15-9 См. 1,0 ГОСТ 26645–85».

Задача 3.16

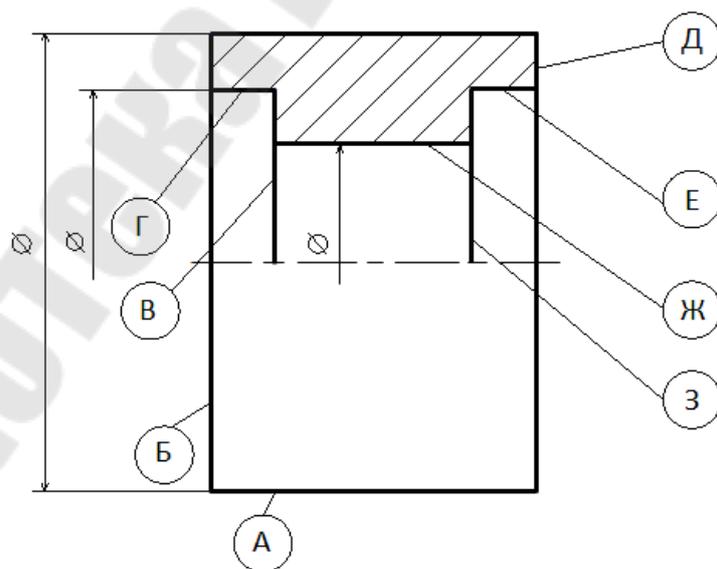
Определить допуск, припуск и размер поверхности отливки для отверстия $\varnothing 120$ детали, изображенной на рис. П.1.2 в приложении, при общем допуске 2,2, ряде припуска 6, черновой обработке при пониженном уровне механической обработки, если: «Точность отливки 9-6-13-9 См. 1,2 ГОСТ 26645–85».

Задача 3.17

Определить допуск смещения стержня для отливки детали, изображенной на рис. П.1.2 в приложении, если класс размерной точности отливки 7т.

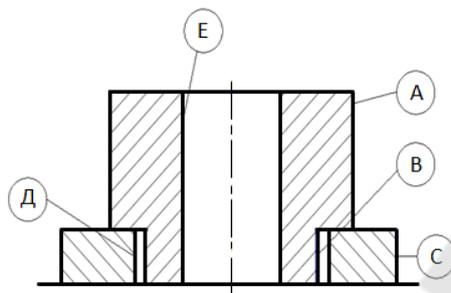
Задача 3.18

Назначить поверхность разъема и изобразить на эскизе формовочные уклоны на поверхностях отливки для детали, у которой поверхности: А, Б, В, Д, Ж, З – обрабатываемые; Г – необрабатываемая и несопрягаемая с другими деталями; Е – необрабатываемая, сопрягаемая с другой деталью в изделии.



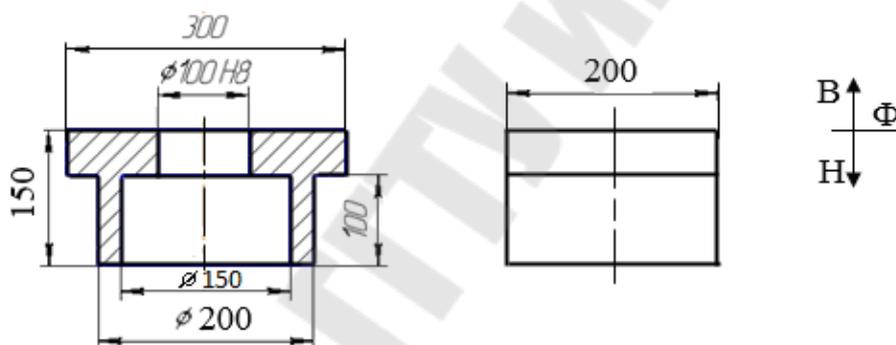
Задача 3.19

Назначить поверхность разъема и изобразить на эскизе формовочные уклоны на поверхностях А, В, С, Д, Е отливок деталей узла, изображенного на эскизе. Поверхности: А и Е – обрабатываемые; В, С, Д – необрабатываемые.



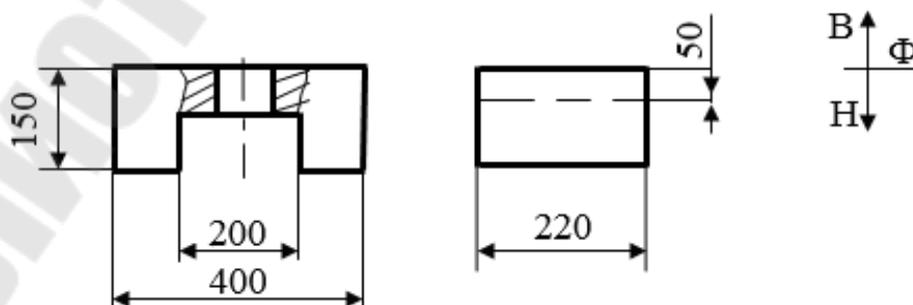
Задача 3.20

Назначить формовочные уклоны и определить, к какому виду размеров относится размер отливки детали, изображенной на эскизе.



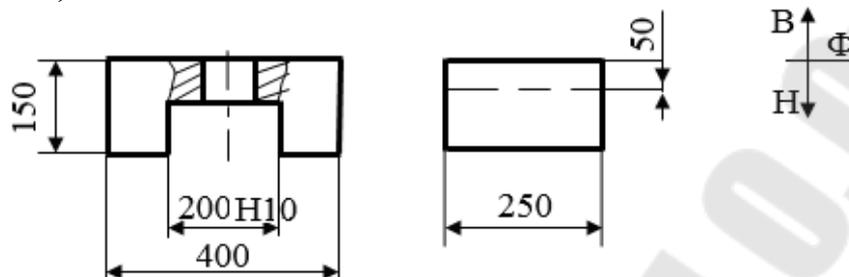
Задача 3.21

Для размера 150 детали, изображенной на эскизе, определить припуск и размер с допуском отливки из чугуна СЧ 20, ГОСТ 1412–85, при ее размерном допуске 2,4, черновой обработке, если: «Точность отливки 9-6-15-9 См. 2,4 ГОСТ 26645–85».



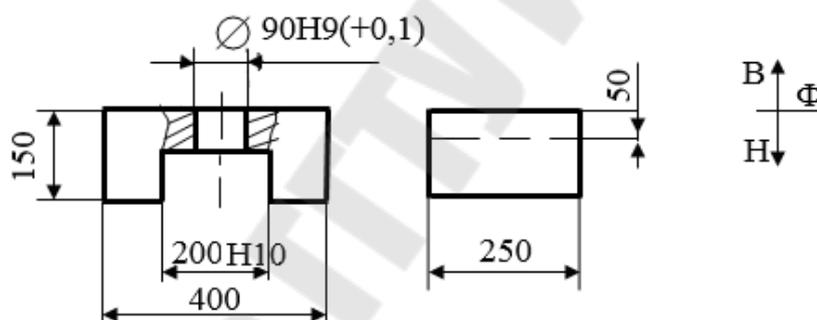
Задача 3.22

Для размера 200 детали, изображенной на эскизе, определить припуск и размер отливки из чугуна СЧ 20, ГОСТ 1412–85, при ее общем допуске 2,4 получистовой обработке, если: «Точность отливки 9-6-15-9 См. 3,2 ГОСТ 26645–85».



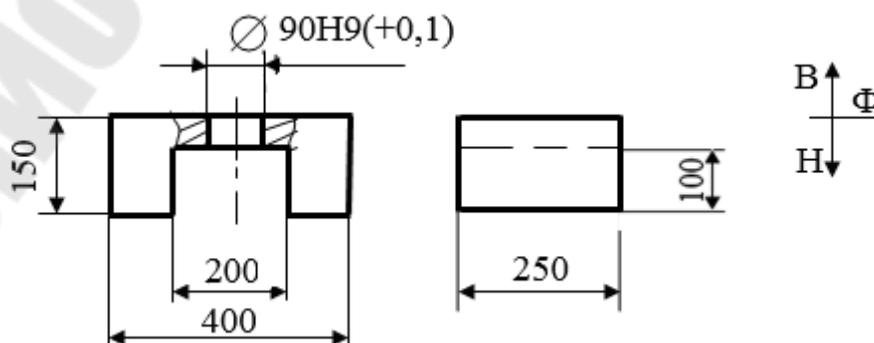
Задача 3.23

Для размера $\varnothing 90$ детали, изображенной на эскизе, определить припуск и размер с допуском отливки из чугуна СЧ 20, ГОСТ 1412–85, при ее размерном допуске 1,8, ряде припуска 7, чистовой обработке, если: «Точность отливки 9-6-15-9 См. 1,4 ГОСТ 26645–85».



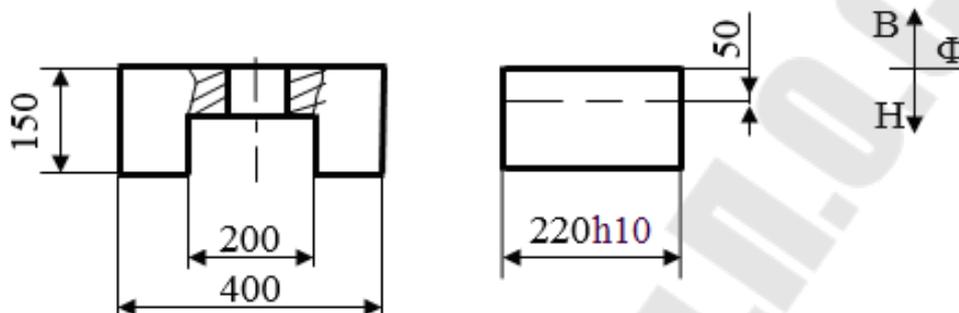
Задача 3.24

Для размера 100 детали, изображенной на эскизе, определить припуск и размер с допуском отливки из чугуна СЧ 20, ГОСТ 1412–85, при ее допуске формы и расположения 0,4, ряде припуска 8, получистовой обработке, если: «Точность отливки 9-6-15-9 См. 1,4 ГОСТ 26645–85».



Задача 3.25

Для размера 220 детали, изображенной на эскизе, определить припуск и размер отливки из чугуна СЧ 20 ГОСТ 1412–85, при ее общем допуске 2,8, ряде припуска 8, получистовой обработке, при высоком уровне механической обработки, если: «Точность отливки 9-6-15-9т См.1,2 ГОСТ 26645–85».



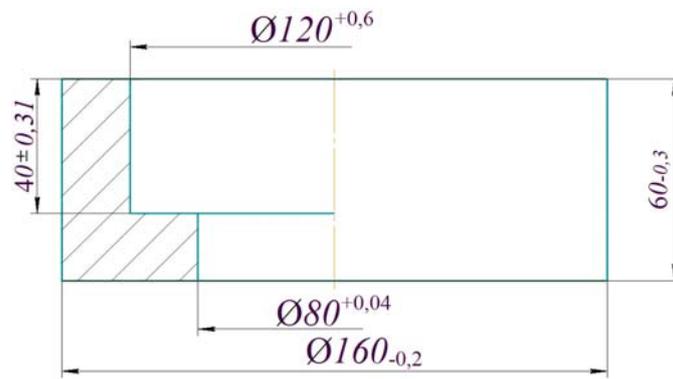
Задача 3.26

Определить допуск смещения стержня для отливки детали, изображенной на эскизе, если класс размерной точности отливки 9т.



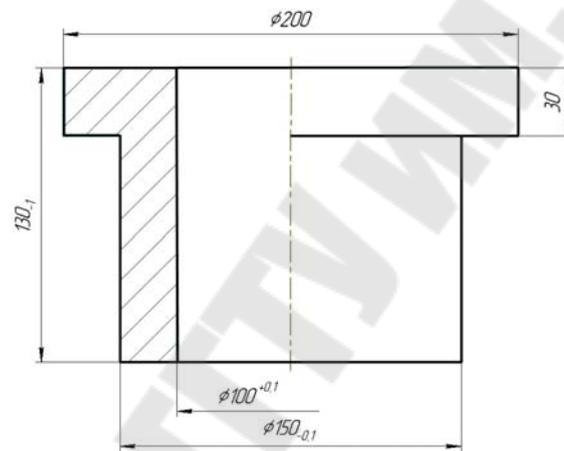
Задача 3.27

Для указанного размера детали, изображенной на эскизе, определить припуск и размер с допуском отливки из чугуна СЧ 20, ГОСТ 1412–85, если: «Точность отливки 9-6-15-9 См.3,2 ГОСТ 26645–85»



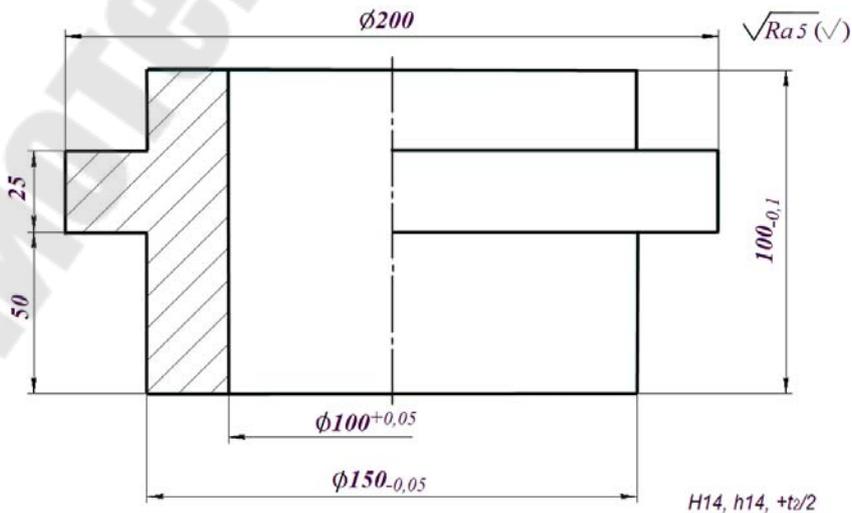
Задача 3.28

Для указанного размера детали, изображенной на эскизе, определить припуск и размер с допуском отливки из чугуна СЧ 20, ГОСТ 1412–85, если: «Точность отливки 7-5-10-7 ГОСТ 26645–85».



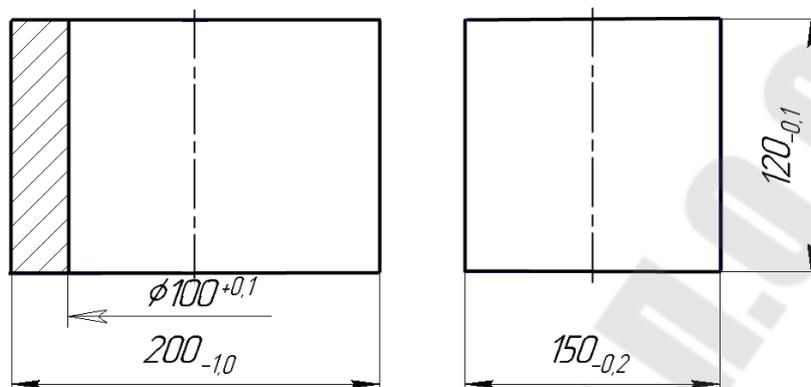
Задача 3.29

Для указанного размера детали, изображенной на эскизе, определить припуск и размер с допуском отливки из чугуна СЧ 20, ГОСТ 1412–85, если «Точность отливки 7-5-10-7 ГОСТ 26645–85».



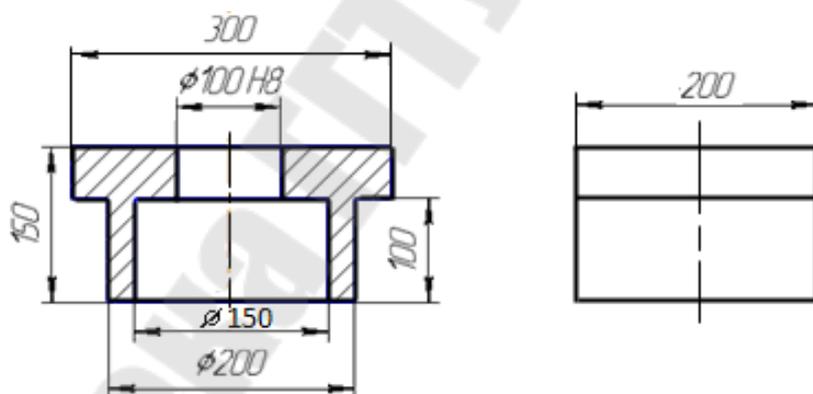
Задача 3.30

Для указанного размера детали, изображенной на эскизе, определить припуск и размер с допуском отливки из чугуна СЧ 20, ГОСТ 1412–85, если: «Точность отливки 8-5-14-8 ГОСТ 26645–85».



Задача 3.31

Определить, на сколько припуск на верхней при заливке формы поверхности отливки для размера 150 будет больше припуска внизу, если шероховатость поверхностей одинаковая, при этом: «Точность отливки 10-6-12-10 ГОСТ 26645–85, производство мелкосерийное».



Задача 3.32

Определить вид механической обработки для указанной поверхности отливки, для эскиза детали на рис. П.1.3 в приложении, если: «Точность отливки 9-6-12-9 ГОСТ 26645–85».

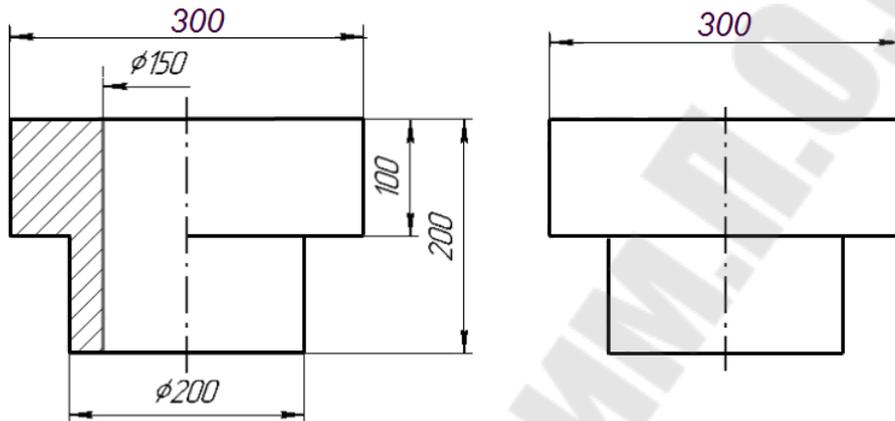
Задача 3.33

Определить вид механической обработки для назначения литейного припуска на указанной поверхности детали на рис. П.1.3 в приложении, если: «Точность отливки 9-5-12-9 ГОСТ 26645–85».

Тема 4. Типовые задачи, решаемые при проектировании штампованных поковок

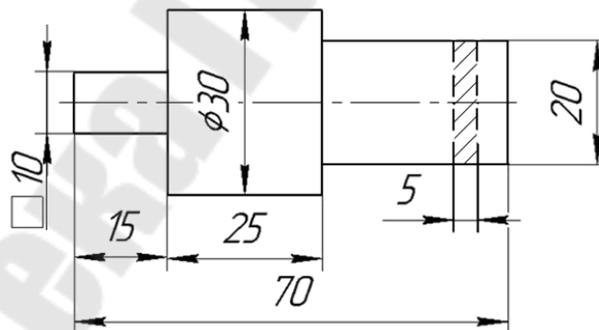
Задача 4.1

Для изображенной на эскизе детали из стали 18ХГТ определить степень сложности и исходный индекс поковки, если она штампуется на гидравлическом прессе.



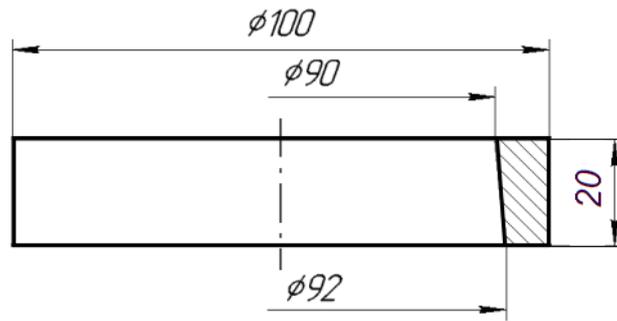
Задача 4.2

Для изображенной на эскизе детали из стали 9ХС определить степень сложности и исходный индекс поковки, если она штампуется на молоте.



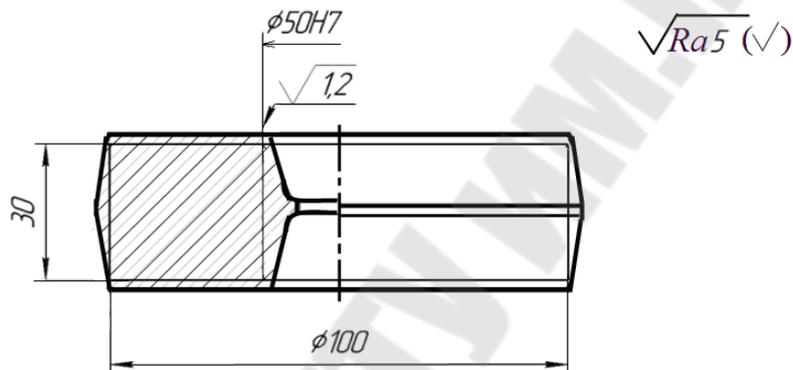
Задача 4.3

Для изображенной на эскизе детали из стали ШХ15 определить степень сложности и исходный индекс поковки, если она штампуется на прессе (КГШП).



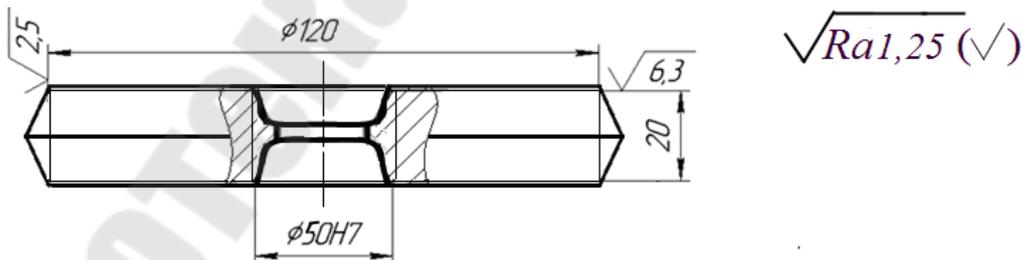
Задача 4.4

Для изображенной на эскизе тонкими линиями детали из стали У8 определить припуски и размеры поковки с допусками, если она штампуются на прессе (КГШП). Масса детали – 1,4 кг.



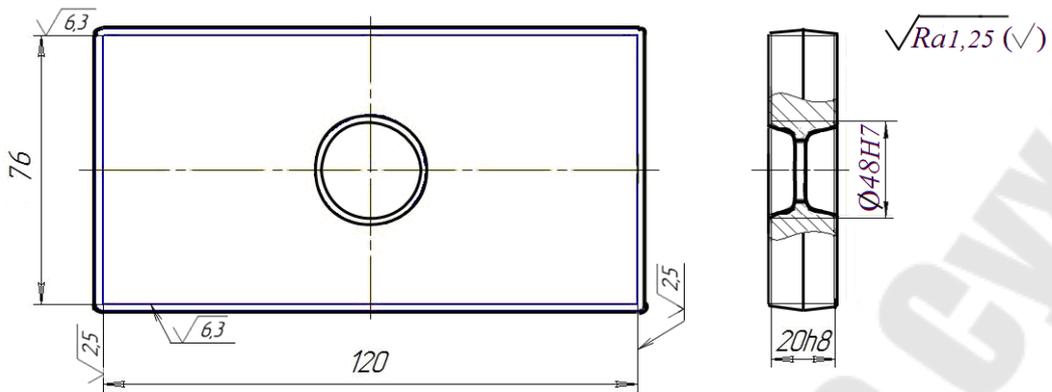
Задача 4.5

Для размеров детали, изображенной на эскизе тонкими линиями, определить припуски размеры и допуски штампованной на молоте поковки из стали 38ХНЮА. Масса детали – 1,64 кг. Степень сложности поковки – С1.



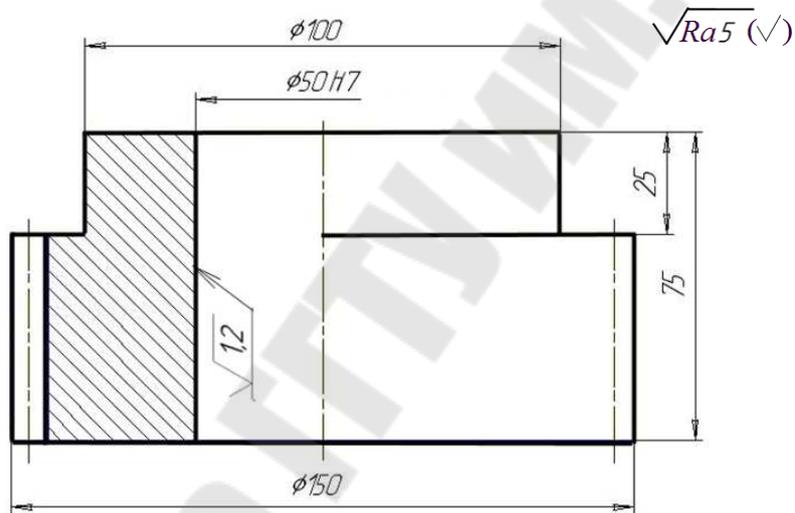
Задача 4.6

Для размеров детали, изображенной на эскизе тонкими линиями, определить припуски размеры и допуски штампованной на молоте поковки из стали 12ХН3А. Масса детали – 1,25 кг. Степень сложности поковки – С1.



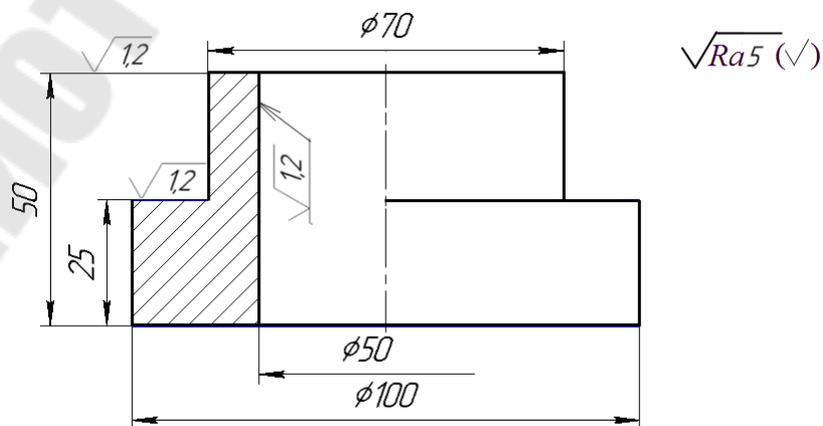
Задача 4.7

Определить размер и допуск указанной поверхности поковки из стали 25ХГТ, штампуемой на ГКМ, для шестерни, изображенной на эскизе.



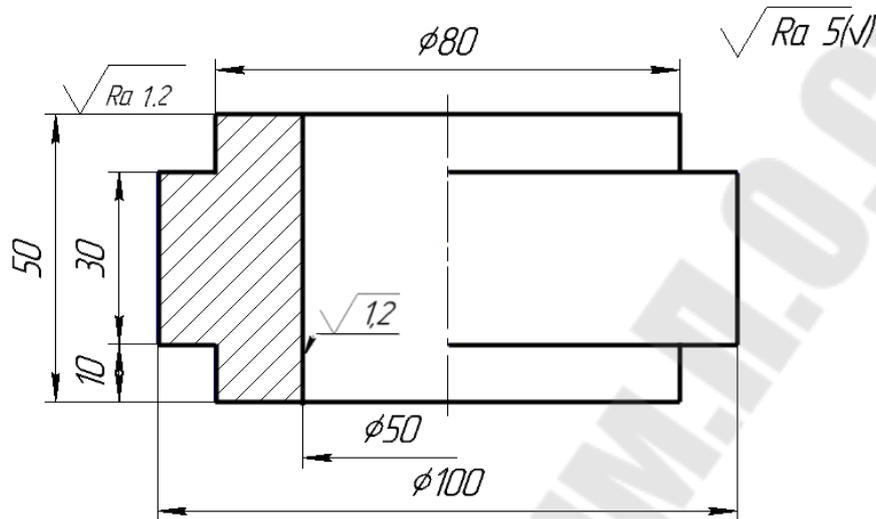
Задача 4.8

Определить размер и допуск поковки для указанной поверхности, представленной на эскизе детали из стали 25ХГТ. Штамповка выполняется на прессе, масса детали – 1,8 кг.



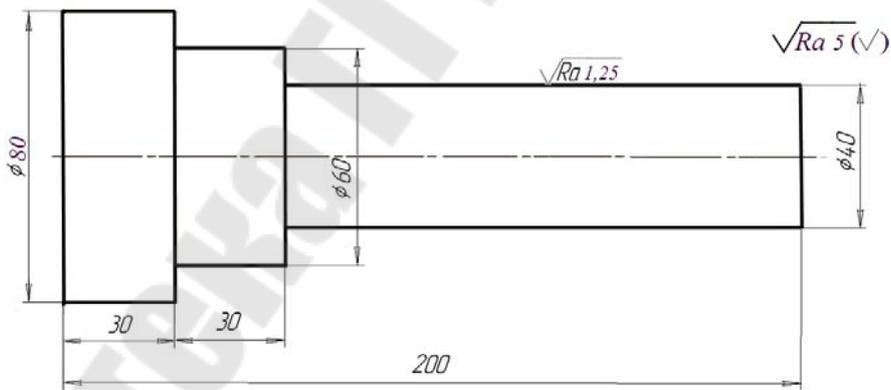
Задача 4.9

Определить размер и допуск поковки для указанной поверхности, представленной на эскизе детали из стали 45ХН, при штамповке на молоте.



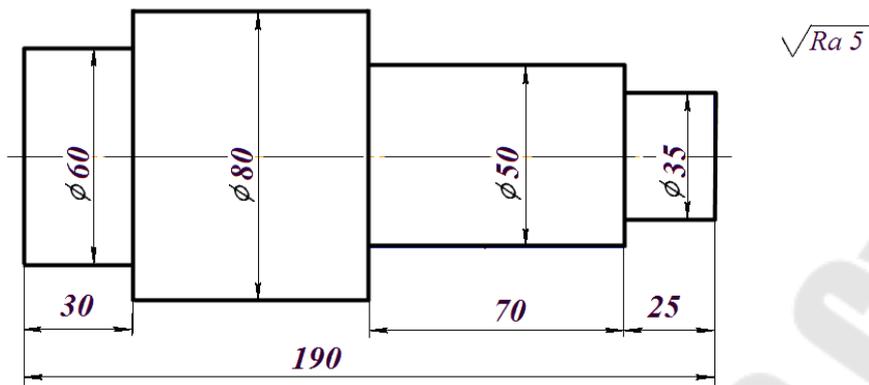
Задача 4.10

Определить размер и допуск указанной поверхности поковки, высаживаемой на ГКМ, из стали 40ХН, для вала, изображенного на эскизе.



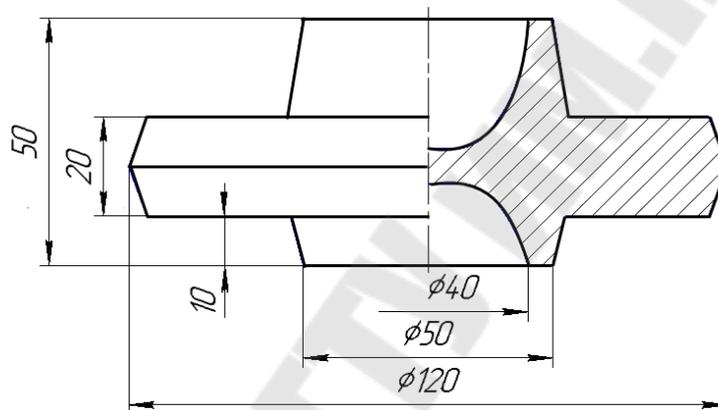
Задача 4.11

Для вала, изображенного на эскизе, определить размер и допуск указанной поверхности для поковки из стали 18ХГТ, высаживаемой на ГКМ.



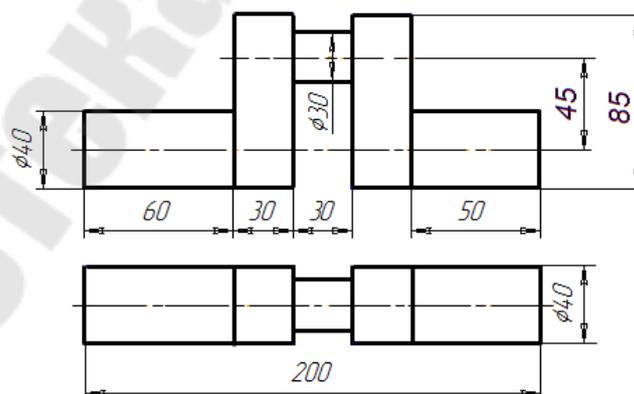
Задача 4.12

Определить тип и размеры облойной канавки (табл. П.1.2 в приложении) для поковки, представленной на эскизе.



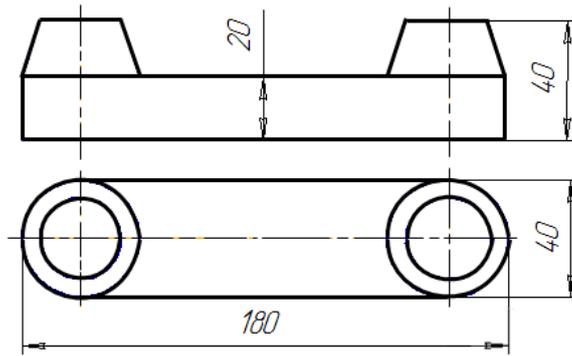
Задача 4.13

Определить тип и размеры облойной канавки (табл. П.1.2 в приложении) для поковки, представленной на эскизе.



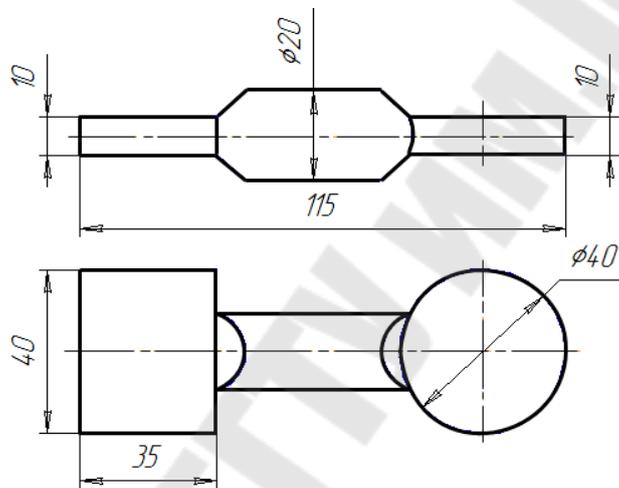
Задача 4.14

Определить тип и размеры облойной канавки (табл. П.1.2 в приложении) для поковки, представленной на эскизе.



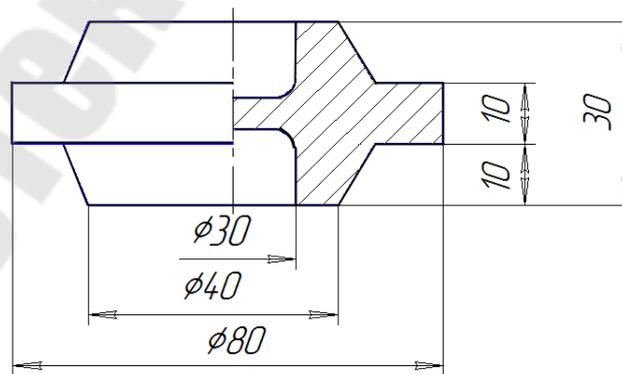
Задача 4.15

Определить тип и размеры облойной канавки (табл. П.1.2 в приложении) для поковки, представленной на эскизе.



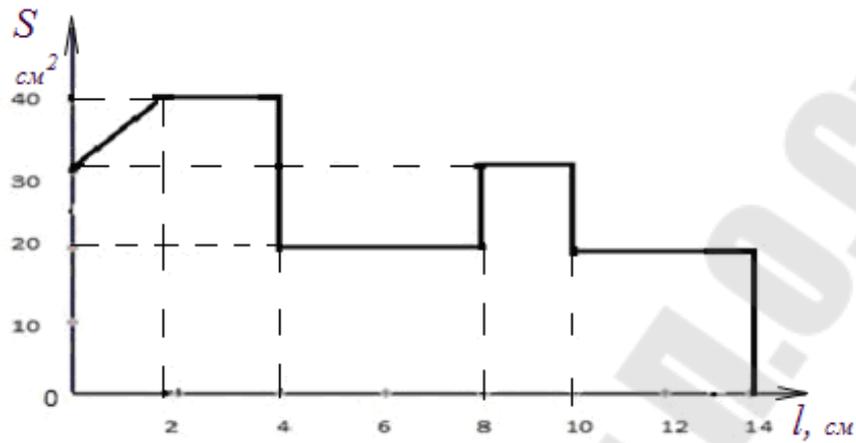
Задача 4.16

Построить эпюру сечений для поковки, представленной на эскизе, если площадь поперечного сечения заусенечной канавки $S = 91 \text{ мм}^2$.



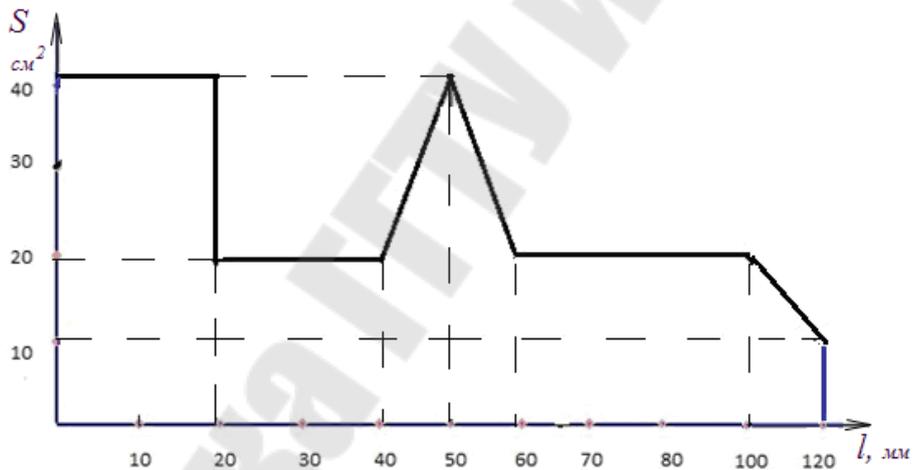
Задача 4.17

Определить среднее сечение поковки по представленной эпюре сечений.



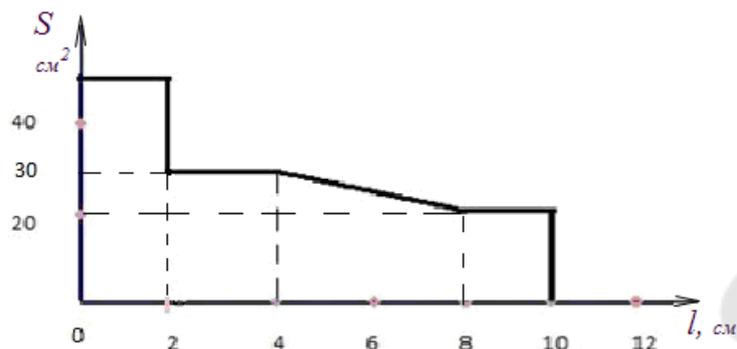
Задача 4.18

Построить расчетную заготовку по представленной эпюре сечений.



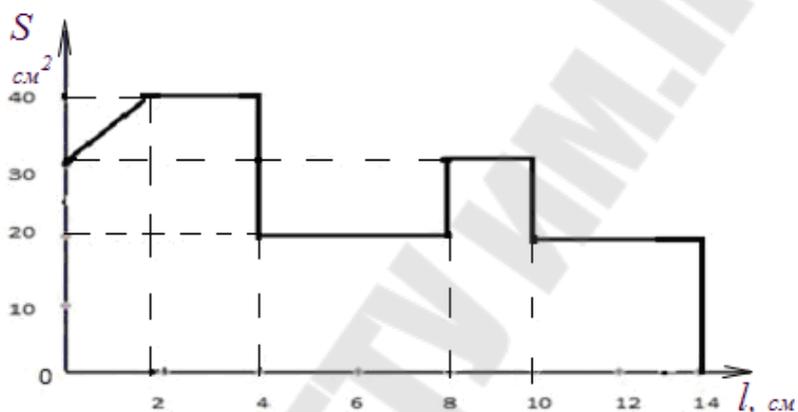
Задача 4.19

По диаграмме Ребельского определить вариант применения заготовительных ручьев для расчетной заготовки, имеющей представленную ниже эпюру сечений.



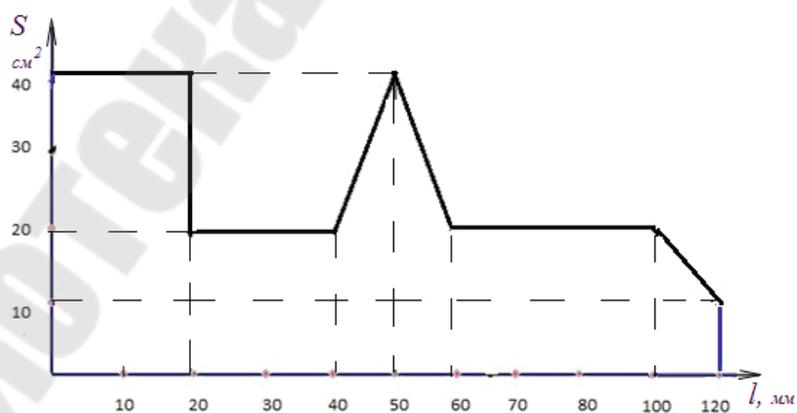
Задача 4.20

Определить размеры расчетной заготовки по предоставленной эпюре сечений.



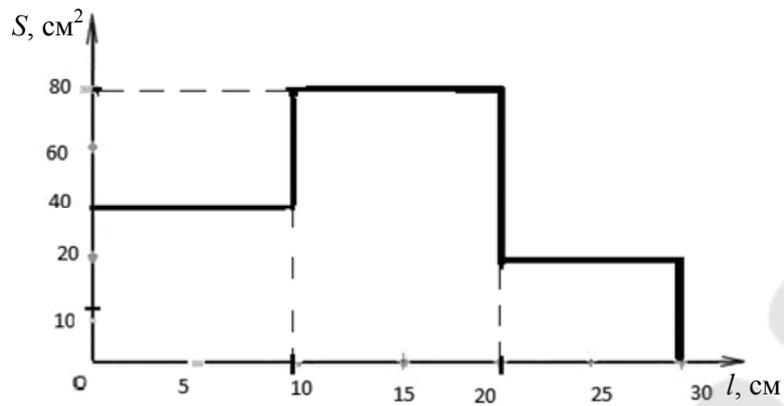
Задача 4.21

Определить средний диаметр расчетной заготовки по представленной эпюре сечений.



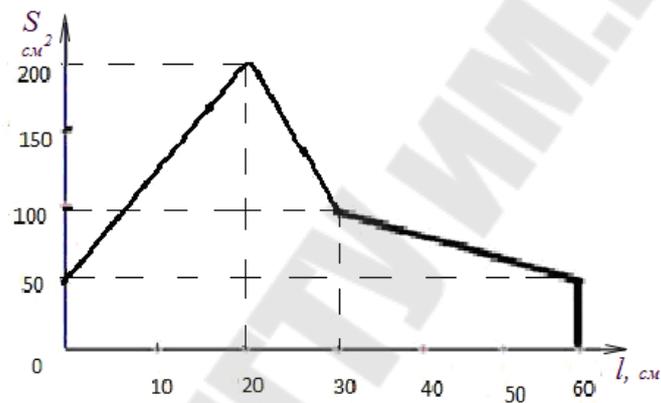
Задача 4.22

Разделить сложную расчетную заготовку с представленной эпюрой сечений на элементарные расчетные заготовки.



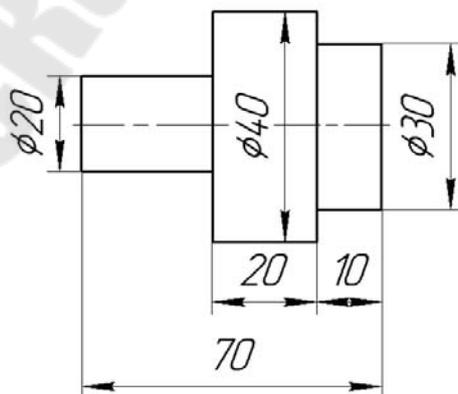
Задача 4.23

Построить расчетную заготовку для поковки с представленной эapurой сечений и разделить ее на элементарные расчетные заготовки.



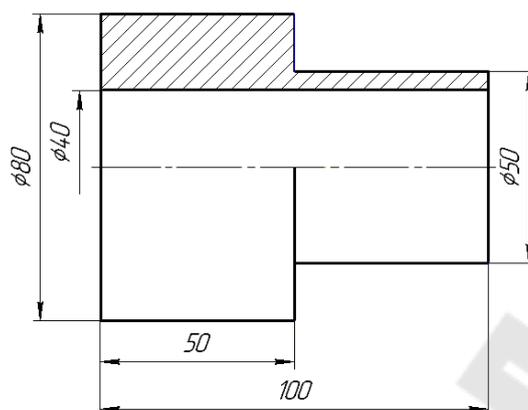
Задача 4.24

Определить размеры исходной заготовки из проката для поковки, высаживаемой на ГКМ и представленной на эскизе.



Задача 4.25

Определить размеры исходной заготовки из проката для поковки, высаживаемой на ГKM и представленной на эскизе.



Тема 5. Пример проектирования отливки

По [1], [2] для заданной на рис. 1, а детали выбираем положение отливки в форме и линию разъема и указываем ее на эскизе отливки (рис. 1, б).

Для обоснования пригодности заданных марки чугуна и способа литья для получения отливки используем табл. 17–20 из [3].

Определяем класс и группу назначения: «Отливка 2 кл. гр. б) ОСТ 2 МТ-21-2–90».

Рекомендуемый материал: «СЧ 20 ГОСТ 1412–79», табл. 19, 20 из [3].

Назначение припусков на обрабатываемые поверхности отливки производим по [3], таблицы которого соответствуют аналогичным таблицам [4]. Перед определением значений припусков должны быть известны следующие исходные данные:

а) материал отливки: «черный термообрабатываемый» (см. [3] или [4], примечание к табл. 9);

б) способ литья: «Литье в песчано-глинистые сырые формы из смесей с влажностью от 2,8 до 3,5 % и прочностью от 120 до 160 кПа (от 1,2 до 1,6 кг/см²) со средним уровнем уплотнения до твердости не ниже 80 единиц» (см. [3] или [4] табл. 9, 11, 13);

в) вид формы: «разовая»;

г) наибольший габаритный размер отливки: больше 300 мм;

д) шероховатость необрабатываемых поверхностей: Ra 40;

е) виды размеров отливки (для каждой поверхности, на которую назначается припуск);

ж) отношение наименьшего размера элемента отливки к наибольшему (для элемента, подверженного наибольшему короблению);

з) вид окончательной обработки поверхности определяем по табл. 7 и 8 [3], [4];

и) уровень точности обработки для наиболее распространенных металлорежущих станков нормальной точности по ГОСТ 8–82: «средний» (табл. 15 [3], [4]).

По табл. 9 [3], [4] определяем диапазон классов размерной точности – 9т-13. По примечанию 1 к табл. 9 определяем 10 класс размерной точности отливки, расположенный между меньшим и средним значением диапазона 9т-13, так как отливка заданного корпуса «простая», а условия производства для заданного способа литья можно отнести к «механизированному серийному».

По табл. 10 и примечанию к ней определяем степень коробления отливки по наименьшему значению отношения $R_{\min} / R_{\max} = 0,064$, где R_{\min} и R_{\max} – соответственно, наименьший и наибольший из размеров элементов отливки, подверженных наибольшему короблению (для верхнего параллелепипеда – $30/300 = 0,1$; для стенки полого цилиндра по вертикали – $(240 - 160)/2/100 = 0,4$; для стенки полого цилиндра по окружности – $(240 - 160)/2\pi/(240 + 160)/2 = 0,064$); вида формы: «разовая»; «термообрабатываемой отливки», диапазон степеней коробления – 6–9. По примечанию 1 принимаем степень коробления – 8, так как отливка простая из черного сплава.

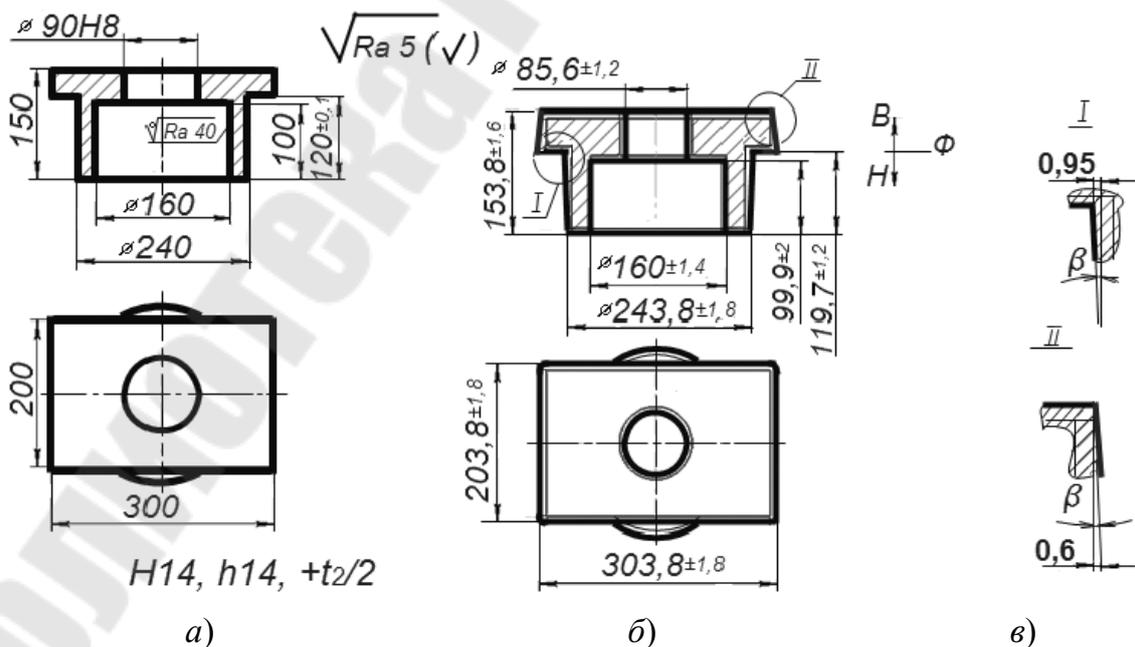


Рис. 1. Корпус:

а – эскиз детали; б – эскиз отливки; в – формовочные уклоны

По табл. 11 и примечанию к ней для тех же исходных данных определяем диапазон (12–19) и степень точности поверхностей – 14.

По табл. 12 проверяется возможность получения шероховатости необрабатываемых поверхностей детали ($Ra\ 40$) по 14 степени точности поверхностей – «возможно».

По табл. 13 и примечанию к ней определяем класс точности массы отливки, предварительно оценив ее массу по массе детали. Массу детали рассчитаем по ее объему и плотности чугуна ($\rho = 7,1\text{ кг/дм}^3$). Объем корпуса $V_{\text{д}}$ состоит из суммы объемов параллелепипеда V_1 и цилиндра V_2 за вычетом объемов отверстий V_3 и V_4 :

$$V_{\text{д}} = V_1 + V_2 - V_3 - V_4 = 2 \cdot 3 \cdot 0,3 + \pi \cdot 2,4^2 \cdot 1,2/4 - \pi \cdot 0,9^2 \cdot 0,5/4 - \pi \cdot 1,6^2 \cdot 1/4 = 1,8 + (6,912 - 0,405 - 2,56) \cdot \pi/4 = 4,9\text{ дм}^3.$$

Масса детали $m_{\text{д}} = V_{\text{д}}\rho = 4,97 \cdot 7,1 = 34,79\text{ кг}$.

Это значение указывает, что масса отливки будет находиться в диапазоне масс отливок табл. 13 до 100 кг. Тогда диапазон классов точности массы отливки будет 7–15, а класс точности массы – 9.

По табл. 14 и примечанию к ней определяем ряд припуска ($РП = 7$).

Поскольку вся отливка будет располагаться в нижней полуформе, допуск смещения по разьему не определяем.

По табл. 1 и толщине наиболее тонкой стенки до 40 мм ($((240 - 160)/2 = 40)$), формируемой с участием стержня, определяем допуск смещения стержня 1,8 по колонке таблицы со значением класса точности 9 (на 1 класс точнее (меньше) класса размерной точности отливки 10).

В технических требованиях чертежа следует записать: «Точность отливки 10-8-14-9 См. 1.8 ГОСТ 26645–85».

Определение допусков, припусков и номинальных размеров на поверхности отливок по ГОСТ 26645–85:

– $300h14_{(-1,3)}$, ВР1 (размер элемента отливки, образованного одним элементом литейной формы), размер между обрабатываемыми плоскостями параллелепипеда, которые при обработке могут использоваться в качестве взаимных баз (ПВБ), поверхности обрабатываемые;

– допуск размера отливки (ДРО) по табл. 1 [3], [4]: ДРО = 3,2 (для строки размеров до 400 и 9 классу размерной точности – для ВР1 на один класс точнее класса размерной точности отливки 10);

– допуск формы и расположения отливки (ДФРО) по табл. 2 [3], [4]: ДФРО = 1,6 (для строки размеров до 315 и 8 степени коробления);

– допуск общий (ДО) по табл. 16 [3], [4] для ДРО = 3,2 и ДФРО = 1,6 – ДО = 3,6;

– вид механической обработки (ВМО) по табл. 7 [3], [4] по последней строке для ДРО больше 2,0 до 5,0 и соотношению между размерными допусками размера детали и отливки $ВМО_7 = 1,3/3,2 = 0,406$ – черновая; по табл. 8 [3], [4], по последней строке для ДРО больше 2,0 до 5,0 и соотношению между допусками формы и расположения для размера детали и отливки и приложению 2 к табл. 8: $ВМО_8 = 0,5 \cdot 1,3/1,6 = 0,406$ – черновая; итоговый ВМО – черновая;

– общий припуск (ОП) по табл. 6 [3], [4]: ОП = 1,9 (для ПВБ, $ДО_6 = 0,5 \cdot ДО = 0,5 \cdot 3,6 = 1,8$; черновая; РП = 7);

– размер отливки (РО): $РО = 300 + 2 \cdot 1,9 = 303,8 \pm 1,8$;

– $240h14_{(-1,15)}$, ВР1, поверхность вращения (ПВР) обрабатываемая, ДРО = 2,8; ДФРО = 1,2; ДО = 3,6; $ВМО_7 = 1,15/2,8 = 0,41$ – черновая; $ВМО_8 = 0,5 \cdot 1,15/1,2 = 0,48$ – черновая; итоговый ВМО – черновая; ОП = 1,9 (ПВР, $ДО_6 = 0,5 \cdot 3,6 = 1,8$; черновая; РП = 7); $РО = 240 + 2 \cdot 1,9 = 243,8 \pm 1,8$;

– $200h14_{(-1,15)}$, ВР1, ПВБ, поверхности обрабатываемые, ДРО = 2,8; ДФРО = 1,2; ДО = 3,6; $ВМО_7 = 1,15/2,8 = 0,41$ – черновая; $ВМО_8 = 0,5 \cdot 1,15/1,2 = 0,48$ – черновая; итоговый ВМО – черновая; ОП = 1,9 (ПВБ, $ДО_6 = 0,5 \cdot 3,6 = 1,8$; черновая; РП = 7); $РО = 200 + 2 \cdot 1,9 = 203,8 \pm 1,8$;

– $\varnothing 160H14^{(+1)}$, ВР1, поверхность вращения (ПВР) необрабатываемая ($Ra 40$), ДРО = 2,4; ДФРО = 0,8; ДО = 2,8; если поверхность не входит в сопряжение с другими деталями в сборочном узле $РО = 160 \pm 1,4$; если поверхность входит в сопряжение с другими деталями в сборочном узле, номинальный размер после согласования с конструктором должен быть изменен до $РО = 161,4 \pm 1,4$;

– $150h14_{(-1)}$, ВР2, ПВБ, поверхности обрабатываемые, ДРО = 3,2; ДФРО = 0,8; ДО = 3,2; $ВМО_7 = 1/3,2 = 0,313$ – черновая; $ВМО_8 = 0,5 \cdot 1/0,8 = 0,613$ – черновая; итоговый ВМО – черновая; ОП = 1,9 (ПВБ, $ДО_6 = 0,5 \cdot 3,2 = 1,6$; черновая; РП = 7); $РО = 150 + 2 \cdot 1,9 = 153,8 \pm 1,6$;

– $120 \pm 0,1$, ВР1, ПВБ, поверхности обрабатываемые, ДРО = 2,4; ДФРО = 0,64; ДО = 2,4; $ВМО_7 = 0,2/2,4 = 0,083$ – получистовая; $ВМО_8 = 0,5 \cdot 0,2/0,64 = 0,156$ – черновая; итоговый ВМО – получистовая; ОП = 2,2 (ПВБ, $ДО_6 = 0,5 \cdot 2,8 = 1,4$; получистовая; РП = 7); $РО = 120 + 1,9 - 2,2 = 119,7 \pm 1,2$;

– $100 \pm t_2/2(\pm 0,4)$, ВРЗ, ПВБ, поверхности обрабатываемые, ДРО = 3,6; ДФРО = 0,64; ДО = 4; ВМО₇ = 0,8/3,6 = 0,22 – черновая; ВМО₈ = 0,5 · 0,8/0,64 = 0,66 – черновая; итоговый ВМО – черновая; ОП = 2 (ПВБ, ДО₆ = 0,5 · 4 = 2; черновая; РП = 7); РО = 100 + 1,9 – 2 = 99,9 ± 2;

– Ø 90Н8(^{+0,054}), ВР1, поверхность вращения (ПВР) обрабатываемая, ДРО = 2,2; ДФРО = 0,64; ДО = 2,4; ВМО₇ = 0,054/2,2 = 0,024 – чистовая; ВМО₈ = 0,5 · 0,054/0,64 = 0,04 – получистовая; итоговый ВМО – чистовая; ОП = 2,2 (ПВР, ДО₆ = 0,5 · 2,4 = 1,2; чистовая; РП = 7); РО = 90 – 2 · 2,2 = 85,6 ± 1,2.

Назначение формовочных уклонов (рис. 1, в) следует производить по ГОСТ 3212–80 (см. приложение, табл. П.1.1).

Напуски, которые чаще всего в отливках представляют отверстия малых диаметров, шлицевые и шпоночные пазы, впадины в зубчатых колесах, следует определять с учетом рекомендаций [3, с. 38–40] по объему.

Формовочные уклоны на обрабатываемых поверхностях отливки корпуса, перпендикулярных плоскости разъема литейной формы, назначаем по [5, с. 2] сверх припусков (см. приложение, табл. П.1.1 и рис.1, в, и они будут напусками:

- на 119,7 – 0,95 мм;
- на (153,8 – 119,7 = 34,1) – 0,6 мм.

Радиусы закруглений в местах сопряжений элементов отливок для уменьшения концентраций напряжений из-за температурных деформаций рассчитаем по формулам, содержащимся в справочниках, например [1, табл. 1]. Радиусы закруглений в местах сопряжений обрабатываемых поверхностей примем на 0,5–1 мм больше припусков на эти поверхности из ряда стандартных значений [1, с. 25].

Рассчитаем объемы и массы припусков и напусков, см³:

- объем припуска на верхнюю плоскость параллелепипеда:

$$V_{П11} = 0,19(30,38 \cdot 20,38 - \pi \cdot 8,56^2 / 4) = 106,7;$$

- объем припуска на нижнюю плоскость параллелепипеда:

$$V_{П12} = 0,22(30,38 \cdot 20,38 - \pi(24,38 + 2 \cdot 0,095)^2 / 4) = 31,9;$$

- объем припуска на боковые плоскости параллелепипеда:

$$V_{П13} = 0,19 \cdot 3,41 \cdot 2(30,38 + 20,38) = 65,8;$$

– объем припуска на боковую поверхность цилиндра:

$$V_{\Pi 21} = 11,97\pi \cdot 0,19(24,38 + 24)/2 = 172,8;$$

– объем припуска на нижнюю плоскость цилиндра:

$$V_{\Pi 22} = 0,19(24,38^2 - 16^2)\pi/4 = 50,5;$$

– объем припуска в обрабатываемом отверстии:

$$V_{\Pi 3} = \pi(9^2 - 8,56^2)(15,38 - 9,99)/4 = 32,7;$$

– объем припуска на верхнюю плоскость над отверстием $\varnothing 160$:

$$V_{\Pi 4} = 0,2(16^2 - 8,56^2)\pi/4 = 28,7;$$

– общий объем припуска:

$$\begin{aligned} V_{\Pi} &= V_{\Pi 11} + V_{\Pi 12} + V_{\Pi 13} + V_{\Pi 21} + V_{\Pi 22} + V_{\Pi 3} + V_{\Pi 4} = \\ &= 106,7 + 31,9 + 65,8 + 172,8 + 50,5 + 32,7 + 28,7 = 489,1; \end{aligned}$$

– масса припуска;

$$m_{\Pi} = V_{\Pi} \cdot \rho = 489,1 \cdot 7,1 = 3472,6 \text{ г} = 3,47 \text{ кг};$$

– объем напуска на боковые плоскости параллелепипеда:

$$V_{\text{Н1}} = (30,38 + 20,38)2 \cdot 0,06 \cdot 3,41/2 = 10,39;$$

– объем напуска на боковую поверхность цилиндра:

$$V_{\text{Н2}} = 11,97(24,57^2 + 24,57 \cdot 24,38 + 24,38^2)\pi/12 - 11,97 \cdot 24,38^2 \cdot \pi/4 = 43,66;$$

– общий объем напуска:

$$V_{\text{Н}} = V_{\text{Н1}} + V_{\text{Н2}} = 10,39 + 43,66 = 54,05;$$

– масса напуска:

$$m_{\text{Н}} = V_{\text{Н}} \cdot \rho = 54,05 \cdot 7,1 = 383,7 \text{ г} = 0,384 \text{ кг}.$$

В технических требованиях чертежа отливки следует записать:

Масса 35,26-3,47-0,38-39,11 ГОСТ 26645–85.

Тема 6. Пример определения размеров исходной заготовки и разработки основных операций ковки поковки 1-й группы

Обоснованный выбор ковочного оборудования и исходной заготовки (ИЗ) для поковки окончательного вида на рис. 2, а ([6, рис. П4]) выполним с учетом рекомендаций [2, с. 15–22].

Основной операцией ковки для поковки первой группы будет протяжка с образованием уступов и выемки. Для обеспечения необходимой уковки $Y = 3$ в наименее прокованном (наибольшем $F_{319} = 319^2 \cdot \pi / 4 = 79882 \text{ мм}^2$) сечении по [6, с. 35–39] исходная заготовка из слитка должна иметь поперечное сечение $F_{\text{ИЗ}} = F_{319} \cdot Y = 79882 \cdot 3 = 239646 \text{ мм}^2$. Такое сечение соответствует диаметру:

$$d_{\text{ИЗ}} = \sqrt{4 \cdot F_{\text{ИЗ}} / \pi} = \sqrt{4 \cdot 239647 / \pi} = 552,5 \text{ мм.}$$

По [2, рис. 3.1] примем ближайший больший диаметр $d_{\text{ИЗ}}^* = d_1 = 580 \text{ мм}$ для слитка массой 6,5 т. Тогда $F_{\text{ИЗ}}^* = 580^2 \cdot \pi / 4 = 264074 \text{ мм}^2$.

Выбираем ковочное оборудование по [6, с. 39–41]:

– масса падающих частей (МПЧ) молота МПЧ $= 0,07 \cdot 264074 = 18485 \text{ кг}$;

– усилие пресса $P = 1 \cdot 5,5 \cdot 264074 = 1452407 \text{ Н} \approx 1,5 \text{ МН}$;

– выбираем по [6, табл. 15] пресс с усилием 10 МН и шириной бойка $B_{\text{Б}} = 300 \text{ мм}$ (не более ширины принятой в расчетах проверки выполнимости элементов поковки [6, с. 45]).

Определяем объем и массу ИЗ с размерами, дм:

$$V_{\text{ИЗ}} = V_{\text{П}} + V_{\text{ТО}} + V_{\text{У}},$$

где $V_{\text{П}}$ – объем поковки окончательного вида (рис. 2, а), состоящей из пяти цилиндрических элементов:

$$\begin{aligned} V_{\text{П}} &= V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 = \\ &= (3,19^2 \cdot 0,8 + 2,66^2 \cdot 3,12 + 3^2 \cdot 7,48 + 2,52^2 \cdot 2 + 2,01^2 \cdot 3) \pi / 4 = 96,051 \text{ дм}^3; \end{aligned}$$

$V_{\text{ТО}}$ – объем технологических отходов, равный сумме объемов металла обрубаемых с торцов поковки окончательного вида (рис. 2, а), получивших сферичность при протяжке [2, с. 17]:

$$V_{\text{ТО}} = 0,23(3,19^3 + 2,01^3) = 9,334 \text{ дм}^3;$$

V_y – объем угара (потерь металла на окалинообразование) при нагреве ИЗ и трех подогревах заготовок при протяжке:

$$V_y = (0,025 + 3 \cdot 0,015)(96,051 + 9,334) = 7,377 \text{ дм}^3;$$

$$V_{\text{ИЗ}} = 96,051 + 9,334 + 7,377 = 112,762 \text{ дм}^3.$$

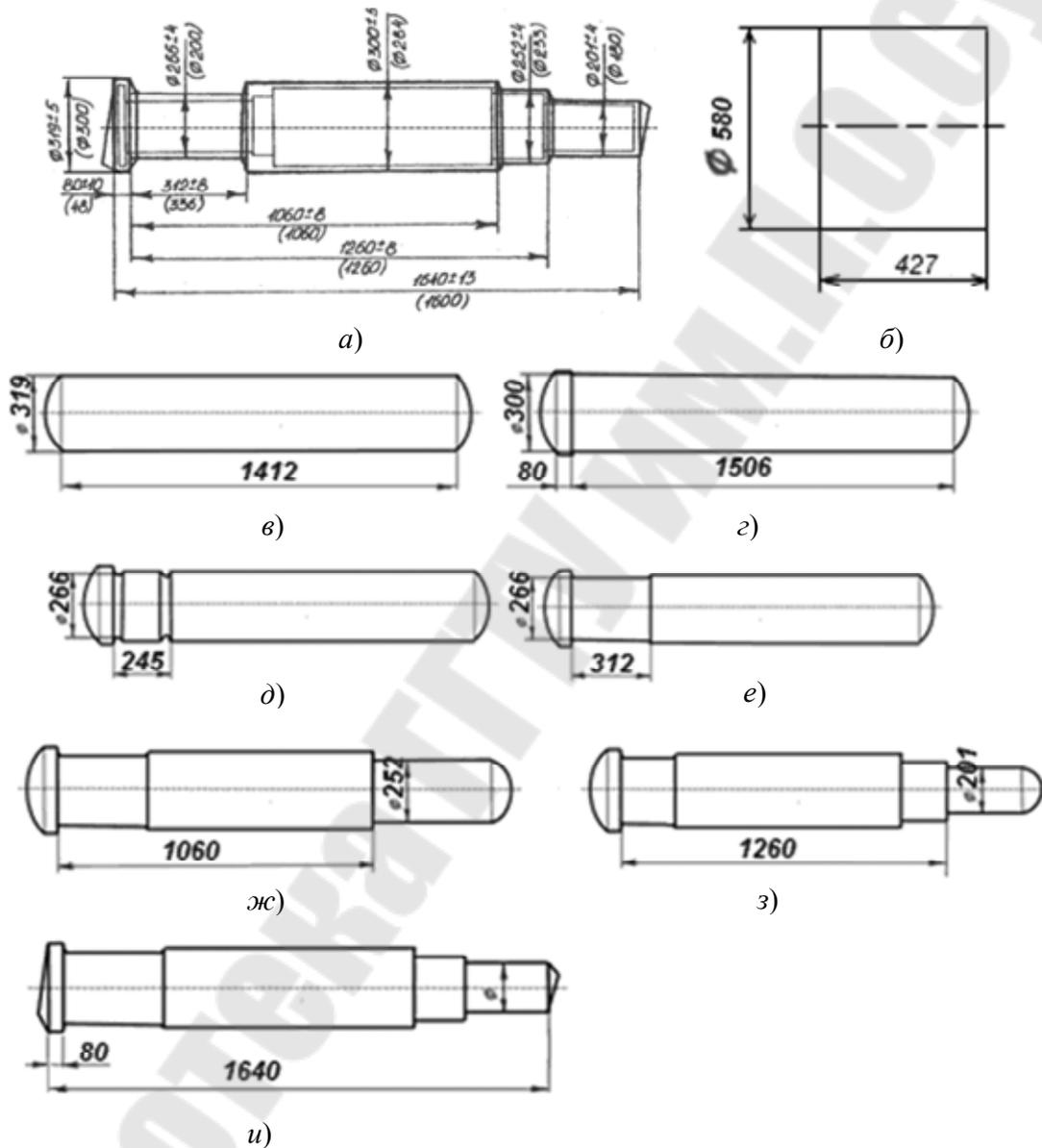


Рис. 2. Эскизы:

а – поковка окончательного вида; *б* – исходная заготовка;
в – протяжка ИЗ до наибольшего диаметра $\varnothing 319$; *г* – протяжка заготовки до диаметра основного сечения $\varnothing 300$; *д* – наметка и прожим участка для образования выемки; *е* – протяжка выемки;
ж – наметка, прожим и протяжка уступа $\varnothing 252$; *з* – наметка, прожим и протяжка уступа $\varnothing 201$; *и* – обрубка торцов с образованием общей длины поковки окончательного вида

Масса ИЗ при плотности стали $\rho = 7,8$ кг/дм³:

$$M_{\text{ИЗ}} = V_{\text{ИЗ}} \cdot \rho = 112,762 \cdot 7,8 = 879,544 \text{ кг.}$$

Определяем размеры длин участков заготовки, подвергаемых протяжке, для операционных эскизов:

– ИЗ на рис. 2, б:

$$L_{\text{ИЗ}} = V_{\text{ИЗ}} / F_{\text{ИЗ}}^* = 112,762 / 26,4074 = 4,27 \text{ дм} = 427 \text{ мм};$$

– протяжки до наибольшего диаметра $\varnothing 319$ на рис. 2, в:

$$L_1 = V_{\text{ИЗ}} / F_{319} = 112,762 / 7,9882 = 14,116 \text{ дм} \approx 1412 \text{ мм};$$

– протяжки до диаметра $\varnothing 300$ на рис. 2, г:

$$\begin{aligned} L_2 &= (V_{\text{ИЗ}} - V_1) / F_{300} = \\ &= (112,762 - 3,19^2 \cdot 0,8 \cdot \pi / 4) / (3^2 \pi / 4) = 15,06 \text{ дм} = 1506 \text{ мм}; \end{aligned}$$

– длина участка для наметки и прожима на рис. 2, д с $\varnothing 300$ до $\varnothing 266$ для протяжки выемки $\varnothing 266$ и длиной 312 (рис. 2, а):

$$L_3 = V_2 / F_{300} = 2,66^2 \cdot 3,12 / 3^2 = 2,45 \text{ дм} = 245 \text{ мм};$$

– протяжка выемки $\varnothing 266$ до длины 312, рис. 2, е.

Остальные размеры длин для операционных эскизов на рис. 2, ж–з определяем от единой базы (неконцевого торца с наибольшими поперечными размерами) по эскизу для поковки окончательного вида на рис. 2, а.

Обрубка торцов на общую длину поковки (удаление технологических отходов) дана на рис. 2, и.

Если в наличии нет слитка массой 6,5 т, то ИЗ можно рубить из других слитков. При выборе больших слитков уковка металла во всех сечениях поковки превысит нормативное значение $Y_{\text{Н}} = 2,5-3$ [6, с. 36], так как первая протяжка на $\varnothing 319$ будет производиться с диаметров, больших $d_{\text{ИЗ}} = 552,5$. Если поковку будут изготавливать из слитков меньшей массы, например, 2 т или 3, то для обеспечения необходимой уковки металла в наименее проковываемом сечении $\varnothing 319$ ИЗ перед протяжкой на этот диаметр следует осадить на определенную высоту. Определение высоты заготовки после осадки такой ИЗ производится с учетом обеспечения нормативной уковки наименее прокованного элемента поковки окончательного вида – бурта $\varnothing 319$.

Уковка при осадке и протяжке рассчитывается, исходя из неизменности объема деформируемого материала:

$$Y = F_B / F_M = l_B / l_M, \quad (1),$$

где F_B – большая площадь заготовки после (до) операции; F_M – меньшая площадь заготовки до (после) операции; l_B – большая высота (длина) заготовки до (после) операции; l_M – меньшая высота (длина) заготовки после (до) операции.

Например, из слитка массой 3 т [2, рис. 3.1] после отрубки прибыльной и донной частей и биллетировки до диаметра $d_1 = 450$ можно получить ИЗ (рис. 3, а) длиной:

$$L_{450} = V_{ИЗ} / F_{450} = 112,762 / (4,5^2 \pi / 4) = 7,09 \text{ дм} = 709 \text{ мм}.$$

Отношение длины к диаметру $L_{450}/d_1 = 709/450 = 1,58 < 2,5$ подтверждает возможность выполнения осадки.

Уковка при протяжке ИЗ с $\varnothing 450$ до $\varnothing 319$ меньше нормативной величины:

$$Y_2 = F_{450} / F_{319} = 4,5^2 / 3,19^2 = 1,99 \leq (2,5-3).$$

Поэтому для доведения уковки до $Y_H = 3$ следует произвести предварительную осадку ИЗ с уковкой:

$$Y_2 = \sqrt{\frac{Y_H}{Y_1}} = \sqrt{3/1,99} = 1,23.$$

По формуле (1) ИЗ следует осадить до высоты $l_M = 709/1,23 = 576$, которую легче контролировать при осадке, чем диаметр, так как при этом заготовка приобретает бочкообразность, а следовательно, и разные диаметры по высоте заготовки. Средний диаметр заготовки длиной 5,76 дм рассчитывается через объем ИЗ:

$$d_{CP} = \sqrt{\frac{4V_{ИЗ}}{\pi l_M}} = 1,128 \sqrt{112,762/5,76} = 4,99 \text{ дм} = 499 \text{ мм}.$$

Техпроцессковки из трехтонного слитка начнется с отрубки ИЗ (рис. 3, а), осадки (рис. 3, б), а затем продолжится с выполнением протяжки по эскизам на рис. 2, в–и.

Техпроцессковки поковки (рис. 2, а) из двухтонного слитка, прошедшего биллетировку до $d_1 = 380$, начнется с отрубки ИЗ длиной:

$$L_{380} = V_{ИЗ} / F_{380} = 112,762 / (3,8^2 \pi / 4) = 9,948 \text{ дм} \approx 995 \text{ мм}.$$

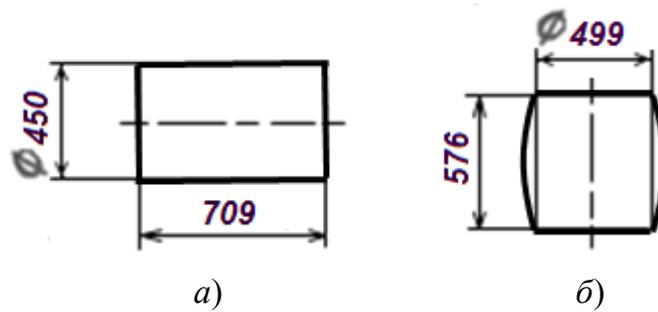


Рис. 3. Эскизы:
 а – ИЗ; б – осадки ИЗ из 3-тонного слитка

При такой длине осадка затруднена из-за возможного продольного прогиба и зажима боковой поверхности [1, рис. 28, б], так как $L_{380} / d_1 = 995 / 380 = 2,62 > 2,5$. Чтобы избежать возникших трудностей следует увеличить диаметр биллетировки слитка с $d_2 = 550$ до диаметра, например, $\varnothing 400$ или $\varnothing 450$. В этом случае длина ИЗ уменьшится. При этом расчеты будут аналогичны приведенным ранее:

$$L_{400} = V_{\text{ИЗ}} / F_{400} = 112,762 / (4^2 \pi / 4) = 8,98 \text{ дм} \approx 898 \text{ мм.}$$

Проверка выполнимости осадки $L_{400} / d = 898 / 400 = 2,24 < 2,5$ подтверждает ее возможность.

Уковку бурта $\varnothing 319$ при протяжке с $\varnothing 400$ до $\varnothing 319$:

$$Y_2 = F_{400} / F_{319} = 4^2 / 3,19^2 = 1,57$$

следует увеличить до $Y_H = 3$ осадкой длины $L_{400} = 898$ до длины:

$$L = L_{400} / \sqrt{Y_H / Y_2} = 898 / \sqrt{3 / 1,57} = 650.$$

Затем ковка продолжится с выполнением протяжки по эскизам на рис. 2, в–и.

Тема 7. Пример проектирования поковки 5-й группы, изготавливаемой ковкой на молоте

По [7] или по [6, с. 26–28] для полого вала, изображенного тонкими линиями на рис. 4 (с размерами в скобках под размерными линиями), определяем основные припуски, предельные отклонения и размеры поковки:

– на $\varnothing 340$ по табл. 9: 22 ± 9 размер поковки с основным припуском: $340 + 22 \pm 9 = 362 \pm 9$;

- на $\varnothing 220$ по табл. 9: 22 ± 9 размер поковки с основным припуском: $220 + 22 \pm 9 = 242 \pm 9$;
- на отверстие $\varnothing 160$ по табл. 10 размер поковки: 120 ± 10 ;
- на общую длину детали, превышающую два ее наибольших диаметра ($700 > 2 \cdot 340$), по схеме [6, рис. 10, а]: $700 + 5(22 \pm 9) = 810 \pm 45$;
- на длину выступа детали, превышающую два ее наибольших диаметра, по схеме [6, рис. 10, а]: $300 + (2,5 + 1)(22 \pm 9) = 377 \pm 31,5$ после округления до целых 377 ± 32 .

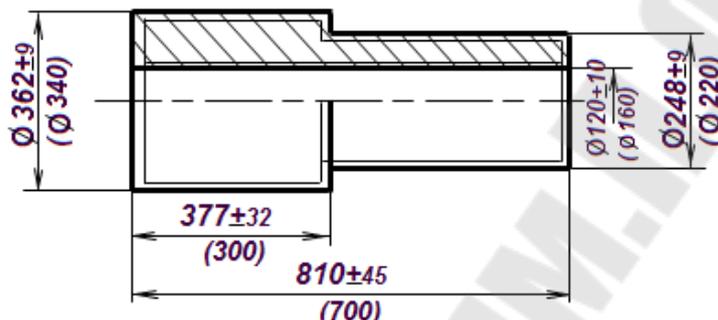


Рис. 4. Поковка 5-й группы, изготавливаемая ковкой на молоте

Дополнительный припуск $S = 6$ по [6, табл. 2] на диаметр неосновного элемента поковки (элемент с меньшей наружной поверхностью или с меньшим значением произведения DL) назначаем на $\varnothing 242$ ($\varnothing 242 + 6 = 248$), так как $362 \cdot 377 > 242(810 - 377)$ ($136474 > 104786$).

Проверка выполнимости элементов поковки по [6, с. 18–20]:

- уступ $\varnothing 248$ по высоте – выполним, по длине – выполним при ширине бойка молота не более 1082 мм;
- отверстие $\varnothing 120$ – выполнимо по примечаниям к [6, табл. 10].

Размеры с допусками поковки окончательного вида указаны над размерными линиями на рис. 4.

Тема 8. Пример определения размеров исходной заготовки и выполнения эскизов основных операций изготовления поковки 5-й группы ковкой на молоте

В соответствии с [1, с. 65] и [2, с. 15,16] поковка на рис. 4 относится к удлиненным прямым полым поковкам с уступами – 1 ПР-СО-Су. После выбора ИЗ техпроцессковки такой поковки должен включать осадку, прошивку отверстия и протяжку на конической оправке с образованием уступа.

Определяем объем и массу ИЗ:

$$V_{\text{ИЗ}} = V_{\text{П}} + V_{\text{ТО}} + V_{\text{У}};$$

– $V_{\text{П}}$ – объем в дм^3 поковки на рис. 4, состоит из суммы объемов двух цилиндров с диаметрами $\varnothing 3,62$ (V_1) и $\varnothing 2,48$ (V_2) за вычетом объема отверстия $\varnothing 1,2$ (V_3):

$$V_{\text{П}} = V_1 + V_2 - V_3 = (3,62^2 \cdot 3,77 + 2,48^2 \cdot 4,33 - 1,2^2 \cdot 8,1)\pi/4 = 50,53 \text{ дм}^3;$$

– $V_{\text{ТО}}$ – объем технологических отходов («выдры») при прошивке отверстия в заготовке после осадки ИЗ. Так как на данном этапе проектирования ИЗ не известна глубина прошивки отверстия $\varnothing 120$ мм под установку конической оправки, принимаем ее меньше максимально возможной глубины прошивки по примечанию к [6, табл. 6]: $H = 2,5 \cdot d = 2,5 \cdot 120 = 300 \text{ мм} = 3 \text{ дм}$. По [1, с. 61] «выдру» принимаем $h_{\text{В}} = 0,3 \cdot H$. Тогда $V_{\text{ТО}} = 0,3 \cdot 1,2^2 \cdot 3 \cdot \pi/4 = 1,02 \text{ дм}^3$;

– $V_{\text{У}}$ – объем на «угар» металла при нагреве ИЗ и подогревах заготовок по [6, с. 36] с учетом нагрева ИЗ для осадки, прошивки, протяжки на $\varnothing 362$ и одного подогрева для протяжки уступа $\varnothing 248$:

$$V_{\text{У}} = (0,025 + 0,015)(V_{\text{П}} + V_{\text{ТО}}) = 0,04(50,53 + 1,02) = 2,06 \text{ дм}^3;$$

$$V_{\text{ИЗ}} = 50,53 + 1,02 + 2,06 = 53,61 \text{ дм}^3.$$

Масса стальной ИЗ:

$$M_{\text{ИЗ}} = V_{\text{ИЗ}} \cdot \rho = 53,61 \cdot 7,8 = 418,2 \text{ кг}.$$

Наименее прокованным будет выступ $\varnothing 362$, поэтому для обеспечения металлу в нем нормативной уковки $Y_{\text{Н}} = 3$ целесообразно выбрать для ИЗ слиток такого диаметра, чтобы $Y_{\text{Н}}$ была обеспечена при осадке ИЗ под прошивку отверстия и протяжке образовавшейся гильзы на конической оправке на $\varnothing 362$, т. е. $Y_{\text{Н}} = 3 = Y_{\text{ОС}} \cdot Y_{\text{ПР}}$.

Эта задача имеет множество решений, из которых выбрать оптимальное по критериям технической (обеспечение качественной поковки) и экономической (минимальные затраты материала, энергии, труда рабочих и т. д.) целесообразности можно методом последовательных приближений к области оптимальных значений упомянутых критериев.

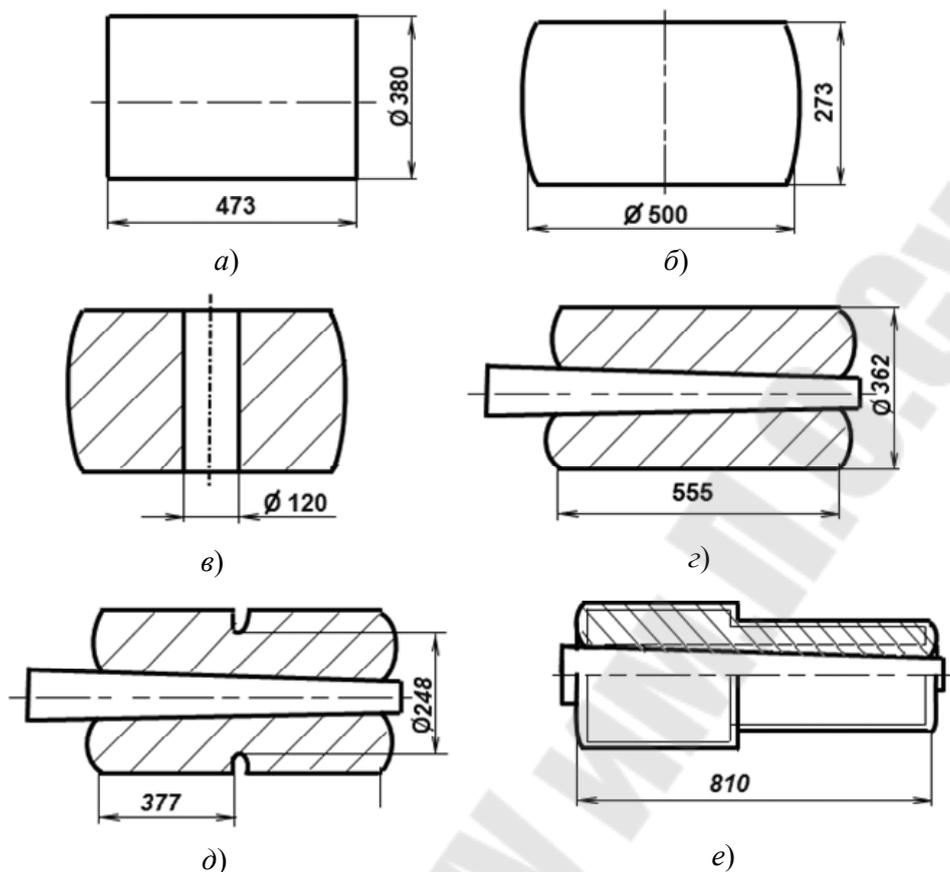


Рис. 5. Эскизы:

a – исходная заготовка; *б* – осадка; *в* – прошивка с пробивкой отверстия; *г* – протяжка на конической оправке на вырезных бойках до диаметра основного сечения; *д* – наметка и прожим до диаметра $\text{Ø} 248$; *е* – протяжка уступа $\text{Ø} 248$ до длины поковки окончательного вида

Например, приняв $Y_{\text{OC}} = Y_{\text{ПР}} = \sqrt{Y_{\text{Н}}} = 1,73$ и учитывая ранее принятую высоту заготовки после осадки $H = 300$ мм, определим длину ИЗ $L_{\text{ИЗ}} = H \cdot Y_{\text{OC}} = 300 \cdot 1,73 = 519$ мм. Тогда средний диаметр ИЗ:

$$d_{\text{ИЗ}} = \sqrt{4V_{\text{ИЗ}}/\pi L_{\text{ИЗ}}} = 1,128\sqrt{53,61/5,19} = 3,63 \text{ дм} = 363 \text{ мм.}$$

По [2, с. 20] ближайший стандартный диаметр 2-тонного слитка после биллетировки $d_1 = 380$. Тогда ИЗ рис. 5, *a* должна иметь длину:

$$L_{\text{ИЗ}} = 4V_{\text{ИЗ}}/(\pi d_1^2) = 4 \cdot 53,61/(\pi 3,8^2) = 4,73 \text{ дм} = 473 \text{ мм.}$$

Осадку ИЗ (рис. 5, *б*) следует выполнить до высоты $H_{\text{OC}} = 473/1,73 = 273$ мм. Средний диаметр заготовки после осадки:

$$d_{\text{OC}} = \sqrt{4V_{\text{ИЗ}}/\pi H_{\text{OC}}} = 1,128\sqrt{53,61/2,73} = 5 \text{ дм} = 500 \text{ мм.}$$

Прошивку с пробивкой отверстия (рис. 5, в) на глубину $H_{OC} = 273$ мм выполнить проще, чем на глубину 300.

Протяжка на конической оправке с $\varnothing 500$ на $\varnothing 362$ (рис. 5, в) удлинит заготовку до длины:

$$\begin{aligned} L_{362} &= 4(V_{ИЗ} - V_{ТО}) / (\pi(d_{362}^2 - d_{120}^2)) = \\ &= 4(53,61 - 1,02) / (\pi(3,62^2 - 1,2^2)) = 5,55 \text{ дм} = 555 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Наметка и прожим $\varnothing 362$ до диаметра $\varnothing 248$ с образованием длины выступа 377. Удаление оправки и подогрев заготовки (гильзы). Установка оправки в гильзу и протяжка уступа $\varnothing 248$ до длины поковки окончательного вида. Для проверки выполним расчет длины уступа $\varnothing 248$:

$$\begin{aligned} L_{248} &= 4(V_{ИЗ} - V_{ТО} - V_{УГ} - V_{362}) / (\pi(d_{248}^2 - d_{120}^2)) = \\ &= 4(53,61 - 1,02 - 2,06 - \pi 3,77(3,62^2 - 1,2^2) / 4) / (\pi(2,48^2 - 1,2^2)) = \\ &= 4,33 \text{ дм} = 433 \text{ мм}, \end{aligned}$$

которая в сумме с длиной выступа $\varnothing 362$ даст общую длину поковки окончательного вида $377 + 433 = 810$ (рис. 5, е).

Тема 9. Пример определения размеров исходной заготовки и выполнения эскизов основных операций изготовления поковки 6-й группы ковкой на молоте

Пример [6, с. 50–51] проектирования поковки окончательного вида [6, рис. П.9] представлен в [7].

В соответствии с [1, с. 65] и [2, с. 15–16] поковка на рис. 6, а относится ко второй группе полых поковок с уступами – 2СО-Су. После выбора ИЗ техпроцессковки такой поковки должен включать осадку ИЗ на участке ступицы $\varnothing 322$ в подкладном кольце с высадкой фланца $\varnothing 470$ (рис. 6, в), глухую прошивку отверстия $\varnothing 104$ со стороны фланца на рис. 6, з (при необходимости обкатку по фланцу) и пробивку этого отверстия со стороны ступицы на рис. 6, д.

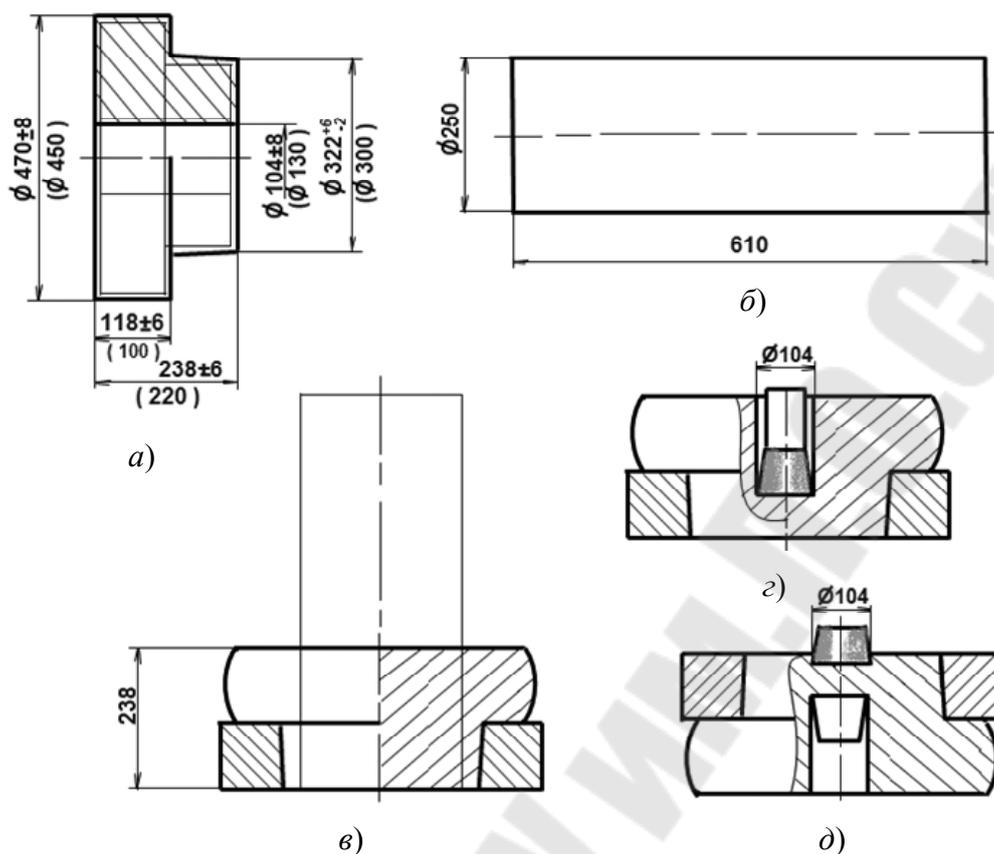


Рис. 6. Эскизы:

- а – поковка окончательного вида; б – исходная заготовка;
 в – осадка ИЗ с высадкой фланца в подкладном кольце;
 г – прошивка отверстия; д – пробивка отверстия

Определяем объем и массу ИЗ:

$$V_{\text{ИЗ}} = V_{\text{П}} + V_{\text{ТО}} + V_{\text{У}};$$

– $V_{\text{П}}$ – объем в дм^3 поковки на рис. 6, а, состоит из суммы объемов фланца V_1 (цилиндра $\text{Ø} 4,7$), ступицы V_2 (усеченного конуса с меньшим диаметром $\text{Ø} 3,22$) за вычетом объема отверстия V_3 (цилиндр $\text{Ø} 1,04$)
 $V_{\text{П}} = V_1 + V_2 - V_3$. Для расчета объема ступицы определим больший диаметр, прибавив к меньшему $\text{Ø} 322$ два меньших катета прямоугольных треугольников с противолежащими углами 3° (стандартный уклон подкладного кольца). Длина катета прямоугольного треугольника, прилежащего к углу 3° , равна 120 (длина ступицы $L_{\text{С}} = 238 - 118 = 120$). Противолежащий катет равен $120 \cdot \text{tg}3^\circ = 6,3$. Больший диаметр ступицы – $322 + 2 \cdot 6,3 = 334,6 \approx 335 \text{ мм} = 3,35 \text{ дм}$:

$$V_{\Pi} = (4,7^2 \cdot 1,18 - 1,04^2 \cdot 2,38)\pi/4 + \\ + ((3,35/2)^2 + (3,22/2)^2 + (3,35/2)(3,35/2))1,2 \cdot \pi/3 = 28,61 \text{ дм}^3;$$

– $V_{\text{ТО}}$ – объем технологических отходов («выдры») при пробивке отверстия $\varnothing 104$ на глубину (длину поковки) $L_{\Pi} = 238$ в заготовке после осадки ИЗ в подкладном кольце. Так как глубина прошивки меньше трех диаметров отверстия $\varnothing 104$ мм ($238 < 3 \cdot 104$), прошивка возможна, а «выдру» по [1, с. 61] принимаем $h_{\text{В}} = 0,3L_{\Pi}$. Тогда

$$V_{\text{ТО}} = 0,3 \cdot 2,38 \cdot 1,04^2 \pi / 4 = 0,606 \text{ дм}^3;$$

– $V_{\text{У}}$ – объем на «угар» металла при одном нагреве ИЗ по [6, с. 36] для осадки, пробивки и обкатки фланца $\varnothing 470$:

$$V_{\text{У}} = 0,025(V_{\Pi} + V_{\text{ТО}}) = 0,025(28,61 + 0,606) = 0,73 \text{ дм}^3;$$

$$V_{\text{ИЗ}} = 28,61 + 0,606 + 0,73 = 29,946 \text{ дм}^3.$$

Масса стальной ИЗ:

$$M_{\text{ИЗ}} = V_{\text{ИЗ}}\rho = 29,946 \cdot 7,8 = 233,6 \text{ кг.}$$

Наименее прокованным будет сечение ступицы $\varnothing 322$ $F_{322} = 3,22^2 \pi / 4 = 8,14 \text{ дм}^2$. Для ИЗ из проката или полуфабриката [2, с. 20] нормативная уковка $Y_{\text{Н}} = 1,5$.

Целесообразно выбрать для ИЗ прокат такого диаметра, чтобы $Y_{\text{Н}}$ была обеспечена при осадке ИЗ в подкладном кольце на $\varnothing 362$. Тогда площадь ИЗ по формуле (1):

$$F_{\text{ИЗ}} = F_{322} / Y_{\text{Н}} = 8,14 / 1,5 = 5,43 \text{ дм}^2,$$

а диаметр для этого сечения:

$$d_{\text{ИЗ}} = \sqrt{4F_{\text{ИЗ}}/\pi} = 1,128\sqrt{F_{\text{ИЗ}}} = 1,128\sqrt{5,43} = 2,63 \text{ дм} = 263 \text{ мм.}$$

Ближайший меньший стандартный диаметр круглого проката $\varnothing 250$ с площадью сечения $F_{250} = 2,5^2 \pi / 4 = 4,906 \text{ дм}^2$. Длина ИЗ из этого проката:

$$L_{\text{ИЗ}} = V_{\text{ИЗ}}/F_{250} = 29,946 / 4,906 = 6,1 \text{ дм} = 610 \text{ мм.}$$

Осадка такой ИЗ в подкладном кольце возможна, так как отношение высоты (длины) ИЗ к диаметру меньше критического значения для осадки ($L_{ИЗ} / d = 610 / 250 = 2,44 < 2,5$).

Уковка металла в ступице $Y_{СТ}$, равная отношению высоты h участка ИЗ, который при деформации образует ступицу, к длине ступицы $L_C = 120$:

$$h = V_{СТ} / F_{250} =$$

$$= 1,2((3,35^2 + 3,22^2 + 3,35 \cdot 3,22)\pi / 12 - 1,04^2 \pi / 4) / 4,906 = 1,87 \text{ дм} = 187 \text{ мм},$$

где $V_{СТ}$ – объем ступицы, будет больше нормативной $Y_{СТ} = 187 / 120 = 1,55 > 1,5$.

В рассмотренном примере длина ИЗ позволяет выполнить осадку. Если же ее величина окажется больше двух с половиной диаметров $L_{ИЗ} / d > 2,5$, то следует выбрать ИЗ с большей площадью поперечного сечения. Это уменьшит длину ИЗ и высоту ее при осадке. При этом уковка металла в ступице может оказаться меньше нормативного значения, или ИЗ не поместится в подкладное кольцо. Эти проблемы следует решать, выполняя протяжку ИЗ со значением уковки $Y_{ПР}$, таким, которое в произведении с уковкой последующей осадки $Y_{ОС}$ на участке, предназначенном для образования ступицы, даст значение, не меньшее нормативной уковки для выбранной ИЗ ($Y_{ПР} \cdot Y_{ОС} \geq Y_{Н}$).

Например, если в качестве ИЗ для данной поковки вместо круглого проката выбрать блюм [2, с. 20], то сторона его квадратного сечения должна быть не больше:

$$a = \sqrt{F_{ИЗ}} = \sqrt{5,43} = 2,33 \text{ дм} = 233 \text{ мм}.$$

Ближайшее меньшее стандартное значение стороны квадратного сечения блюма $a = 220$ и длина его диагонали $c = a\sqrt{2} = 220\sqrt{2} = 311$ позволит установить ИЗ в подкладное кольцо. При этом длина ИЗ: $L_{ИЗ} = V_{ИЗ} / F_{220} = 29,946 / 2,2^2 = 6,187 \text{ дм} \approx 619 \text{ мм}$ не позволит выполнить осадку, так как отношение высоты ИЗ к стороне квадрата больше 2,5:

$$h/a = 619 / 220 = 2,8 > 2,5.$$

Поэтому в качестве ИЗ следует выбрать большее стандартное значение стороны квадратного сечения блюма $a = 240$, но длина его

диагонали $c = a\sqrt{2} = 240\sqrt{2} = 339,4$ не позволит установить ИЗ в подкладное кольцо. При этом длина ИЗ: $L_{\text{ИЗ}} = V_{\text{ИЗ}}/F_{240} = 29,946/2,4^2 = 5,199$ дм ≈ 520 мм позволит выполнить осадку, так как отношение высоты ИЗ к стороне квадрата меньше 2,5:

$$h/a = 520/240 = 2,17 < 2,5.$$

Протяжка ИЗ по углам квадратного сечения на ранее определенную длину 187 мм уменьшит поперечные размеры ставшего восьмигранным участка для формирования ступицы и позволит установить ИЗ в подкладное кольцо для осадки.

Общую уковку металла в ступице при протяжке квадратного сечения на восьмигранное и при последующей осадке в подкладном кольце для контроля понимания представленной методики и навыков расчетов предлагаю выполнить самостоятельно.

Литература

1. Щербаков, С. А. Проектирование и производство заготовок : курс лекций по одноим. дисциплине для студентов специальности 1-36-01 01 «Технология машиностроения» днев. и заоч. форм обучения / А. С. Щербаков. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2011. – 116 с.

2. Щербаков, С. А. Проектирование и производство заготовок : метод. указания к контрол. работам по одноим. курсу для студентов специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения», 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» заоч. формы обучения / А. С. Щербаков. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2007. – 38 с.

3. Щербаков, С. А. Практическое руководство к лабораторной работе № 1 по курсу «Проектирование и производство заготовок» для студентов специальности Т03.01.00 «Технология, оборудование и автоматизация машиностроения» / А. С. Щербаков. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2000. – 54 с.

4. ГОСТ 26645–85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.

5. ГОСТ 3212–82. Формовочные уклоны.

6. Щербаков, С. А. Проектирование и производство заготовок : практ. руководство к лаборатор. работе № 5 по одноим. курсу для студентов специальности Т03.01.00 «Технология, оборудование и автоматизация машиностроения» / А. С. Щербаков. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2002. – 55 с.

7. ГОСТ 7829–70. Поковки из углеродистой и легированной стали, изготовляемые ковкой на молотах.

8. Щербаков, С. А. Проектирование и производство заготовок. Проектирование штампованных поковок : практикум для студентов специальностей 1-36-01 01 «Технология машиностроения» и 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» днев. и заоч. формы обучения / А. С. Щербаков. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009. – 40 с.

9. ГОСТ 7505–89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски.

Приложение

Таблица П.1.1

**Значения формовочных уклонов формообразующих поверхностей
модельного комплекта для песчано-глинистых смесей
(пункт 1.2 ГОСТ 3212-92)**

Высота h , мм	Формовочный уклон β комплекта			
	металлического, пластмассового		деревянного	
		мм		мм
До 10	2°20'	0,40	2°55'	0,50
16	1°35'	0,45	1°55'	0,55
25	1°10'	0,50	1°30'	0,65
40	50'	0,60	1°05'	0,75
63	35'	0,65	45'	0,85
100	25'	0,75	35'	1,00
160		0,95	25'	1,20
250		1,45	25'	1,85
400		2,30		2,30
630	20'	3,65		3,65
1000		5,80	20'	5,80
1600		9,30		9,30
2500		14,50		14,50

Таблица П.1.2

Размеры канавок в штампах для заусенцев

Размеры облойных канавок, мм (S , мм ²)											
h_3	h_1	R	A			B			B		
			S	b	b_1	S	b	b_1	S	b	b_1
0,6	3	1,0	52	6	18	61	6	20	74	8	22
0,8	3	1,5	69	6	20	77	7	22	84	9	25
1	3	1,5	80	7	22	91	8	25	104	10	28
1,6	3,5	1,5	102	8	22	113	9	25	155	11	30
2	4	2,0	136	9	25	153	10	28	177	12	32
3	5	2,0	201	10	28	233	12	32	278	14	38
4	6	2,5	268	11	30	344	14	38	385	16	42
5	7	2,5	343	12	32	434	15	40	506	18	46
6	8	3,0	435	13	35	530	16	42	642	20	50
8	10	3,5	601	14	38	745	18	46	903	22	55
10	12	3,5	768	15	40	988	20	50	1208	25	60

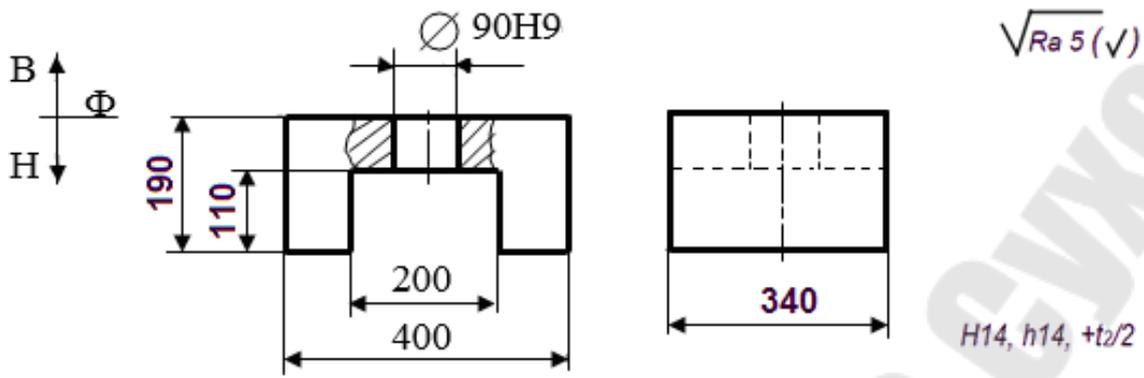


Рис. П.1.1. Корпус

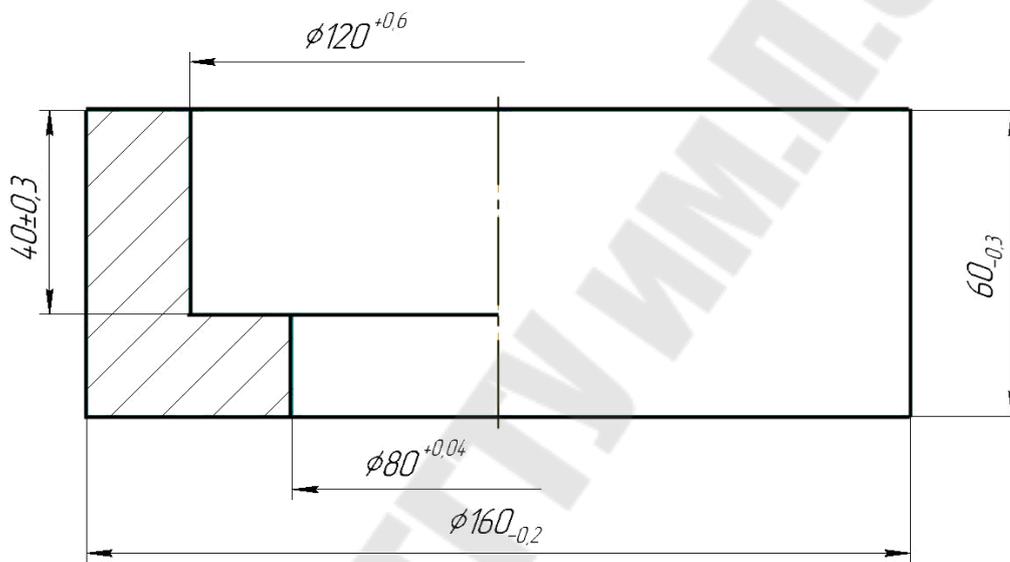


Рис. П.1.2. Корпус

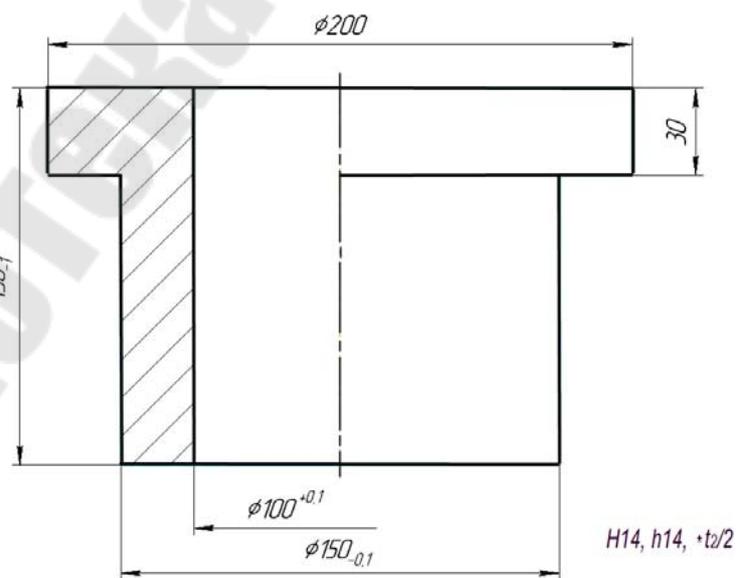


Рис. П.1.3. Втулка

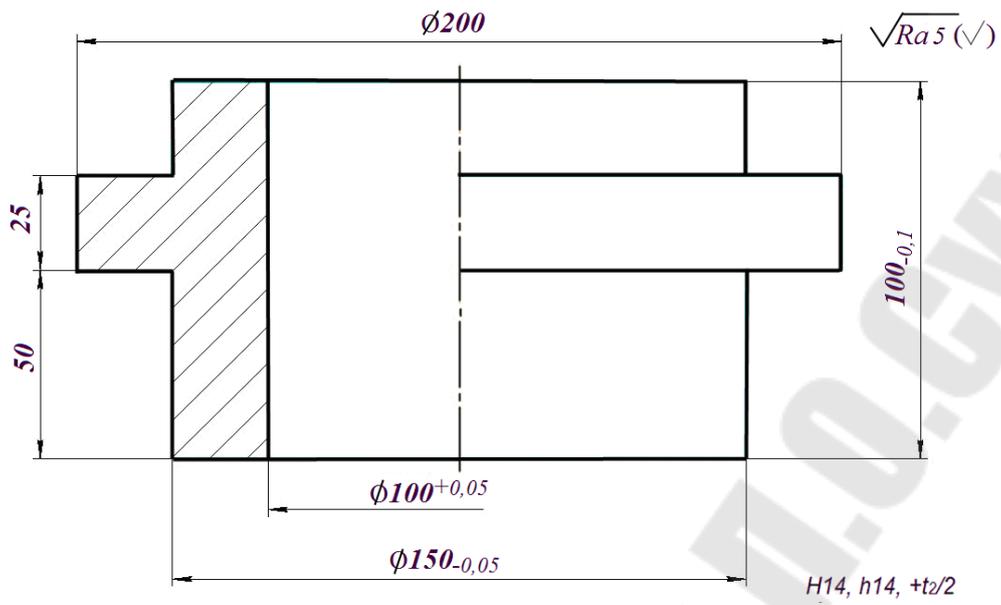


Рис. П.1.4. Фланец

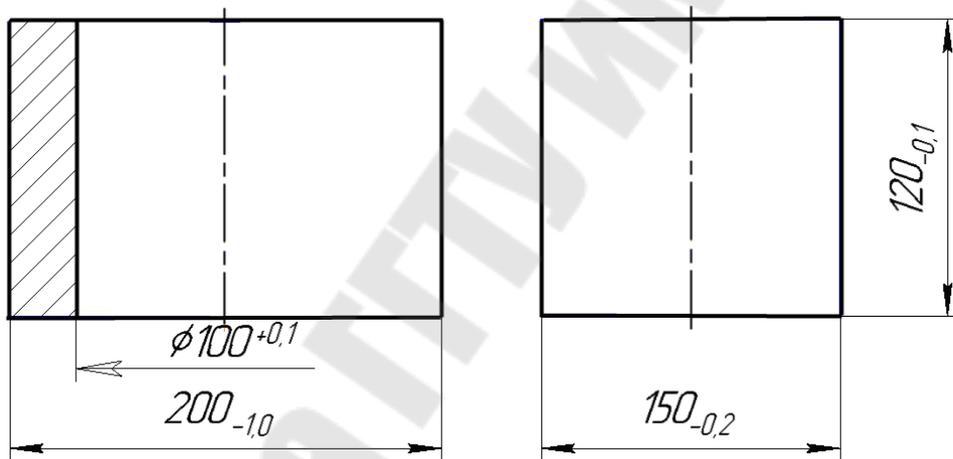


Рис. П.1.5. Ползун

Содержание

Тема 1. Типовые задачи, решаемые при проектировании мерных заготовок	4
Тема 2. Типовые задачи, решаемые при проектировании кованных на молотах и прессах поковок	6
Тема 3. Типовые задачи, решаемые при проектировании отливок	14
Тема 4. Типовые задачи, решаемые при проектировании штампованных поковок	22
Тема 5. Пример проектирования отливки	31
Тема 6. Пример определения размеров исходной заготовки и разработки основных операцийковки поковки 1-й группы	37
Тема 7. Пример проектирования поковки 5-й группы, изготавливаемой ковкой на молоте	41
Тема 8. Пример определения размеров исходной заготовки и выполнения эскизов основных операций изготовления поковки 5-й группы ковкой на молоте	42
Тема 9. Пример определения размеров исходной заготовки и выполнения эскизов основных операций изготовления поковки 6-й группы ковкой на молоте	45
Литература	50
Приложение	51

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

Щербаков Сергей Александрович

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ЗАГОТОВОК

Практикум

**по одноименной дисциплине для студентов
специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения»
и 1-53 01 01 «Автоматизация технологических
процессов и производств (по направлениям)»
дневной и заочной форм обучения**

Электронный аналог печатного издания

Редактор
Компьютерная верстка

Т. Н. Мисюрова
Н. Б. Козловская

Подписано в печать 17.06.19.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 3,25. Уч.-изд. л. 3,58.

Изд. № 32.

<http://www.gstu.by>

Издатель и полиграфическое исполнение
Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого.
Свидетельство о гос. регистрации в качестве издателя
печатных изданий за № 1/273 от 04.04.2014 г.
пр. Октября, 48, 246746, г. Гомель