

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ



КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Р.С. ДАВЛЕТБАЕВ

Технология новых материалов

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Казань 2024

ПРЕДИСЛОВИЕ

При проектировании конструкции машин и приборов инженер должен создать конструкцию с заданными эксплуатационными свойствами и учесть особенности технологии изготовления деталей. Значение этой задачи возрастает при изготовлении комбинированных деталей (например, с использованием отливок, поковок, проката, соединяемых сваркой, пайкой, склеиванием, склепыванием).

Технология конструкционных материалов (ТКМ) связывает параметры конструирования машиностроительных деталей и технологии их изготовления, устанавливает требования для обеспечения заданных технологических и эксплуатационных свойств машиностроительных деталей и заготовок для них.

В предлагаемом задачнике рассмотрена последовательность разработки конструкции заготовок, технологии их изготовления и механической обработки.

Первая и вторая главы посвящены соответственно решению технологических задач по разработке технологии изготовления поковок и штампованных оболочек.

В третьей главе рассмотрены примеры разработки технологии изготовления чугунных отливок литьем в песчаные формы.

Четвертая и пятая главы посвящены соответственно выбору вида заготовки для механической обработки и собственно механической обработке типовых поверхностей заготовок деталей машин.

В шестой главе приведены вопросы для самопроверки.

1. ШТАМПОВАННЫЕ ПОКОВКИ

Конструкция детали зависит от технологических особенностей, способов и методов получения заготовки.

Если все поверхности деталей формируются только за счет механической обработки, то расход материала увеличивается, вероятно удорожание деталей, снижение прочности, надежности и долговечности. Конструирование детали без учета технологических требований к форме заготовки особенно нежелательно при ее изготовлении из штампованной поковки, когда необходимость разъема частей штампа и извлечения из них поковки накладывает целый ряд ограничений на ее форму. Поэтому форму детали следует приближать к форме поковки, являющейся заготовкой для последующей механической обработки.

Идеальная заготовка для последующей механической обработки имеет только припуски на сопрягаемых поверхностях. На реальной заготовке помимо этого существуют дополнительные объемы металла, зависящие от способа штамповки.

1.1. Методика решения технологической задачи

Задан эскиз машиностроительной детали, изготавливаемой только механической обработкой резанием, с указанием поверхностей, сопрягаемых с другими деталями. Необходимо выбрать рациональный способ штамповки заготовки для этой детали и разработать эскиз поковки.

Для выполнения задачи необходимо:

- выбрать поверхность (или поверхности) разъема;
- в соответствии с выбранной поверхностью представить эскиз поковки с технологическими припусками и напусками;
- определить диаметр заготовки, которую можно центрировать в нижней полости штампа;
- определить (из равенства объемов) длину (высоту) заготовки, удобной для штамповки на последнем штампе (ручье); сравнить ее с длиной, рекомендуемой при резке сортового проката на прессножницах;

- если сравниваемые длины отличаются более чем на 50 %, то назначить дополнительную операцию «осадка»;
- выбрав другие технически возможные поверхности разъема, представить эскизы поковок с припусками и напусками;
- сопоставить формы поковок и по суммарной массе (приблизительно) припусков и напусков выбрать рациональный способ штамповки;
- построить чертеж детали, изготовленной из поковки, штампованной выбранным способом, с соответствующей ему формой и размерами несопрягаемых поверхностей.

Выбор поверхности разъема штампов

За редким исключением штампы имеют одну, реже две поверхности разъема. При штамповке на большинстве видов оборудования (прессы, молоты) штампы имеют одну поверхность разъема. Две поверхности разъема имеют штампы горизонтально-ковочных машин (ГКМ), горячештамповочных и холодновысадочных автоматов. Наличие второй поверхности разъема обеспечивают дополнительно встроенным механизмом, что удорожает оборудование и полученные на нем поковки. Стоимость штамповки на ГКМ, например, в 1,5 раза больше стоимости штамповки на прессе.

Плоскость (поверхность) разъема штампов должна располагаться так, чтобы поковку можно было извлечь из штампа при небольших технологических напусках. Если это невозможно, назначают напуски, упрощающие форму поковки за счет устранения полостей, отверстий, поднутрений, канавок и пр.

Желательно, чтобы плоскость разъема совпадала с плоскостью двух наибольших габаритных размеров детали; при этом полости штампа будут иметь наименьшую глубину.

Полости (отверстия) в поковке можно получить, если их оси будут перпендикулярны плоскости разъема (или направлению перемещения одной из половин штампа).

Технологические напуски

Кроме напусков, упрощающих форму детали, для возможности извлечения из штампа поковка должна иметь уклоны на поверхностях, параллельных направлению перемещения частей штампа. На сопрягаемых поверхностях штамповочные уклоны назначают сверх припуска на механическую обработку.

Размеры штамповочных уклонов зависят от расположения поверхности, глубины полости штампа и ее формы, от вида штампо-

вочного оборудования и пр. По расположению поверхности различают наружные и внутренние уклоны. Уклон α на наружной поверхности поковки больше уклона β на внутренней. Это связано с различными условиями охлаждения наружной и внутренней поверхности. Глубина полости характеризуется отношением глубины к ширине (h/d). Наличие верхних и нижних выталкивателей (у кривошипных горячештаповочных прессов – КГШП) или второй поверхности разъема (у горизонтально-ковочных машин – ГКМ) позволяет уменьшать штаповочные уклоны. Вместе с тем штаповочные уклоны имеют стандартные значения, так как при изготовлении штапов полости фрезеруют стандартным набором инструмента. Ориентировочно уклоны выбирают по табл. 1.

Таблица 1

Штаповочные уклоны при горячей объемной штамповке

Относительная глубина полости h/d	Молотовый штамп		Штамп для КГШП		Штамп для ГКМ	
	α	β	α	β	α	β
До 1 (включит.)	3	5	1	3	0,5	0,5
Свыше 1 до 2,5	5	7	2	5	0,5	1,5
» 2,5	7	10	3	7	0,5	3,0

Радиусы скругления

Для облегчения удаления поковки из штампа и для повышения его стойкости на всех переходах назначают радиусы скругления (для наружных углов они в 2...4 раза больше, чем для внутренних). На поверхностях с припуском на механическую обработку минимальный радиус скругления равен припуску. Если пересекающиеся поверхности на поковке не подвергаются дальнейшей механической обработке, то минимальные радиусы скругления на наружных поверхностях принимают равными h (2...4). Следует помнить, что, назначая минимальные радиусы скругления, мы заведомо ухудшаем условия штамповки и качество поковок (значительно увеличиваются удельные силы на штампе, затрудняется перемещение металла внутри штампа, уменьшается стойкость штапов, увеличивается опасность возникновения разрывов по всему объему поковки и т. д.). Если в детали радиусы скруглений отсутствуют, то назначение радиусов скруглений в поковке приводит к необходимости предусматривать дополнительные технологические напуски.

Отверстия

В штампах с одной плоскостью разреза сквозное отверстие нельзя получить за один переход, поэтому в отверстии приходится оставлять технологический напуск – пленку (наметку) под последующую прошивку. Минимальная толщина пленки должна составлять около 0,1 от диаметра отверстия; располагается она обычно чуть ниже плоскости разреза штампов. Отверстия менее 30 мм не прошивают (не прошивают также те отверстия, ось которых не совпадает с направлением перемещения инструмента). Вместо таких отверстий назначают технологический напуск. Для увеличения стойкости штампа часто назначают напуск на тонкие высокие ребра в виде длинных отростков с небольшим поперечным сечением.

Припуски на механическую обработку

При горячей объемной штамповке получают поковки, высота микронеровностей на поверхности которых составляет 80...320 мкм. Хотя после последующей обработки (например, метанием дроби), высота микронеровностей уменьшится, точность поковок от этого не увеличится. Для получения поверхностей с заданной на эскизе точностью и шероховатостью проводят последующую механическую обработку (для этого и нужен дополнительный слой материала – припуск на механическую обработку).

Величина припуска зависит от многих факторов – массы поковки, ее габаритных размеров, формы, материала, заданной точности детали и т. д. Приблизительно припуск можно выбрать по табл. 2.

Таблица 2

Усредненные припуски на механическую обработку

Масса поковки, кг	Размер детали, на который ищут припуск на механическую обработку, мм (припуск на одну сторону)					
	До 50	Свыше 50 до 120	Свыше 120 до 180	Свыше 180 до 260	Свыше 260 до 360	Свыше 360 до 500
До 0,25 (включит.)	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	Нет
Свыше 0,25 до 0,63	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	2,0
» 0,63 » 1,6	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,2
» 1,6 » 2,5	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,4
» 2,5 » 4,0	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,6
» 4,0 » 6,3	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5	2,8
» 6,3 » 10,0	2,1	2,2	2,4	2,5	2,7	3,0
» 10,0 » 16,0	2,3	2,4	2,6	2,7	2,9	3,2
» 16,0 » 25,0	2,5	2,6	2,8	2,9	3,1	3,4

Построение элементов контура поковки

Рассмотрим некоторые принципы построения контура поковки на пересекающихся поверхностях с образованием острых ребер и углов (т. е. радиусы скруглений отсутствуют). Примем во внимание, что поковку невозможно изготовить без технологических радиусов.

На рис. 1 показаны три варианта для выступающих элементов поковки (не тел вращения).

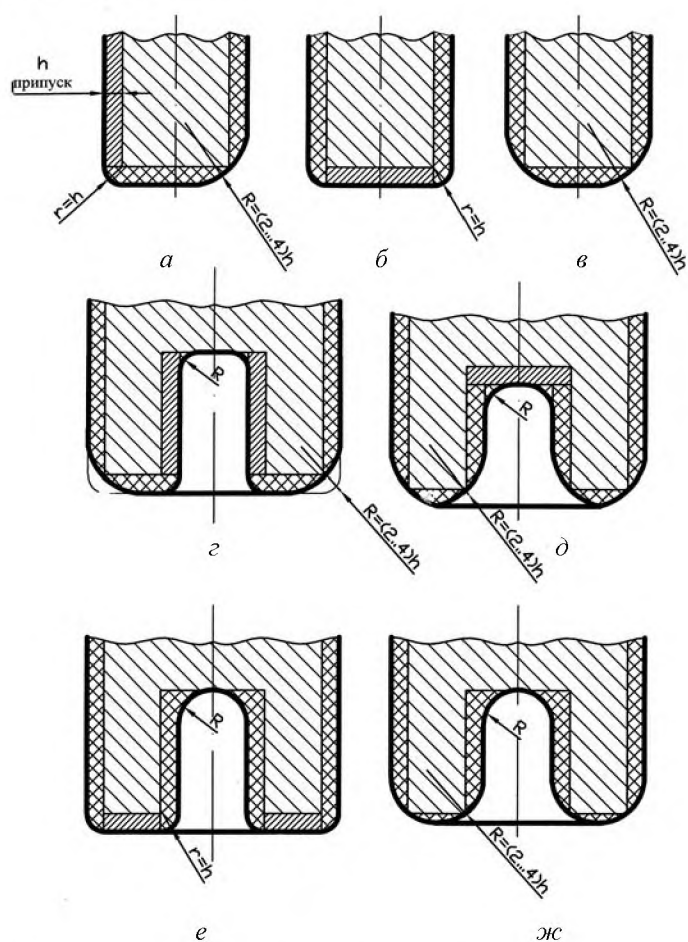


Рис. 1. Примеры построения контура поковки с учетом припуска на механическую обработку и технологического радиуса скругления поковки:

а-в – внешний контур; *г-ж* – внутренний

Припуск на механическую обработку находится на левой боковой поверхности (рис. 1, *a*) перпендикулярно ей. Технологический радиус нельзя образовывать за счет уменьшения припуска. Поэтому его назначают равным припуску $r = h$, из-за чего на смежной поверхности образуется технологический напуск, равный по величине припуску. Правая и торцевая поверхности поковки не имеют припусков, поэтому максимальный радиус скругления между ними равен $R = (2 \dots 4)h$ (из условия равенства припусков и напусков на всех трех поверхностях). При торцевом расположении припуска (рис. 1, *b*) оба радиуса имеют минимальное значение. При отсутствии припусков на всех трех поверхностях (рис. 1, *в*) радиусы можно выбирать исходя только из технологических требований, что приведет к увеличению напусков.

На рис. 1, *г-ж* показаны четыре варианта построения контура поковки для углублений (отверстий) и смежных с ними поверхностей (R – радиус, назначаемый только из требований технологии штамповки).

Выбор размеров заготовки

Заготовку, как правило, отрезают от прутков сортового проката длиной 5...6 м. Резку проката легче проводить при наименьшей площади его поперечного сечения. Наиболее производительный способ резки – на пресс-ножницах. Наибольший разрезаемый диаметр заготовки (из пластичного материала) равен 150 мм. Заготовки из менее пластичного материала с большим диаметром ломают на хладноломах. В обоих случаях торцевые поверхности заготовок сильно искажаются. Поэтому отношение длины заготовки к ее диаметру должно быть больше единицы, чтобы не очень значительно исказить общую форму заготовки. Если нужна относительно короткая заготовка с плоскими торцами (а последующая осадка не предусматривается), то для разделения проката используют механические пилы или абразивные круги (заготовки небольшого диаметра). Полагают, что объем металла при штамповке не меняется. Объем заготовки больше объема детали на величину объемов припусков на механическую обработку, технологических напусков (в том числе заусенцев и пленок под прошивку), окалины (если не применяют безокислительный нагрев), поэтому точный расчет объема заготовки сложен. Ориентировочно будем считать

при штамповке с заусенцем (при выборе припусков на механическую обработку):

$$V_{\text{заг}} = 1,3V_{\text{дет.}}$$

При штамповке без заусенца

$$V_{\text{заг}} = 1,1V_{\text{дет.}}$$

Масса заготовки:

$$m_{\text{заг}} = V_{\text{заг}} \rho,$$

где $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$ – плотность стали.

Диаметр заготовки при штамповке в торец выбирают таким, чтобы она фиксировалась (центрировалась) в нижней половине штампа (на прессе и молоте). При ГKM диаметр заготовки совпадает с минимальным диаметром поковки или сквозным отверстием в поковке.

При известном объеме и диаметре нетрудно рассчитать высоту заготовки:

$$h_{\text{заг}} = \frac{4V_{\text{заг}}}{\pi D_{\text{заг}}^2}.$$

Если относительная высота заготовки получается маленькой ($h/D < 2,2 \dots 2,5$), то при резке на пресс-ножницах большую часть объема заготовки будут составлять искаженные и поврежденные при резке ее торцевые части. Поэтому рекомендуют резать заготовки максимальной (как позволяет последующая осадка) длины, т. е. $h/D = 2,5$. При осадке высокой заготовки до нужного диаметра осыпается окалина (уменьшается шероховатость поверхности поковки), исправляются последствия торцевых искажений. Таким образом, диаметр заготовки для резки определяют так:

$$D_{\text{заг}} = \sqrt[3]{\frac{4V_{\text{заг}}}{\pi h_{\text{заг}} / D_{\text{заг}}}},$$

где $h_{\text{заг}}/D_{\text{заг}} = 2,5$, а высоту заготовки – по вышеприведенной формуле.

Механические свойства материалов

В задачнике предложено рассматривать изготовление поковок только горячей объемной штамповкой. При этом полагаем для упрощения, что скорость рекристаллизации в процессе штамповки больше скорости деформации и пластичность материала не ограничивает степень формоизменения, необходимую для заполнения всех полостей штампа.

Технологичность деталей из штампованных поковок

Окончательный выбор рационального способа изготовления поковки может быть сделан только на основе технико-экономического анализа изготовления детали. Известно, что стоимость материала составляет 60...80 % от себестоимости штампованной поковки. Поэтому ориентировочно будем считать эффективность использования материала основным показателем при выборе способа штамповки, а основным показателем технологичности – степень приближения формы поковки к форме детали. Для поковок это соответствие оценивают весовым коэффициентом точности поковки, определяемым отношением массы детали к массе поковки, из которой ее изготавливают. Обычно с увеличением этого коэффициента уменьшаются стоимость механической обработки и стоимость детали.

1.2. Примеры решения технологической задачи

Пример 1

По эскизу детали «втулка опорная» (рис. 2) выбираем возможные способы штамповки заготовки. При всех вариантах штамповки на обрабатываемых поверхностях будущей заготовки необходимы припуски на механическую обработку (рис. 3).

Вариант 1. Штамповка на прессе

Рассматриваем штамповку на прессе. Поверхность разъема штампа перпендикулярна оси симметрии детали, поэтому заготовку в виде цилиндра удобно укладывать в нижнюю половину штампа. При выбранной поверхности разъема образуется заусенец; кольцевую канавку заменяют напуском (не формируют). Поскольку диаметр отверстия более 30 мм, его можно прошить с двух сторон (толщина наметки $0,1 \cdot 71,6 \approx 7$ мм).

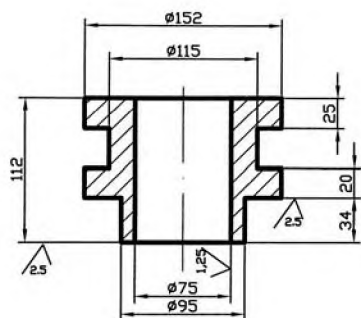


Рис. 2. Эскиз детали «втулка опорная» из стали 40 массой 7,1 кг, изготовленной из прутка механической обработкой

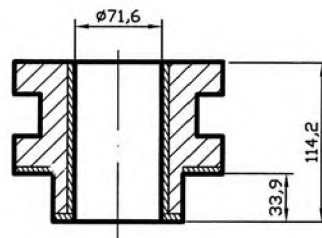


Рис. 3. Эскиз гипотетической поковки, после механической обработки которой получают деталь, соответствующую исходной (все варианты)

Теперь у нас есть данные для разработки чертежа поковки и выбора заготовки.

Массу детали находим как объем детали, умноженный на плотность стали:

$$m = V_{\text{дет}} \rho,$$

где $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$.

Объем детали – это сумма объемов двух цилиндров диаметрами 152 и 95 мм за вычетом объемов кольцевой канавки и отверстия:

$$m_{\text{дет}} = \pi \cdot 0,25 \cdot [152^2 \cdot 78 + 95^2 \cdot 34 - 75^2 \cdot 112 - (152^2 - 115^2) \cdot 33] \times \\ \times 10^{-6} - 7,85 \cdot 10^3 = 7,1 \text{ кг.}$$

Припуски на механическую обработку выбирают по массе поковки и конкретному размеру. Так как масса поковки пока неизвестна, примем (для выбора припусков):

$$m_{\text{пок}} = 1,3 m_{\text{дет}} = 1,3 \cdot 7,1 = 9,2 \text{ кг.}$$

По табл. 3 определяем припуски:

- на нижний торец (размер 112) – 2,2 мм;
- на отверстие – $2 \cdot 2,2 = 4,4$ мм;
- на торец на высоте 34 мм – 2,1 мм.

Таблица 3

Расчет массы поковки

Элемент детали	Масса, кг	
	Припуски	Напуски
Нижний торец	0,184	–
Средний торец (запечки)	0,729	–
Отверстие	1,8	Конус 0,44
		Пленка 0,185
Наружная поверхность	–	0,50
Канавка	–	2,0
Заусенец	–	2,13
Суммарная масса	2,71	5,25
Масса поковки	15,06	–
Масса поковки без заусенца и пленки	12,75	–

Штамповочные уклоны назначают в зависимости от размеров заполняемых полостей штампа. По табл. 2 определяем все внутренние уклоны 5° , наружные 3° .

Радиусы скругления зависят от размеров полостей штампа и массы поковки. Для упрощения считаем их одинаковыми на всех поверхностях поковки $R = 2$ мм.

Эскиз поковки. На обрабатываемые поверхности наносим припуски на механическую обработку (см. рис. 3). Получаем эскиз идеальной поковки, которую гипотетически можно изготовить. Затем вводим штамповочные радиусы и уклоны, заусенец и получаем эскиз поковки, извлеченный из последнего ручья формоизменяющего штампа (рис. 4).

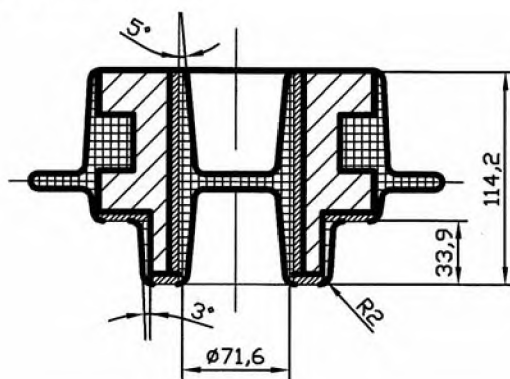


Рис. 4. Эскиз поковки с поверхностью разреза, перпендикулярной оси вращения детали. Масса поковки (1,3 массы детали) 9,2 кг

Массу поковки определяют согласно полученному эскизу как сумму масс детали, припусков на механическую обработку и технологических напусков. Результаты расчетов сведены в табл. 3.

После этого обрезаем заусенец и удаляем пленку под прошивку. В таком виде поковку передают на механическую обработку, где снимают только обозначенные на чертеже припуски, и деталь обретает окончательную форму, которая частично не соответствует форме, заданной на эскизе функциональной детали (рис. 5).

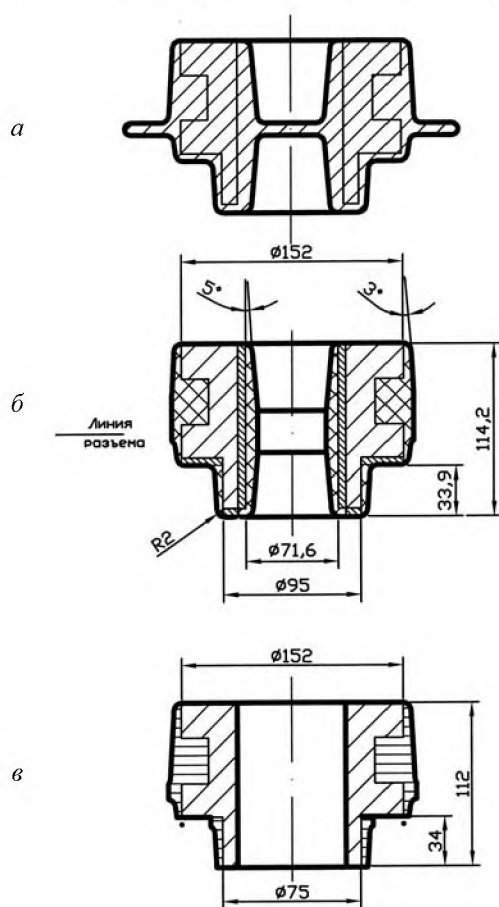


Рис. 5. Формоизменение поковки:

а – после выемки из штампа; *б* – после удаления заусенца и наметки под прошивку; *в* – после механической обработки по сопрягаемым поверхностям

Масса заготовки отличается от массы поковки (вместе с заусенцем и наметкой) на 1...3 %. Допускается принять

$$m_{\text{заг}} = m_{\text{пок}} = 15,06 \text{ кг.}$$

Диаметр заготовки выбираем из условия ее хорошей фиксации в нижней половине штампа при укладке: $D_{\text{заг}} = 152 \text{ мм}$. Тогда высота заготовки (исходя из ее объема)

$$\begin{aligned} h_{\text{заг}} &= m_{\text{заг}} / [0,25\pi D_{\text{заг}}^2 \rho] = 15,1 / (0,785 \cdot 152^2 \cdot 10^{-6} \cdot 7,85 \cdot 10^3) = \\ &= 0,1056 \text{ м} = 105,6 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Отношение высоты заготовки к ее диаметру $h/D = 0,69$. Такую заготовку можно получить только резкой на механических пилах или резкой в специальных штампах. В массовом производстве заготовки режут на пресс-ножницах (что значительно дешевле), для которых допускается соотношение $h/D = 2,5$. При одинаковых массах диаметр такой заготовки

$$\begin{aligned} D_{\text{заг}} &= \{4m_{\text{заг}} / [\pi\rho(h/D)]\}^{1/3} = \{4 \cdot 15 \cdot [\pi \cdot 7,85 \cdot 10^3 \cdot (2,5)]\}^{1/3} = \\ &= 0,099 \text{ м} = 99 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Принимаем $D_{\text{заг}} = 100 \text{ мм}$.

Высота заготовки

$$h_{\text{заг}} = 4m_{\text{заг}} / (\pi\rho D_{\text{заг}}^2) = 4 / (\pi \cdot 7,85 \cdot 10^3 \cdot 100^2 \cdot 10^{-6}) = 0,250 \text{ м} = 250 \text{ мм.}$$

Таким образом, для изготовления поковки необходимо выполнить следующие операции (рис. 6):

- 1) резка заготовки из сортового проката $\varnothing 100 \times 250$ на пресс-ножницах;
- 2) осадка заготовки до размеров $\varnothing 152 \times 105,6$;
- 3) штамповка за один переход в открытом штампе на прессе или молоте;
- 4) обрезка заусенца;
- 5) прошивка (пробивка) отверстия;
- 6) механическая обработка (снятие припусков).

Конечная форма детали, полученной по этому способу, отличается от той, которая представлена на эскизе детали (см. рис. 2). Чтобы формы были одинаковыми, требуется дополнительная (черновая) обработка, не предусмотренная данной технологией и

требующая дополнительных затрат. Это результат совместной недоработки конструкции детали технологом и конструктором или неправильно выбранного способа штамповки.

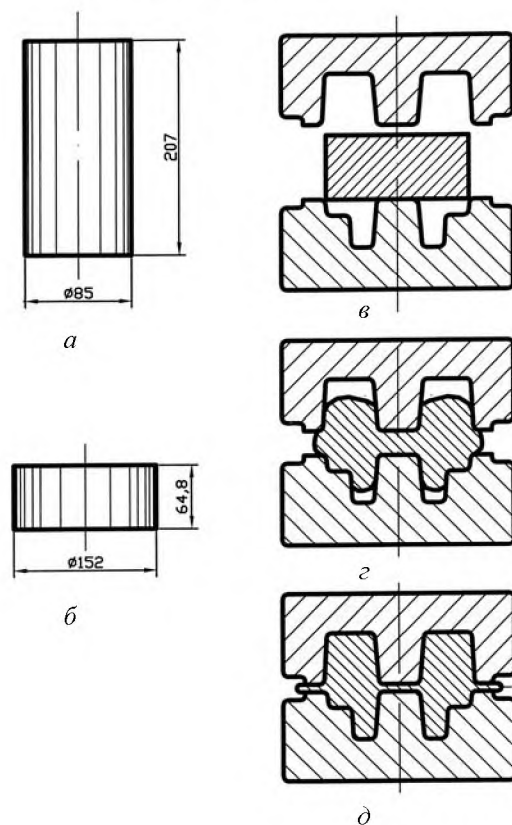


Рис. 6. Этапы изготовления поковки на прессе штамповкой в торец:
a – отрезка заготовки; *б* – осадка заготовки; *в* – укладка заготовки в штамп;
г – заполнение полости; *д* – доштамповка

Степень соответствия поковки детали оценивают коэффициентом весовой точности (отношение массы детали к массе поковки). В данном варианте:

$$\text{для идеальной поковки } K_{T_{\max}} = 7,1 / (7,1 + 0,184 + 0,729 + 1,8) = 0,72;$$

$$\text{для поковки без заусенца и пленки } K_T = 7,1 / 12,75 = 0,56;$$

$$\text{для поковки с заусенцем и пленкой } K_T = 7,1 / 15,06 = 0,47.$$

Вариант 2. Штамповка на молоте

Штампуют поковку на прессе или молоте. Поверхность разъема расположим вдоль оси детали (штамповка плашмя, рис. 7). Прошить отверстие при таком расположении поверхности разъема нельзя. Для этого варианта проведем оценочные расчеты, точность которых не превышает $\pm 25\%$. Высоту заготовки выберем из удобства фиксации $h_{\text{заг}} = 110$ мм. Без дополнительного профилирования диаметр заготовки приходится принимать равным максимальному диаметру детали $D_{\text{заг}} = 152$ мм.

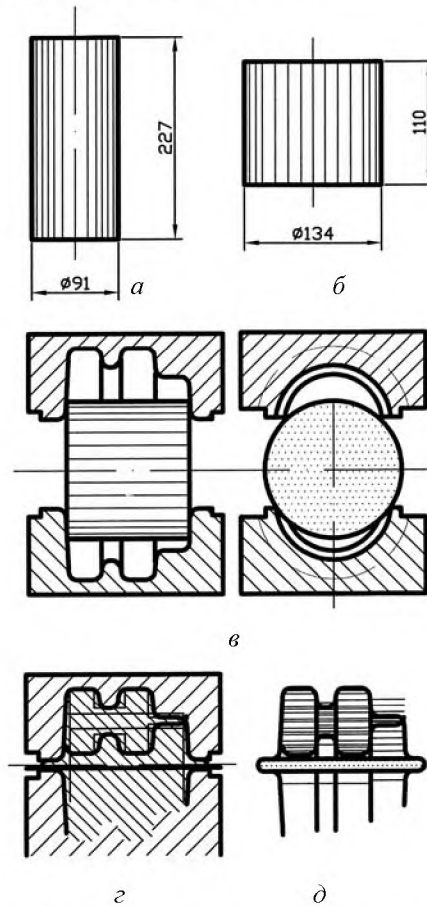


Рис. 7. Этапы штамповки плашмя на прессе:

а – резка заготовки; *б* – осадка заготовки; *в* – установка заготовки в штамп (фас и профиль); *г* – штамповка; *д* – готовая поковка

Массы поковки и заготовки соответственно составят 13,4 и 17,4 кг, коэффициенты весовой точности – 0,53 и 0,41, $h/D = 0,82$. Ориентируясь, как и в первом варианте, на резку проката на заготовки на пресс-ножницах, имеем $D_{\text{заг}} \approx 100$ мм и $h_{\text{заг}} = 254$ мм.

Для изготовления поковки необходимы следующие операции:

1) резка заготовки из сортового проката $\varnothing 100 \times 254$ мм на пресс-ножницах;

2) осадка заготовки до размеров $\varnothing 152 \times 110$ мм;

3) штамповка за один переход;

4) обрезка заусенца;

5) механическая обработка (снятие припусков вместе с напусками, которые на них попадают).

Коэффициенты весовой точности для этого варианта меньше, чем для первого.

Вариант 3. Штамповка на ГКМ

Штампуют поковку на ГКМ, штамп которой может иметь две поверхности разъема. Поскольку матрица разъемная, можно не только оформить кольцевую канавку на поковке, но и прошить сквозное отверстие (рис. 8). При штамповке на ГКМ уклоны на поковке существенно меньше (по табл. 1 – $0,5^\circ$ на всех поверхностях), радиусы скругления примерно такие же, как при штамповке на прессе. Примерное формоизменение заготовки показано на рис. 9, поковка и готовая деталь – на рис. 9 и 10.

Диаметр заготовки равен диаметру отверстия детали с учетом припуска на механическую обработку $D_{\text{заг}} = 71,6$ мм. Массу поковки при этом считаем как

$$m_{\text{пок}} = m_{\text{дет}} + m_{\text{прип}} = 7,1 + 2,71 = 9,81 \text{ кг}$$

(напуск на отверстие не предусматриваем).

Определив напуски, вычисляем массу заготовки:

$$m_{\text{заг}} = m_{\text{пок}} + m_{\text{нап}} = 9,81 + 0,074 = 9,9 \text{ кг.}$$

Высота заготовки при этом $h_{\text{заг}} = 314$ мм ($h/D = 4,38$).

Штамповку ведем в три перехода (высадка головки в два перехода, прошивка отверстия с одновременной отрезкой поковки). Коэффициент весовой точности составляет $K_T = 7,1/9,9 = 0,72$.

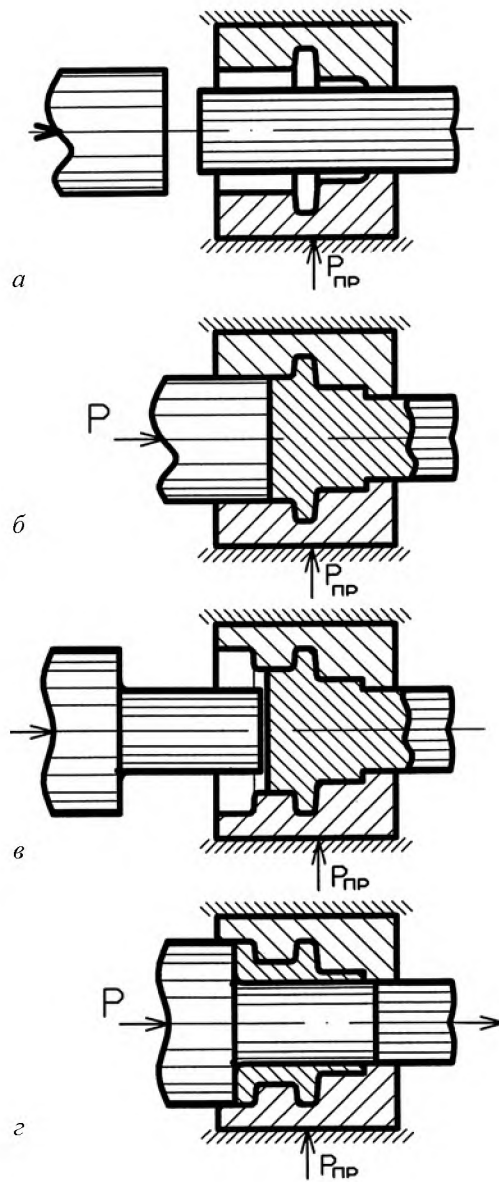


Рис. 8. Штамповка на ГКМ:

а – зажим заготовки; *б* – высадка головки; *в* – перемещение в другой штамп; *г* – закрытая прошивка и отделение заготовки от прутка

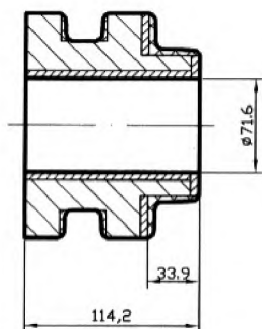


Рис. 9. Разработка чертежа поковки

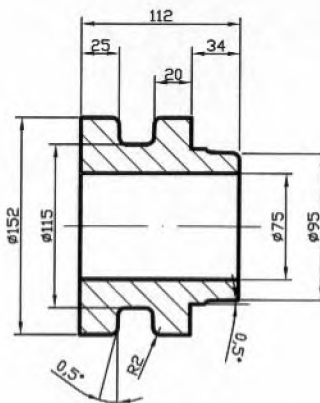


Рис. 10. Готовая деталь

Процесс изготовления поковки из проката круглого сечения (прутка) диаметром 72 мм:

- 1) штамповка поковки (три перехода);
- 2) механическая обработка.

Вариант 4. Штамповка на прессе КГШП

Штампуют в закрытом штампе с выталкивателями на прессе (КГШП) (рис. 11). Результаты расчета массы заготовки приведены в табл. 4. При очевидном диаметре заготовки 152 мм и массе 12,935 кг ее высота составляет 90,8 мм. Для удобства резки на пресс-ножницах рассчитываем новые размеры заготовки: $\varnothing 95 \times 232$ мм.

Таблица 4

Расчет массы поковки

Элемент детали	Масса, кг	
	Припуски	Напуски
Нижний торец	0,184	–
Средний торец (заплечики)	0,729	–
Отверстие	1,8	Конус 0,44
		Пленка 0,185
Наружная поверхность	–	0,50
Канавка	–	2,0
Заусенец	–	–
Суммарная масса	2,71	3,125
Масса поковки	12,935	
Масса поковки без заусенца и пленки	12,75	

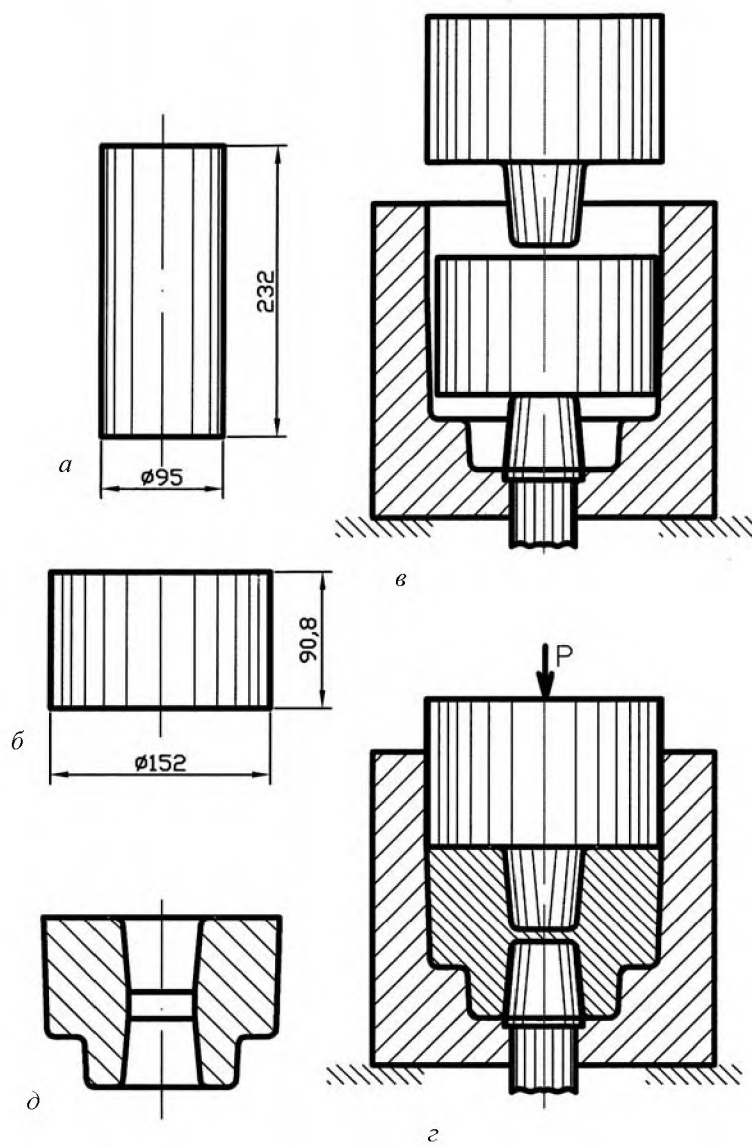


Рис. 11. Штамповка в закрытом штампе на КГШП:
a – заготовка; *б* – заготовка после осадки; *в* – осажённая заготовка в закрытом штампе; *г* – окончание штамповки; *д* – поковка после прошивки

Поверхность разъема выбираем на верхнем торце поковки, заусенец при этом не образуется. Если же объем заготовки избыточен (неточности при отрезке и отклонение диаметров проката), то образуется дополнительный напуск на верхнем торце поковки (что может вызвать заклинивание кривошипно-шатунного механизма). Формоизменение заготовки аналогично происходящему при первом варианте (за исключением образования заусенца). Коэффициент весовой точности $K_T = 7,1/12,75 = 0,56$.

Сравнение вариантов штамповки по коэффициенту весовой точности (0,72 для ГКМ, 0,41 для штамповки с заусенцем на молоте и прессе позволяет рекомендовать штамповку на ГКМ.

На практике, однако, руководствуются целым рядом критериев, каждый из которых также ранжируется):

- стоимостью изготовления деталей;
- производительностью, надежностью и наличием оборудования;
- возможностями инструментального цеха и т. д.

Следовательно, любая технологическая задача является в принципе многовариантной.

Пример 2

Рассмотрим процесс изготовления заготовки детали «Шестерня» горячей объемной штамповкой в закрытом штампе. Проведем необходимые расчеты и выберем операции штамповки и их последовательность (один из возможных вариантов) для приведенной на эскизе детали (рис. 12) и схемы изготовления поковки (рис. 13, 14).

На первом этапе определим массу детали и поковки:

$$m_{\text{дет}} = V_{\text{дет}} \rho,$$

где $V_{\text{дет}} = 0,000\ 256\ \text{м}^3$ – объем детали согласно эскизу; $\rho = 7800\ \text{кг/м}^3$ – плотность стали.

Масса детали составляет $m_{\text{дет}} \approx 2\ \text{кг}$.

Рассчитываем массу поковки:

$$m_{\text{пок}} = m_{\text{дет}} + m_{\text{прип}} + m_{\text{техн.нап}};$$

$$m_{\text{прип}} + m_{\text{техн.нап}} = \rho (V_{\text{прип}} + V_{\text{техн.нап}}),$$

где $m_{\text{прип}}$ – масса припусков на механическую обработку; $m_{\text{техн.нап}}$ – масса технологических напусков для данной схемы штамповки;

$V_{\text{прип}}$, $V_{\text{техн.нап}}$ – объем припусков и технологических напусков соответственно.

Получаем: $m_{\text{пок}} \approx 2,07$ кг.

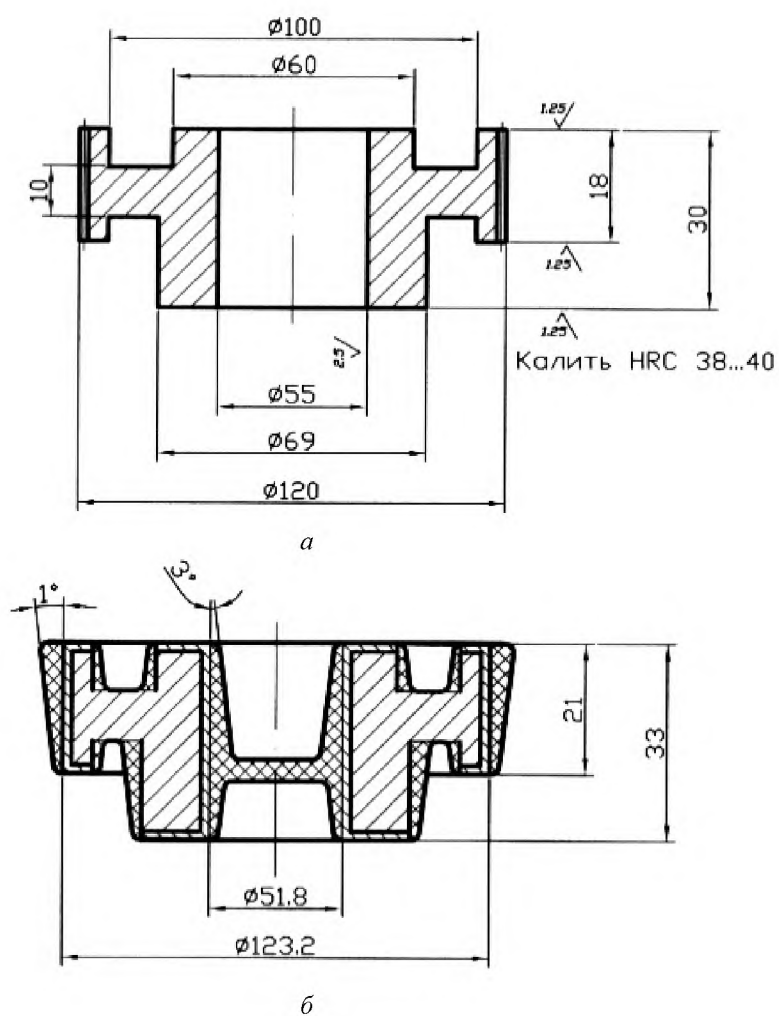
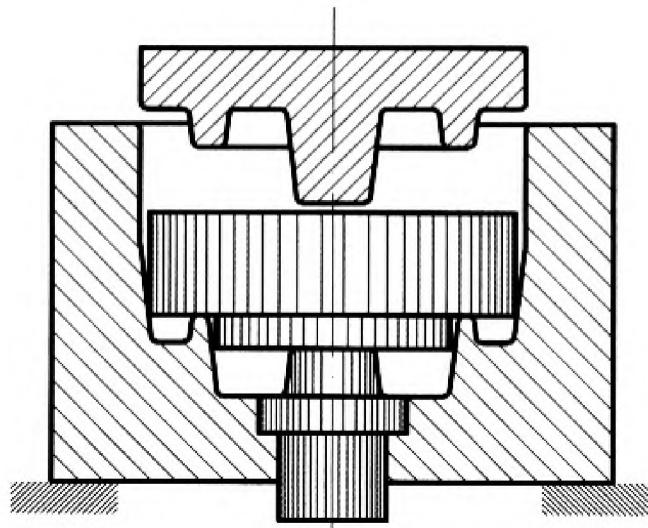
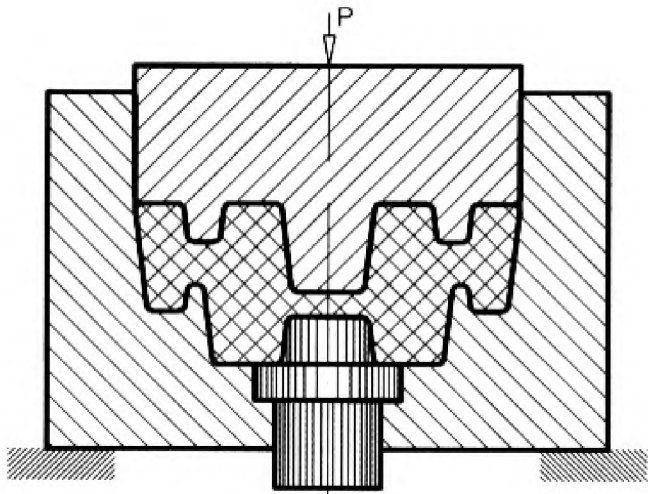


Рис. 12. Эскиз шестерни из стали 40ХН:

а – готовая деталь; *б* – поковка



a



б

Рис. 13. Операции штамповки:
a – начало процесса; *б* – конец процесса

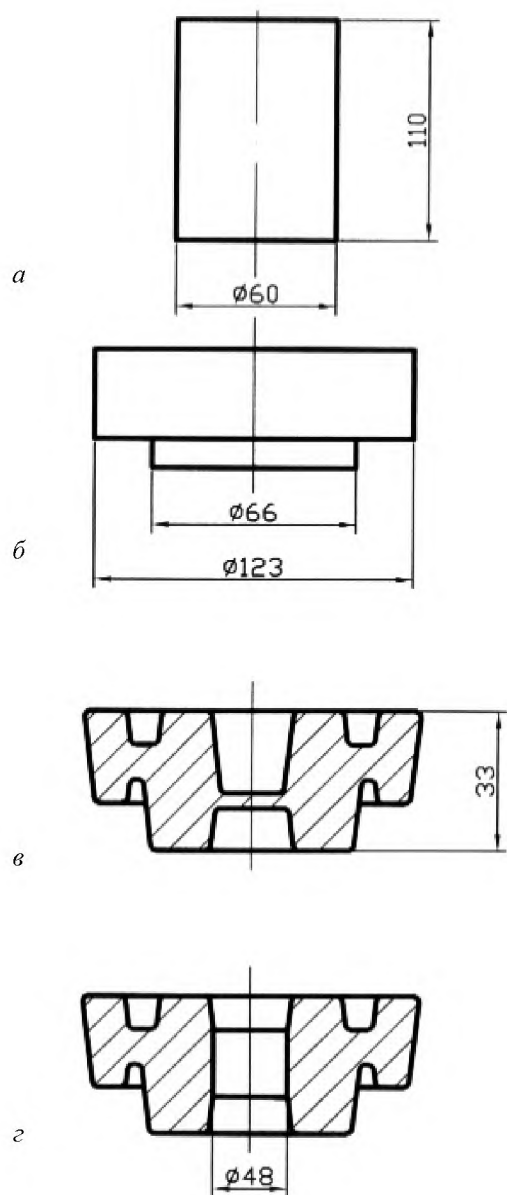


Рис. 14. Технологический процесс изготовления поковки шестерни:
a – отрезка от прутка; *б* – осадка в кольцах; *в* – штамповка; *г* – прошивка перемычки

Для расчета массы заготовки считаем штамповку безотходной. Однако при подрезке торцев теряется масса металла, составляющая примерно 15 % от массы поковки, т. е. масса заготовки

$$m_{\text{заг}} = 1,15 m_{\text{пок}} = 1,15 \cdot 2,07 \text{ кг} \approx 2,38 \text{ кг}.$$

Рассчитаем размеры заготовки. Чтобы заготовка не теряла устойчивость и не изгибалась при осадке (верхнее ограничение) и чтобы ее можно было легко отделять от штанги (нижнее ограничение), должно выполняться условие $1,8 < h_{\text{заг}} / d_{\text{заг}} < 2,5$. Примем $h_{\text{заг}} / d_{\text{заг}} = 1,8$. Подставив это отношение в формулу для объема, получим:

$$V_{\text{заг}} = \frac{\pi d_{\text{заг}}^2}{4} h_{\text{заг}} = \frac{\pi d_{\text{заг}}^3}{4} \cdot 1,8;$$

$$d_{\text{заг}} = \sqrt[3]{\frac{4V_{\text{заг}}}{1,8\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot \frac{2,38}{7800}}{1,8\pi}} = 0,06 \text{ м} \approx 60 \text{ мм}.$$

Тогда $h_{\text{заг}} = 0,108 \text{ м} = 108 \text{ мм} \approx 110 \text{ мм}$.

Проведенные расчеты позволяют предложить технологический процесс изготовления поковки в закрытом штампе (см. рис. 14).

Пример 3

Рассмотрим процесс изготовления детали «коленвал» (рис. 15) горячей объемной штамповкой в многоручьевом штампе.

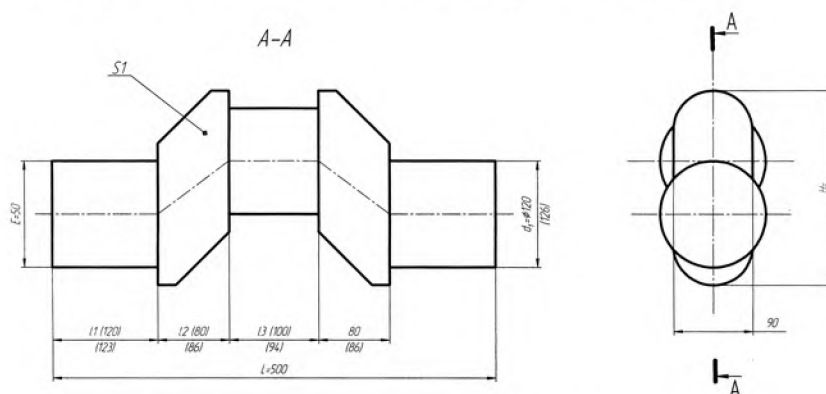


Рис. 15. Эскиз детали «коленвал» из стали 40Х2Н3МВТ

Строим эпюру сечений детали (рис. 16). Минимальное сечение – $11\,300\text{ мм}^2$, максимальное (на необработанной части поковки) – $12\,800\text{ мм}^2$, что соответствует $\varnothing 128\text{ мм}$.

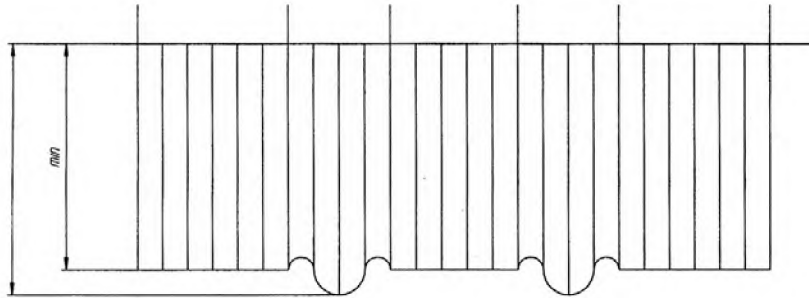


Рис. 16. Эпюра сечений коленвала

Рассчитываем приблизительную массу детали:

$$m = \rho V = 49,5 \text{ кг.}$$

Выбираем способ штамповки и примерный вид необходимых штампов. Из двух способов – штамповка в торец или плашмя – выбираем штамповку, при которой заготовку укладывают плашмя. Плоскость разреза – по оси $A-A$. Полости штампов при этом неглубокие, на цилиндрических поверхностях получаются естественные большие штамповочные уклоны, выталкиватели не требуются и можно вести штамповку на молотах. Заготовку выбираем цилиндрической формы. Поковка изогнута в плане, поэтому необходим гибочный ручей (штамп). Есть переходы сечений – требуется подкатной ручей (штамп), хотя гибочный и подкатной ручки можно объединить. Черновой ручей нужен для увеличения стойкости штампа (большая серия). Если вставку чистового ручья изготовить из вольфрамовой стали, то можно обойтись без чернового ручья.

Разрабатываем чертеж поковки (рис. 17) и рассчитываем ее массу без учета уклонов:

$$m_{\text{пок}} = \rho V = 7800 \cdot \left[\frac{\pi}{4} \cdot 126^2 \cdot (2 \cdot 123 + 94) + 12800 \cdot 2 \cdot 86 \right] \cdot 10^{-9} \approx 50,2 \text{ кг};$$

$$l_2 = \frac{50}{\sin(\arctg(50/l_2))};$$

$$l_{\text{заг}} = 2l_1 + l_3 + 2l_2 = 2 \cdot 120 + 100 + 2 \cdot \frac{50}{\sin(\arctg(50/l_2))} \approx 528 \text{ мм.}$$

Диаметр заготовки выбираем из предположения, что на угар и заусенец пойдет 8,6 % металла от массы поковки и удлинения заготовки при штамповке не происходит (мешают изгибы штампа). Округлим диаметр в большую сторону до стандартного близлежащего размера: $d_{\text{заг}} = 135 \text{ мм}$.

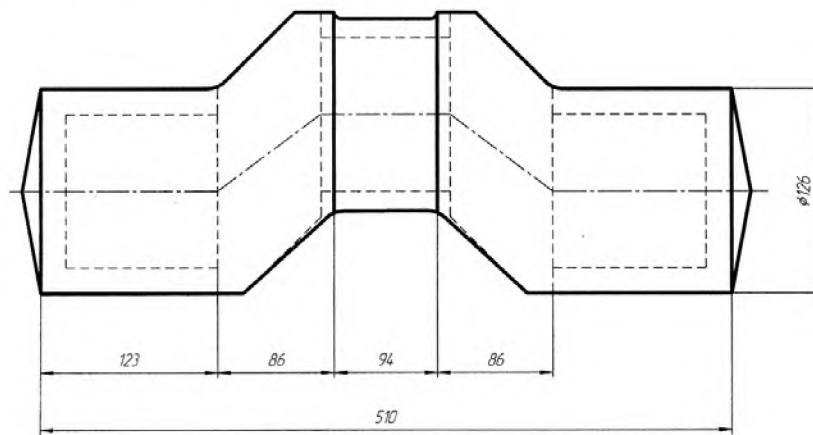


Рис. 17. Эскиз поковки коленвала

Длину заготовки определяем по длине средней линии изогнутой детали, чтобы частично компенсировать неучтенное удлинение заготовки при штамповке (рис. 18):

$$\frac{V_{\text{пок}}}{V_{\text{заг}}} = \frac{1}{1,086} = \frac{\pi d_1^2}{\pi d_{\text{заг}}^2};$$

$$d_{\text{заг}} = \sqrt{1,086 d_{\text{пок}}} \approx 1,04 \cdot 126 \approx 131,3 \text{ мм.}$$

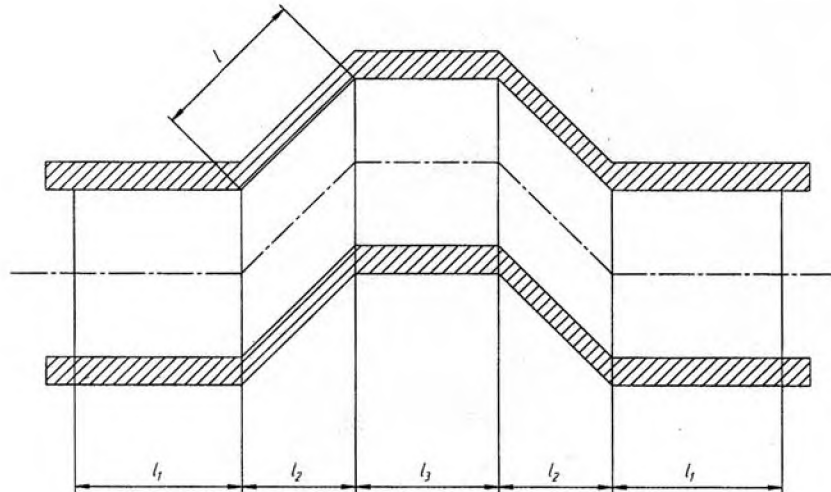


Рис. 18. Эскиз для определения длины заготовки по средней линии

Тогда масса заготовки

$$m_{\text{заг}} = \rho V_{\text{заг}} = \rho \frac{\pi (d_{\text{заг}})^2}{4} l_{\text{заг}} = 7800 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 135^2 \cdot 528 \cdot 10^{-9} \approx 58,9 \text{ кг.}$$

Последовательность технологического процесса изготовления детали:

- резка заготовки от штанги на пресс-ножницах (так как не требуется получение заготовки с правильными торцами);
- обдирка заготовок на токарных станках до диаметра 132... 133 мм для удаления поверхностных дефектов;
- нагрев до ковочных температур 900... 1100 °С в печах с безокислительной атмосферой;
- гибка – подкатка на молоте;
- штамповка в черновом ручье (штампе) на молоте;
- штамповка в чистовом ручье (штампе) на молоте;
- обрезка заусенца на механическом обрезном прессе;
- отжиг при температуре 850 °С, охлаждение вместе с печью;
- механическая обработка;
- закалка (нагрев до 850 °С, охлаждение на воздухе);
- механическая обработка (шлифование, обкатка);
- ультразвуковая дефектоскопия (все 100 % поковок).

Штамповая вставка чистового ручья для получения заготовки коленвала показана на рис. 19.

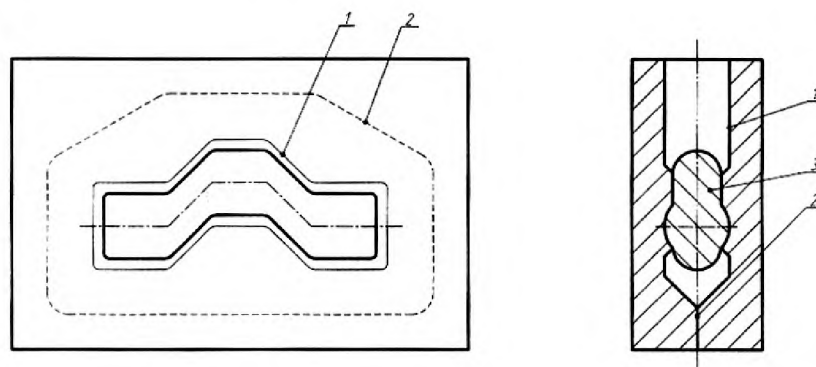


Рис. 19. Штамповая вставка чистового ручья:

1 – граница заусенца минимальной толщины; 2 – граница заусенечной канавки (только для прессов); 3 – поковка

Пример 4

Рассмотрим процесс изготовления грузового винта (рис. 20, а).

Предварительно выбираем способ штамповки и оборудование.

Выбираем штамповку плашмя, так как при штамповке в торец нельзя получить кольцо. При штамповке плашмя полости штампа получаются неглубокими, т. е. можно штамповать и на молотах, и на прессах. Разъемная матрица не требуется, поэтому штамповка на ГКМ не подходит. Поковка мелкая, поэтому штамповать ее на гидравлических прессах не следует из-за быстрого охлаждения. Таким образом, можно предложить штамповку на молотах или кривошипных прессах. Выбираем штамповку на прессе.

Рассчитываем массу детали (если она не задана на чертеже), разделяя деталь на составные части: кольцо, стержень, средняя часть.

Масса кольца по среднему диаметру составит

$$m_{\text{к}} = \pi(D-11,5) \frac{\pi}{4} d^2 \rho = \pi \cdot 38,5 \frac{\pi}{4} \cdot 11,5^2 \cdot 7,8 \cdot 10^{-3} = 97,9 \text{ г} \approx 0,098 \text{ кг.}$$

Масса стержня:

$$m_{\text{ст}} = \frac{\pi}{4} d_2^2 l \rho = \frac{\pi}{4} \cdot 16^2 \cdot 40 \cdot 7,8 \cdot 10^{-3} \approx 63 \text{ г} = 0,063 \text{ кг.}$$

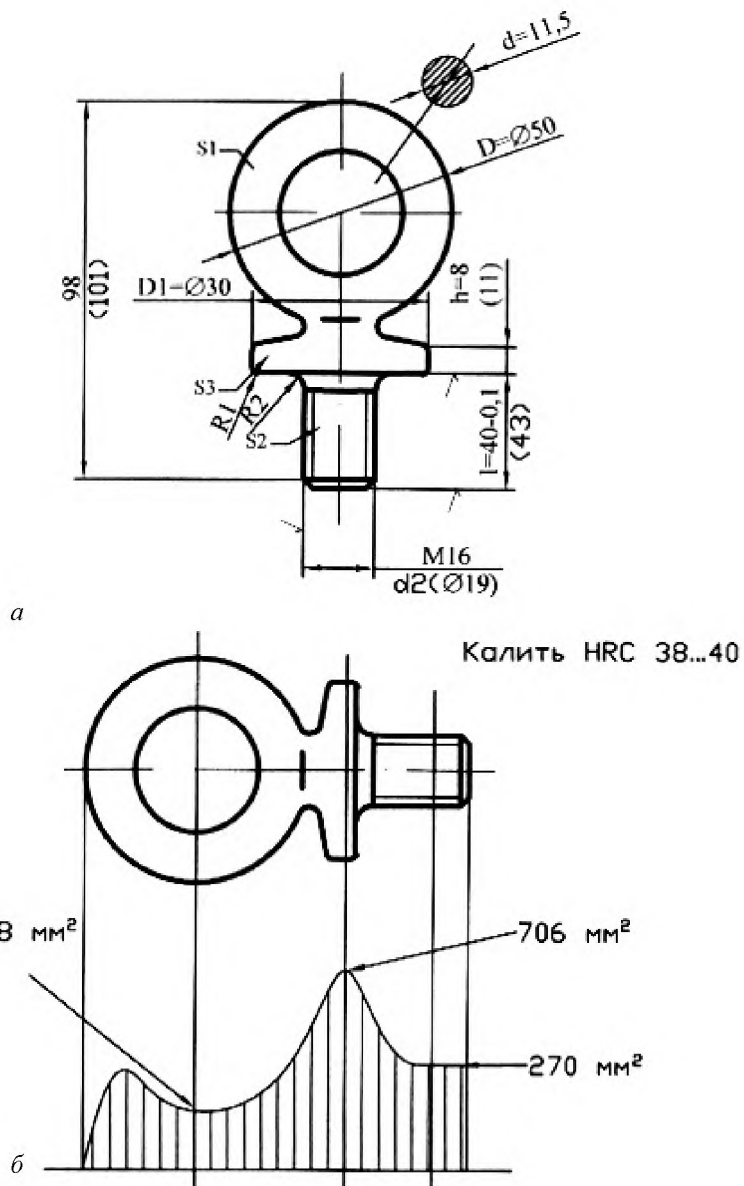


Рис. 20. Эскиз грузового винта из стали 40ХН:
а – готовая деталь; *б* – эпюра сечений

Масса средней части:

$$m_{с.ч} = \frac{\pi}{4}(D_1)^2 h\rho = \frac{\pi}{4} \cdot 30^2 \cdot 8 \cdot 7,8 \cdot 10^{-3} = 44 \text{ г} = 0,044 \text{ кг.}$$

Массу детали определим, суммируя массы составных частей:

$$m_{дет} = 0,098 + 0,063 + 0,044 = 0,205 \text{ кг.}$$

Выбираем поверхность разъема штампа. Поверхность разъема в плоскости чертежа образует неглубокие и симметричные полости штампа, позволяет образовать отверстие в поковке.

Рассчитываем припуски на механическую обработку (на поверхностях со знаком шероховатости при механической обработке ($\sqrt{\quad}$)).

Размеры h , l , d_2 увеличатся на 3 мм (см. табл. 2).

Поскольку схема штамповки в чистовом ручье (штампе) определена, находим технологические напуски (штамповочные уклоны и радиусы закруглений по табл. 1) и наносим их на эскиз детали. Получаем эскиз поковки с наметкой на последующую прошивку.

Находим массу поковки (увеличением массы детали за счет уклонов и дополнительных штамповочных радиусов закруглений пренебрегаем).

Масса кольца по среднему диаметру:

$$m_{к} = \frac{\pi}{4} d_2^2 l \rho = \frac{\pi}{4} \cdot 19^2 \cdot 43 \cdot 7,8 \cdot 10^{-3} \approx 95 \text{ г} = 0,095 \text{ кг.}$$

Масса средней части:

$$m_{с.ч} = \frac{\pi}{4} D_1^2 h \rho = \frac{\pi}{4} \cdot 30^2 \cdot 11 \cdot 7,8 \cdot 10^{-3} \approx 61 \text{ г} = 0,061 \text{ кг.}$$

Масса стержня:

$$m_{с} = \frac{\pi}{4} (D - 2d)^2 h_2 \rho = \frac{\pi}{4} \cdot 27^2 \cdot 3 \cdot 7,8 \cdot 10^{-3} \approx 14 \text{ г} = 0,014 \text{ кг.}$$

Масса поковки:

$$m_{пок} = 0,098 + 0,061 + 0,095 + 0,014 = 0,268 \text{ кг.}$$

Увеличиваем массу на 15 %, чтобы учесть потери материала за счет угара и заусенцев:

$$\Delta m = \frac{\pi d_2^2}{4} l \rho = \frac{\pi \cdot 19^2}{4} \cdot 43 \cdot 7,8 \approx 0,014 \text{ кг.}$$

Такое увеличение оправдано, так как форма поковки сильно отличается от формы заготовки (цилиндра). Тогда резку заготовок следует производить на пресс-ножницах.

Находим диаметр и массу заготовки:

$$d_{\text{заг}} = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 500}{\pi}} = 25,2 \text{ мм;}$$

$$m_{\text{заг}} = 1,15 m_{\text{пок}} = 0,308 \text{ г.}$$

Определяем коэффициент использования материала:

$$\text{КИМ} = \frac{m_{\text{дет}}}{m_{\text{заг}}} = \frac{0,205}{0,308} = 0,66.$$

Выбираем размеры заготовки и определяем переходы штамповки.

Строим эпюру сечений поковки по длине (по трем характерным точкам) (рис. 20, б). Так как сечения поковки по длине сильно различаются (больше чем в 1,1...1,2 раза), использовать цилиндрическую заготовку нежелательно. Если диаметр заготовки будет соответствовать максимальному сечению, то объем заусенца для отрезков поковки с минимальным сечением будет в три раза больше объема самой поковки; если минимальному сечению, то участок средней части поковки не заполняется. Требуется профилированная на трех участках заготовка. В массовом и крупносерийном производстве на предприятиях с большим парком оборудования профилирование осуществляют на прокатных станах и ковочных вальцах. Мы будем профилировать заготовку в ручьях одного штампа или на разных штампах.

Сечение заготовки увеличивают в формовочных ручьях, где сечение можно увеличить максимум в 1,4 раза. Выбираем сечение заготовки исходя из возможностей формовочного ручья (штампа):

$$S_{\text{заг}} = \frac{S_{\text{max}}}{1,4} = \frac{706}{1,4} = 500 \text{ мм.}$$

Такие прутки имеют стандартный диаметр $\varnothing 25 \pm 0,25$ – прокат обычной точности. Тогда диаметр заготовки принимаем $d_{\text{заг}} \approx 25$ мм.

Уменьшение сечения заготовки с 500 до 208 и 270 мм² осуществим в протяжных ручьях. Чтобы приблизить форму заготовки к форме кольца, эту часть заготовки нужно расплющить и предварительно отформовать в черновом ручье. Для профилирования заготовки нужно использовать формовочный, протяжные ручьи, ручей для расплющивания, черновой и чистовой ручьи.

Определим длину заготовки:

$$l_{\text{заг}} = \frac{m_{\text{заг}}}{\frac{\pi}{4} d_{\text{заг}}^2 \rho} = \frac{308}{0,785 \cdot 2,5^2 \cdot 7,8} = 8 \text{ см} = 80 \text{ мм.}$$

Технологический процесс получения поковки грузового винта показан на рис. 21.

Пример 5

Рассмотрим процесс изготовления детали «фланец» (рис. 22, а).

Вариант 1. Штамповка плашмя

Штамповку плашмя (рис. 22, б) можно проводить на молотах и прессах в открытом штампе, если соотношение площадей сечений заготовки S_{max} и поковки S_{min} соответствует соотношению штамповки в окончательных ручьях:

$$\frac{S_{\text{max}}}{S_{\text{min}}} = \frac{\frac{\pi}{4} D_{\text{max}}^2}{\frac{\pi}{4} D_{\text{min}}^2} = \frac{230^2}{100^2} = 5,29.$$

Из-за большого перепада сечений потребуется еще несколько ручьев (переходов штамповки), чтобы приблизить сечение заготовки к сечению поковки при штамповке в окончательном ручье (см. пример 1). Кроме того, при этой схеме нельзя получить внутреннюю полость. Этот вариант нужно рассчитывать только по указанию преподавателя.

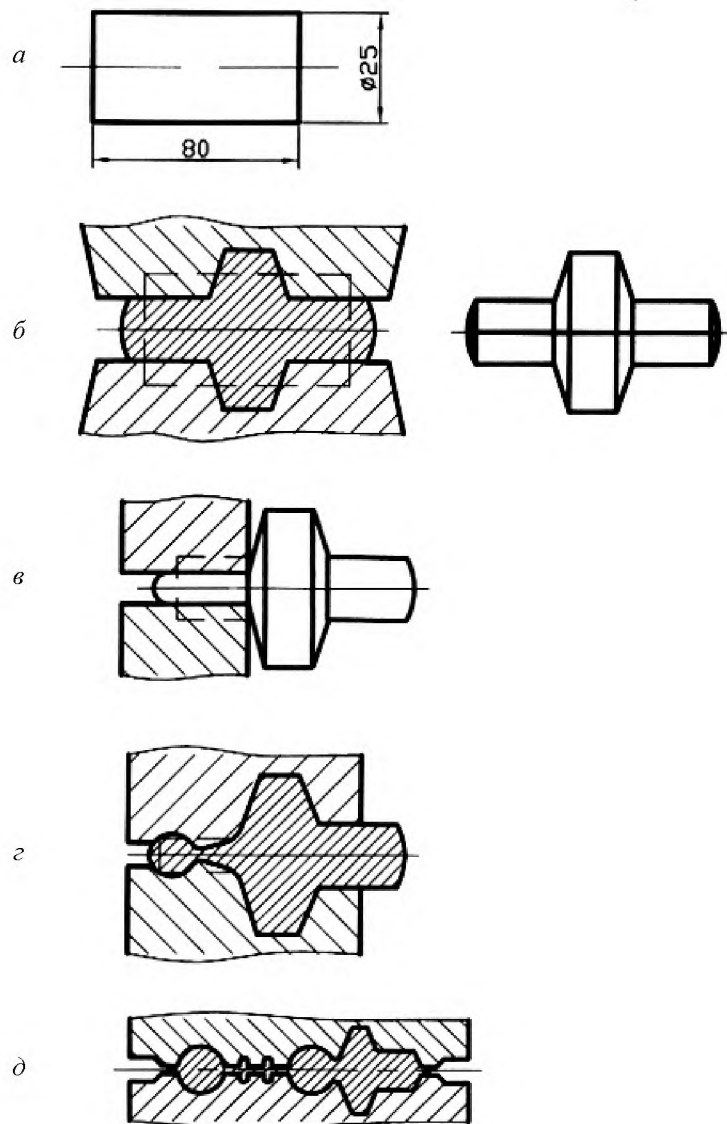


Рис. 21. Технологический процесс изготовления поковки грузового винта:
a – резка заготовки на пресс-ножницах; *б* – формовка средней части и протяжка концов; *в* – расплющивание; *г* – штамповка в черновом ручье; *д* – штамповка в чистовом ручье

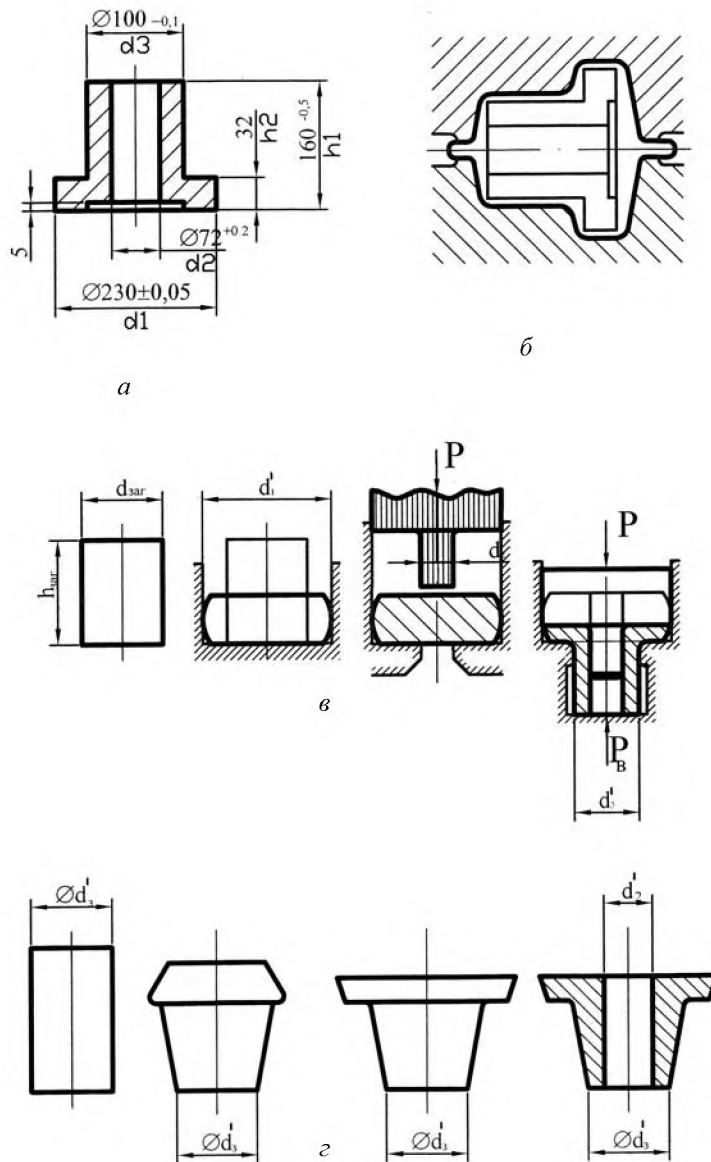


Рис. 22. Эскиз детали «фланец» из стали 35 массой 13,1 кг:
a – готовая деталь; *б* – схема штамповки плашмя (вариант 1); *в* – схема штамповки в торец (вариант 2); *г* – схема штамповки в торец (вариант 3)

Вариант 2. Штамповка в торец без уклонов

Согласно варианту 2 (рис. 22, в), заготовку отрезают (рубят) от прутка, осаживают до диаметра d_1 , делают закрытую прошивку отверстия диаметром d_2 и штамповку выдавливанием. При штамповке выдавливанием отсутствуют штамповочные уклоны. Поковка отличается от детали только припусками на механическую обработку, т. е.

$$m_{\text{пок}} = m_{\text{дет}} + m_{\text{прип.}}$$

Масса заготовки:

$$m_{\text{заг}} = m_{\text{пок}} + m_{\text{выдав}} + m_{\text{угар.}}$$

Масса выдавливания составляет половину массы металла, удаляемого из прошиваемого отверстия. За время осадки и прошивки отверстия заготовка успеет остыть, поэтому перед выдавливанием ее снова придется нагреть, т. е.

$$m_{\text{угар}} = (0,04 \dots 0,06) m_{\text{пок.}}$$

При операции выдавливания потребуется наибольшее усилие из всех, необходимых для других способов штамповки. Штамповку следует вести на прессе, по крайней мере две последние операции.

Вариант 3. Штамповка в торец с уклонами

Согласно варианту 3 (рис. 22, г) отрезают (рубят) заготовку диаметром d_3 , делают набор металла (высадка головки диаметром, меньшим d_1), оформляют окончательно размер головки диаметром d_1 (высадка головки диаметром d_1). Конечная операция – закрытая глубокая прошивка отверстия диаметром d_2 . С учетом этого разрабатывают эскиз поковки (рис. 23).

В рассматриваемом варианте поковка имеет уклоны (в отличие от варианта 2). При угле 4° и длине 130 мм средний диаметр на внешней поверхности равен 109 мм и масса уклонов (по среднему диаметру) составляет 1,5 кг. Масса поковки без уклонов равна 19,5 кг, а с их учетом – 20,5 кг. Примерно половина объема отверстия уходит в выдру (следует добавить этот объем к объему заготовки). Поскольку при штамповке используют три закрытых ручья (штампа), на угар

(с запасом) добавим еще потерю 8 % от массы поковки (1,9 кг), что вместе с потерей на выдру составит около 2 кг.

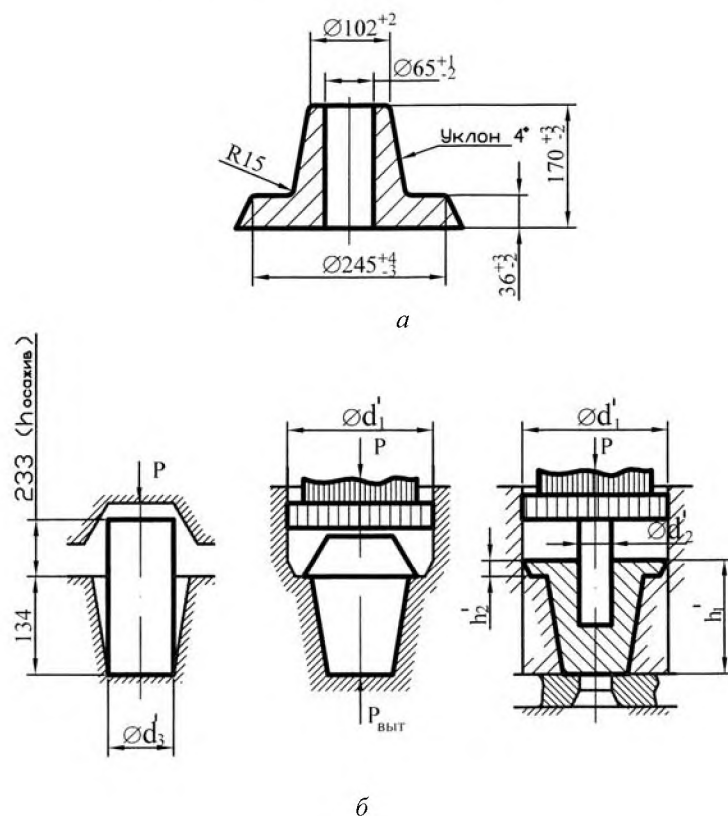


Рис. 23. Эскиз поковки по варианту 3:

a – поковка; *б* – технологический процесс изготовления поковки по варианту 3

Таким образом, масса заготовки составит

$$m_{\text{заг}} = 19 + 1,5 + 2 = 22,5 \text{ кг.}$$

Диаметр заготовки принимают равным меньшему диаметру поковки (102 мм), уменьшенному на величину зазора, между заготовкой и штампом, т. е. примем $d_{\text{заг}} = 100$ мм.

Высоту заготовки определяем из равенства объемов и плотности материала поковки и заготовки:

$$h_{\text{заг}} = \frac{4m_{\text{заг}}}{\pi(d_{\text{заг}})^2 \rho} = \frac{4 \cdot 22,5}{\pi \cdot 100^2 \cdot 10^{-6} \cdot 7800} \approx 0,367 \text{ м} = 367 \text{ мм.}$$

Высота в осаждаемой части заготовки на первом переходе:

$$h_{\text{осаж}} = 367 - 134 = 233 \text{ мм.}$$

Относительная высота при осадке:

$$\Delta h = \frac{h_{\text{осаж}}}{h_{\text{заг}}} = \frac{233}{100} = 2,3.$$

Это означает, что осадку (высадку) головки можно проводить за один раз.

Итак, по рассмотренным схемам и проведенным расчетам трудно выбрать более рациональный процесс штамповки. Это можно сделать только после экономического расчета. Отметим особенности каждого варианта технологического процесса.

1-й вариант – поковка явно будет самой тяжелой, полость детали целиком придется получать механической обработкой. Число переходов не менее трех.

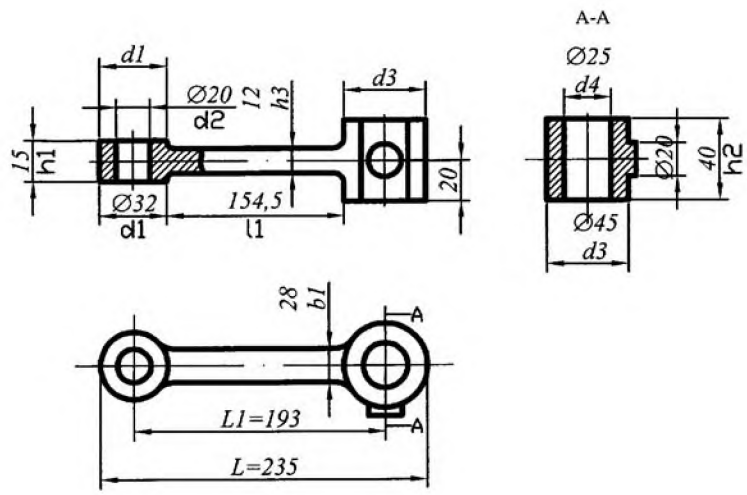
2-й вариант – число переходов около трех, поковка может быть практически без уклонов (т. е. самая легкая), но при выдавливании потребуется пресс с наибольшим номинальным усилием.

3-й вариант – три перехода штамповки, поковка средняя по массе, но требуется глубокая прошивка отверстия. При холодной прошивке (пробивке) существует ограничение: $d/s \geq 0,5$, где d и s – диаметры отверстий и толщина пробиваемой заготовки. В нашем случае это отношение равно $65/170 = 0,38$.

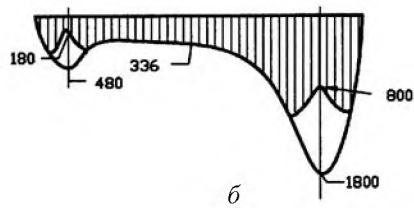
При горячей прошивке $d/s \geq 0,2 \dots 0,3$. Это означает, что мы близки к предельным значениям, и небольшое отклонение температуры нагрева заготовки может привести к поломке пуансона.

Пример 6

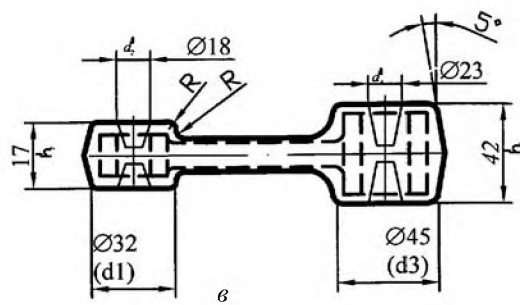
Рассмотрим процесс изготовления детали «рычаг» в открытом штампе (рис. 24, а).



a



b



v

Рис. 24. Эскиз рычага из стали 35:

a – готовая деталь; б – эпоира сечений детали; в – поковка

Строим эпюру сечений поковки по трем сечениям (рис. 24, б). Для упрощения считаем, что отверстия будут получены механической обработкой. Для учета отверстий в поковке необходимо предусмотреть наметку на прошивку.

Находим массу детали как сумму масс двух головок и стержня:

$$m_{\text{дет}} = 0,91 \text{ кг.}$$

Выбираем способ штамповки и оборудование. Штамповкой в торец поковку получить очень сложно, поэтому используем штамповку плашмя. Изготовить закрытый штамп очень сложно, поэтому будем применять штамповку в открытом штампе (облойная штамповка). Поверхность разъема можно сделать плоской и расположить ее в плоскости симметрии (чтобы можно было получить отверстия). Полости штампа получаются неглубокими, поковка имеет небольшую массу, поэтому штамповочные уклоны необязательны, т. е. не нужен выталкиватель. Значит, поковку можно штамповать на молоте и прессе. Выбираем штамповку на молоте.

Разрабатываем эскиз поковки (рис. 24, в). Плоскость разъема открытых штампов перпендикулярна фронтальной проекции – значит, известно, как расположить штамповочные уклоны. На обрабатываемые поверхности добавим припуск на механическую обработку (см. табл. 2). У поковки не может быть острых граней, поэтому все резкие переходы (изломы) контура поковки сгладим радиусами. Уклоны определим по табл. 1.

Определяем массу поковки. При этом точно рассчитываем новую массу головок с учетом припуска на механическую обработку. Чтобы упростить расчет, подсчитаем массу припусков и примем, что она примерно равна массе уклонов, т. е.

$$m_{\text{пок}} \approx m_{\text{дет}} + 2 m_{\text{пр}};$$

$$m_{\text{пр}} = 0,106 \text{ кг}; m_{\text{пок}} = 1,12 \text{ кг.}$$

Рассчитываем массу поковки. Для подобных поковок на молотах рекомендуется предусматривать увеличение массы поковки для учета потерь на заусенец (22 %), на угар при штамповке за один нагрев (2 %), на клацевину (6 %), на некратность при отрезке от мерных прутков (2 %). Таким образом, дополнительный расход металла составит $22 + 2 + 6 + 2 = 32$ % массы заготовки:

$$m_{\text{заг}} = 1,32 m_{\text{пок}} = 1,32 \cdot 1,12 \approx 1,48 \text{ кг.}$$

Рассчитываем размеры заготовки. Диаметр заготовки следует подбирать по большему сечению. Эпюра сечений большей головки неоднородна (см. рис. 24, б). Для квадратной заготовки в сечении по оси отверстия $S = 800 \text{ мм}^2$, а без учета отверстия $S = 1800 \text{ мм}^2$. Сечение квадратной заготовки средней площади $36 \times 36 \text{ мм}$.

Определяем длину заготовки:

$$l_{\text{заг}} = \frac{m_{\text{заг}}}{\rho b^2} = \frac{1,48}{7800 \cdot 36^2 \cdot 10^{-6}} \approx 0,147 \text{ м} = 147 \text{ мм.}$$

Рассмотрим технологический процесс (рис. 25). Резку заготовок из квадратного прутка со стороной 36 мм, длиной 147 мм осуществляют на пресс-ножницах. Нагрев заготовок небольшого сечения ведут при максимальной температуре для малоуглеродистой стали – 1350 °С. Длина заготовки меньше длины поковки, и если не ввести операцию протяжки, то полость матрицы в области малой головки не заполнится, но избыток металла уйдет в заусенец. Значит, нужна протяжка заготовки. Размер после протяжки определим по среднему сечению малой головки:

$$b_1 = \sqrt{\frac{180 + 480}{2}} = 18 \text{ мм.}$$

Так как форма поковки головок резко отличается от формы заготовки, следует ввести формовочную операцию. Для увеличения стойкости штампа введем черновую (предварительную) штамповку.

Технологический процесс штамповки показан на рис. 25:

- резка заготовки квадратного сечения со стороной 36 мм длиной 147 мм на пресс-ножницах (рис. 25, а);
- нагрев до 1350 °С в термической печи;
- протяжка заготовки с квадратным сечением 36 мм на 18 мм на молоте (рис. 25, б);
- формовка на молоте (рис. 25, в);
- предварительная штамповка на молоте;
- штамповка в чистовом ручье (штампе) на молоте (рис. 25, г);
- обрезка заусенца (без дополнительного нагрева) на обрезном прессе;

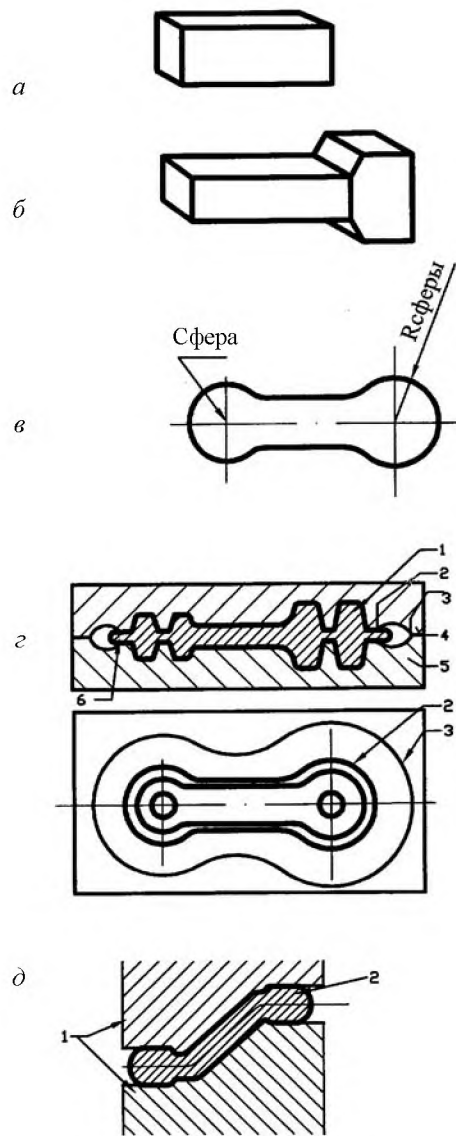
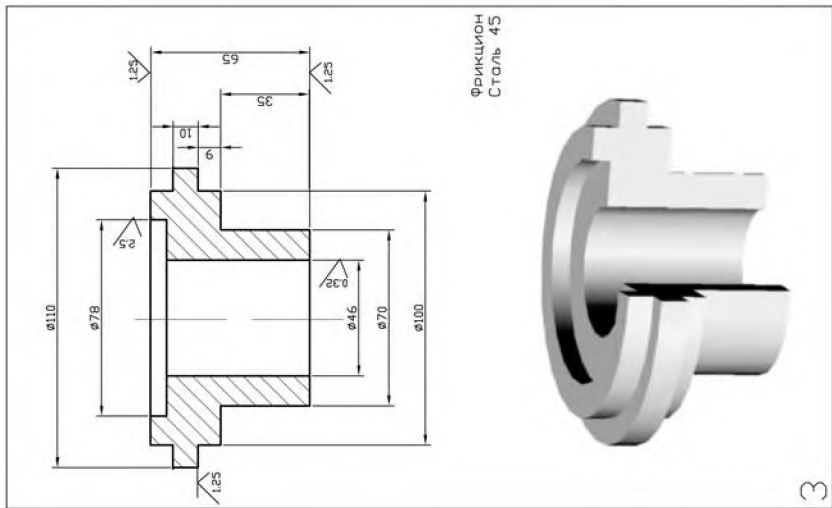
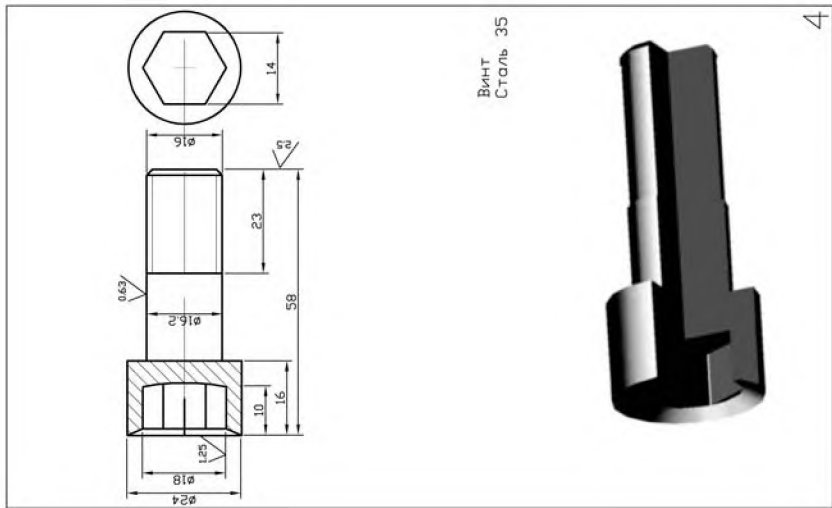


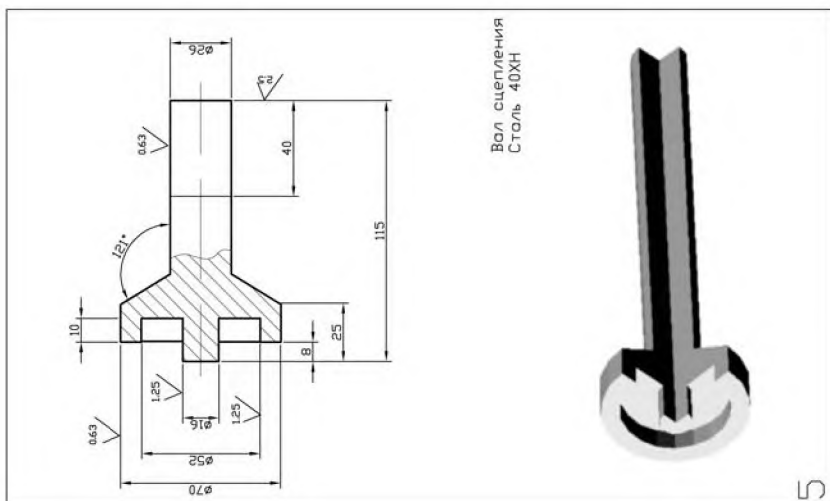
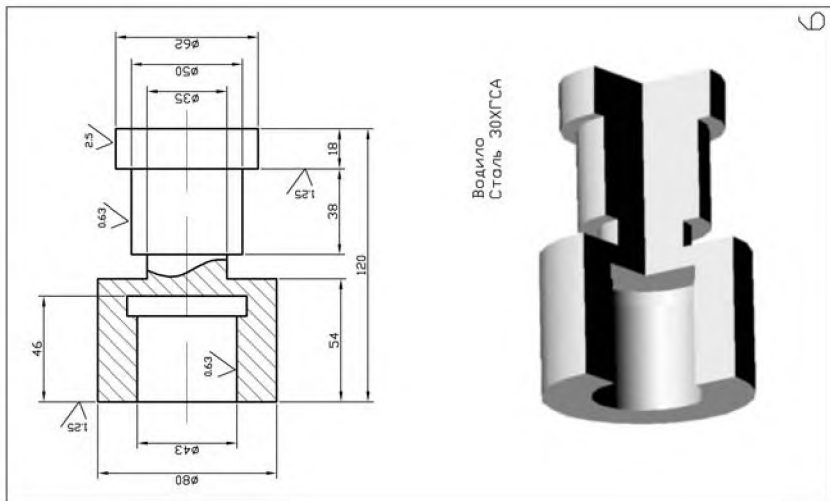
Рис. 25. Технологический процесс изготовления поковки рычага:
а – резка прутка; *б* – протяжка; *в* – формовка; *г* – штамповка в чистовом ручье
 (1 – поковка; 2 – заусенечная канавка; 3 – магазин; 4 – верхняя вставка; 5 – нижняя вставка; 6 – заусенец) *д* – гибка (для изогнутых рычагов)

- прошивка отверстия на обрезном прессе;
- нормализация (в печи);
- контроль на твердость НВ;
- холодная правка на молоте силой 7,5 кН.
- холодная калибровка (чеканка), чеканочный пресс с наименьшей силой $P_n = 10$ МН.

Если поверхность разъема поковки не плоская, то вводят дополнительную операцию гибки сразу после формовки (рис. 25, *д*).

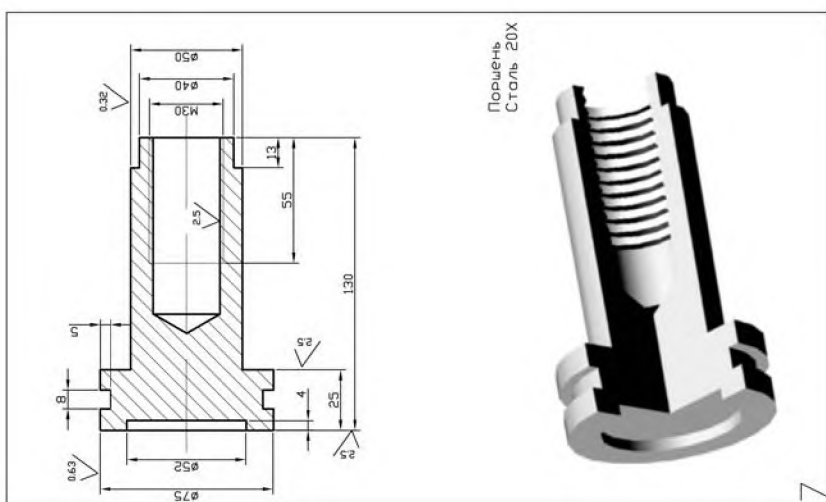
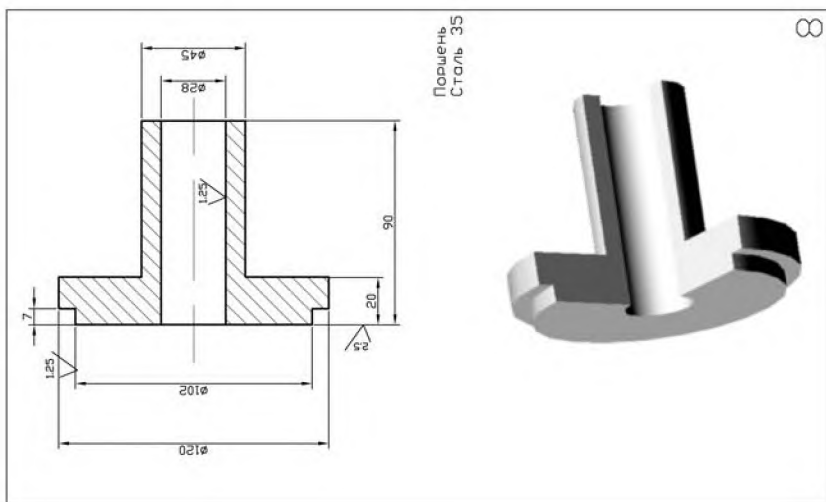
1.3. Эскизы деталей для выполнения домашних заданий

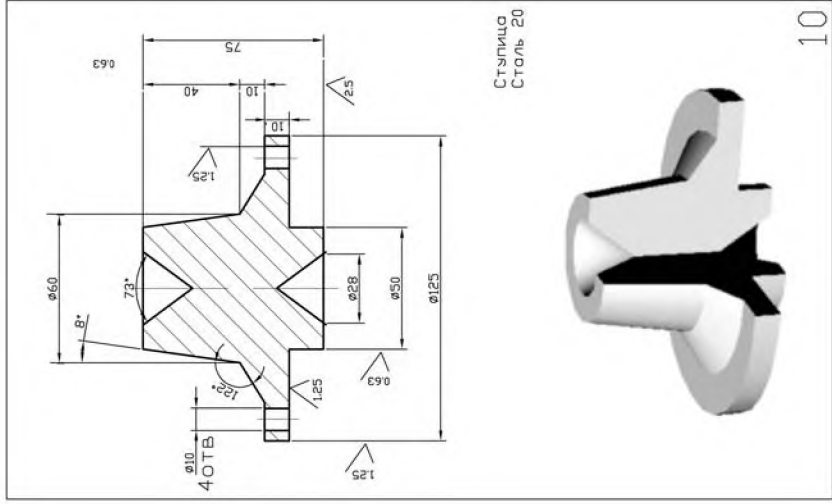
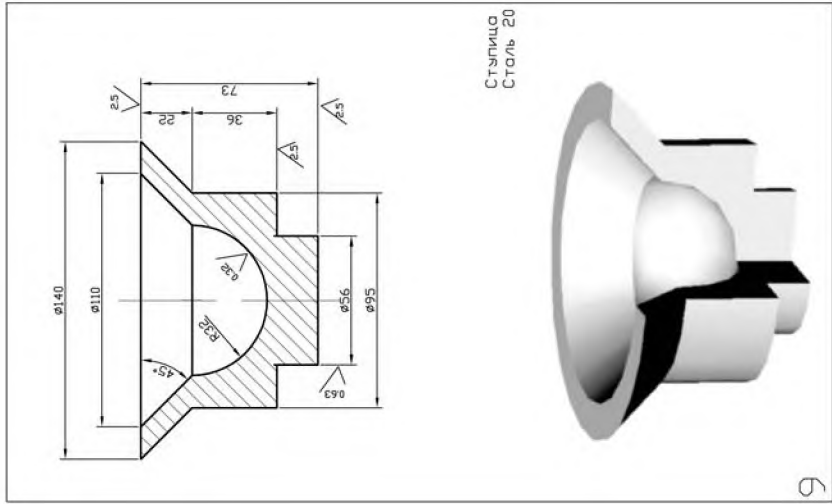


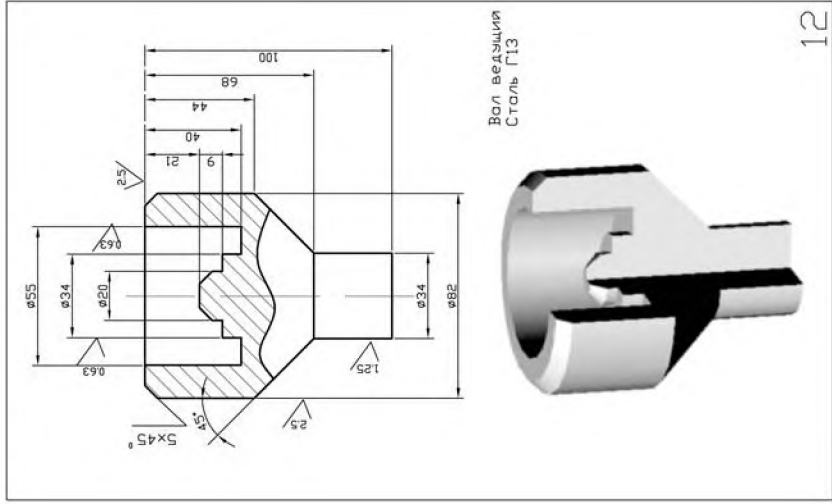
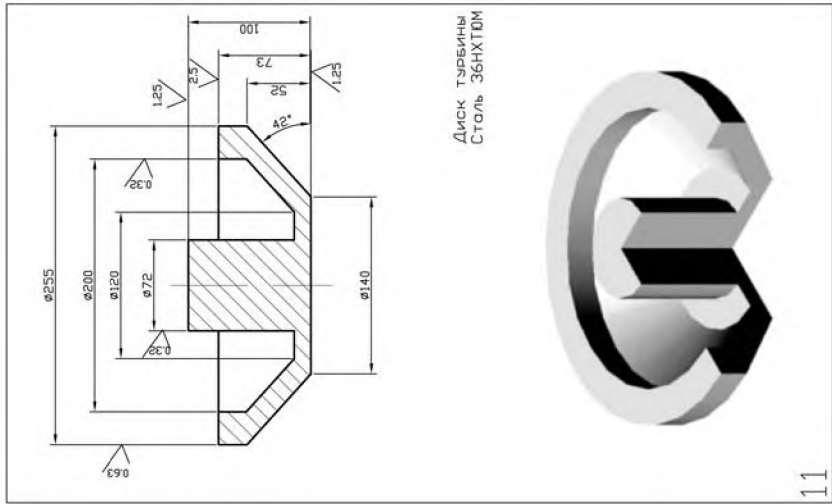


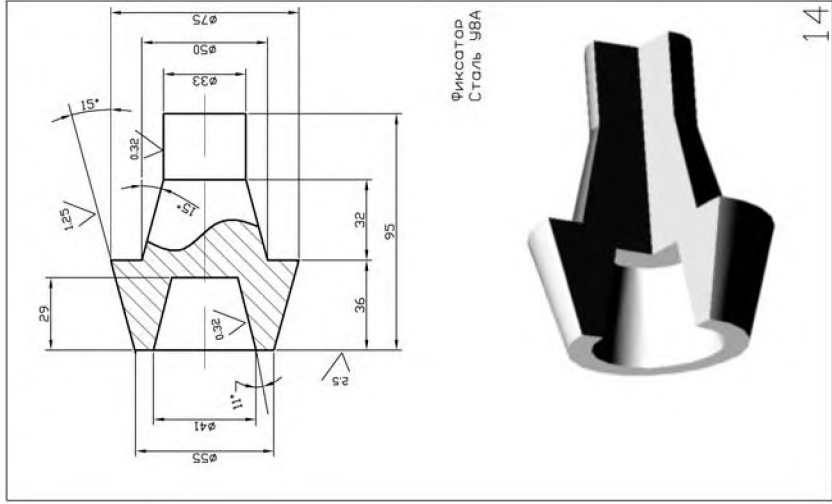
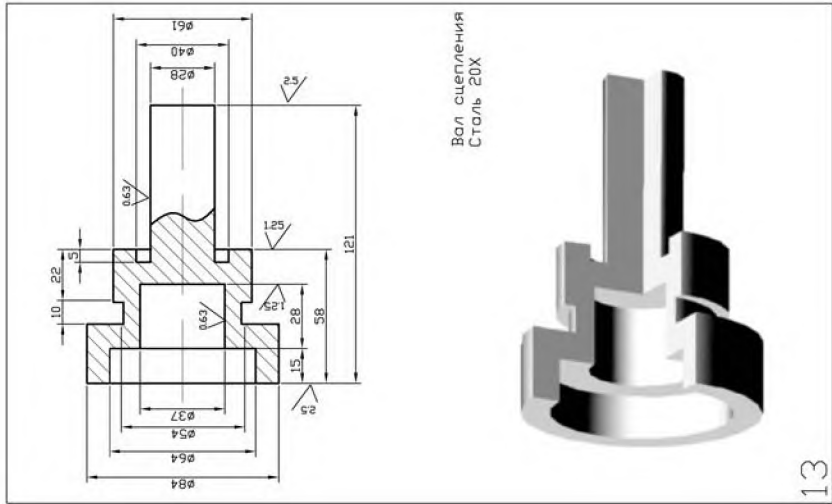
6

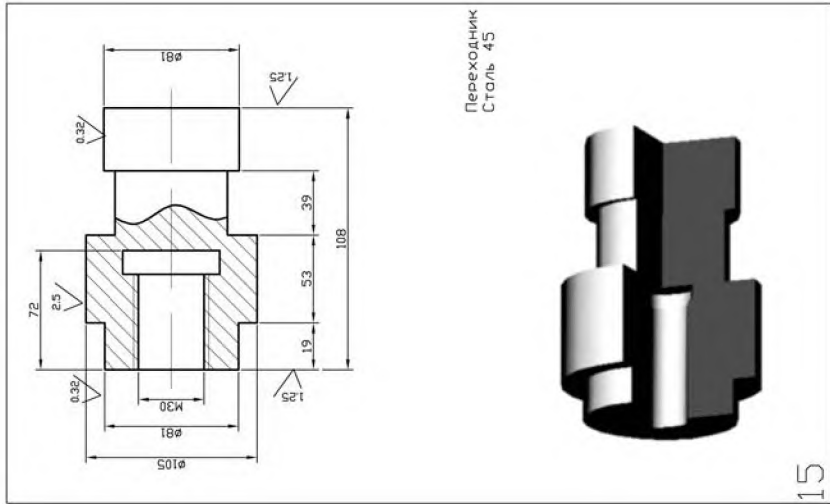
5



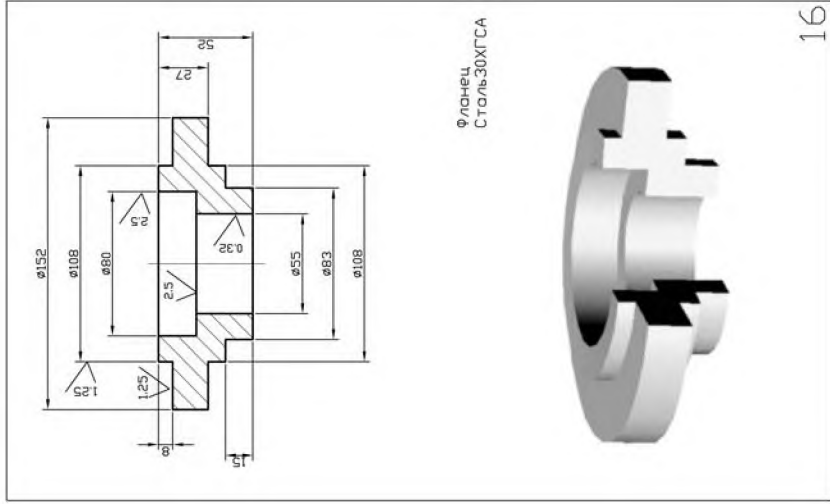




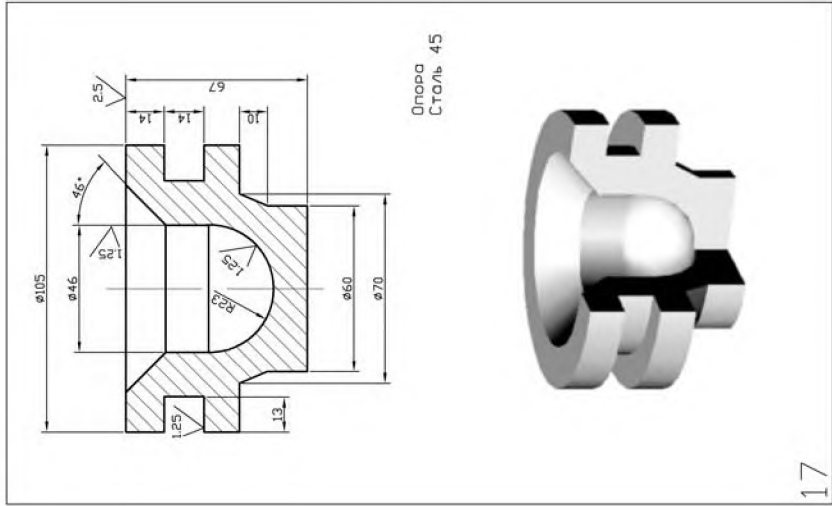




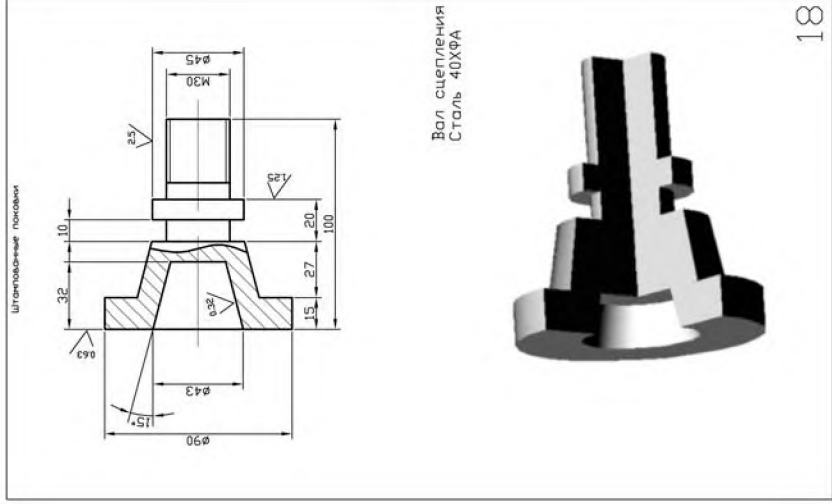
15



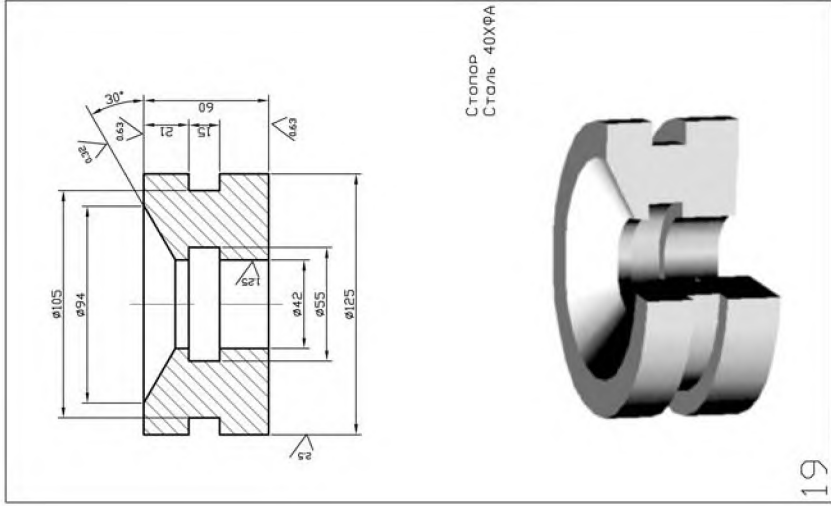
16



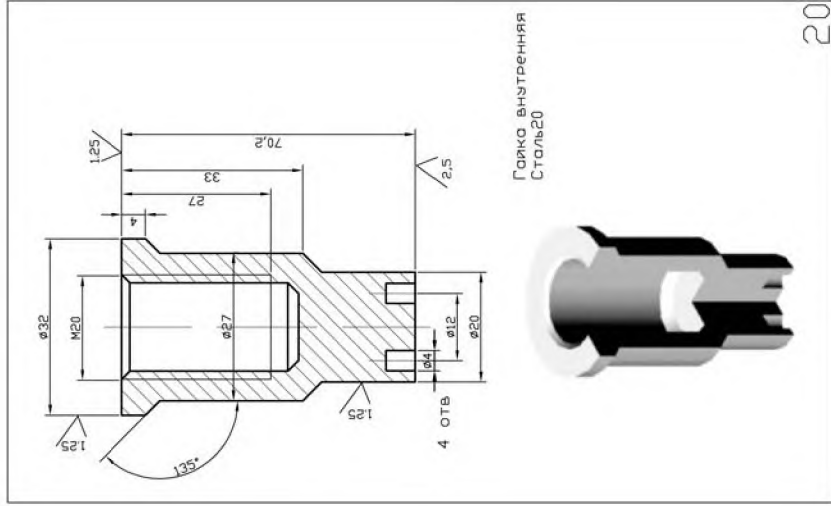
17



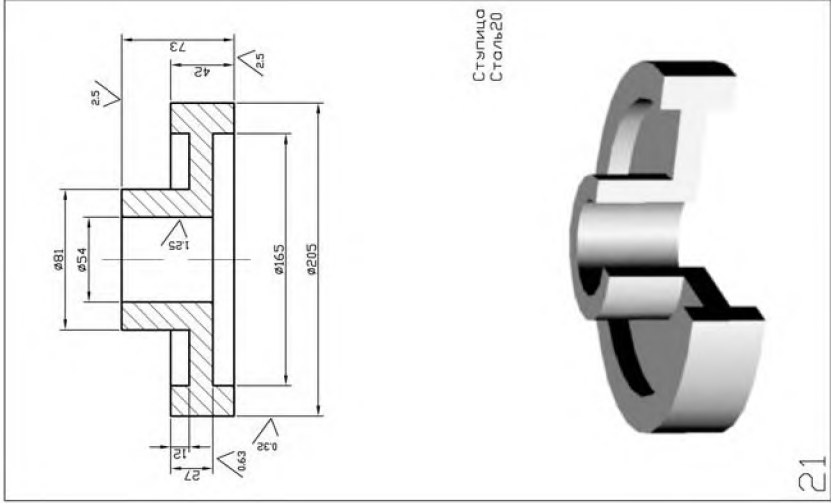
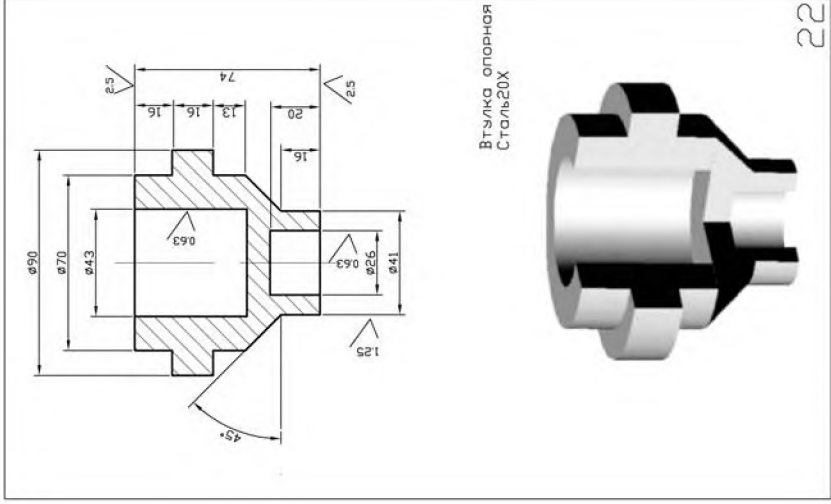
18

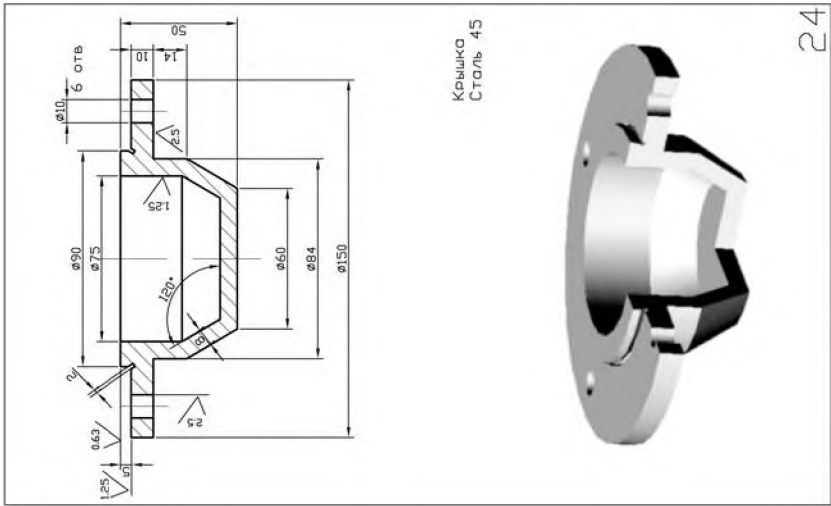
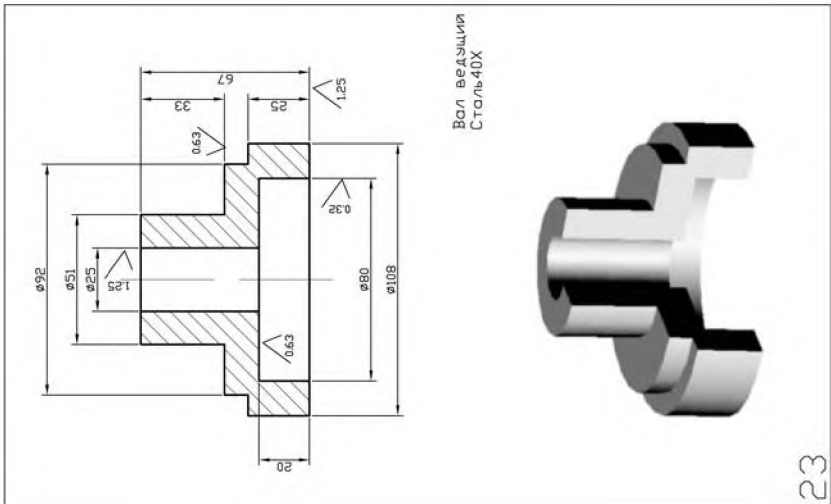


19



20





2. ШТАМПОВАННЫЕ ТОНКОСТЕННЫЕ ОБОЛОЧКИ

В главе приведены стилизованные (функциональные) эскизы тонкостенных оболочек, представляющие собой объекты технологических задач, решением которых завершается курс «Технология конструкционных материалов». Результатом решения таких задач являются варианты возможной последовательности технологических операций изготовления цельноштампованных и штампованных оболочек. По результатам сравнения возможных вариантов выбирают рациональную конструкцию оболочки.

2.1. Методика решения технологической задачи

Задан эскиз детали. Необходимо разработать одну или несколько возможных последовательностей технологических операций, требующихся для изготовления оболочки, и уточнить ее конструкцию.

Для выполнения задания необходимо:

- предложить состав и последовательность операций листовой штамповки для изготовления цельноштампованной оболочки;
- если оболочку невозможно изготовить цельноштампованной, выбрать места ее рационального разделения на отдельные штампуемые элементы;
- предложить состав и последовательность операций листовой штамповки для изготовления каждого элемента;
- рассчитать параметры формоизменяющих операций, сопоставить их с предельными, выбрать число операций, рассчитать размеры заготовки на каждом переходе (для цельноштампованной оболочки или для самого сложного полученного после разделения элемента);
- выбрать способ сварки и вид соединения кромок элементов;
- изобразить эскиз оболочки с учетом технологии изготовления (изменения формы, размеров, радиусов скругления);
- предложить вариант конструкции более технологичной оболочки.

Выбор последовательности операций листовой штамповки

Первыми выполняют операции получения плоской листовой заготовки (отрезку, вырубку), затем операции вытяжки без принудительного утонения стенки, потом можно выполнять вытяжку с принудительным утонением стенки или обжим, раздачу, отбортовку, завивку кромок. Далее следуют операции пробивки всевозможных отверстий в оболочке. Заключительной операцией является обрезка кромок или фланца (обычно без разделки под сварку).

Состав операций, как правило, неоднозначен. Горловину оболочки можно изготовить отбортовкой или вытяжкой с последующим отрезанием доньшка либо вытяжкой с последующей пробивкой и отбортовкой дна. Поэтому расчет размеров заготовки проводят только после выбора последовательности операций. Двухступенчатый цилиндрический стакан можно изготовить вытяжкой и обжимом, вытяжкой и раздачей, двумя вытяжками. В последнем случае площадь поверхности плоской круглой заготовки приравнивают к площади поверхности ступенчатого стакана. При обжиме или раздаче длина исходной цилиндрической части заготовки остается практически неизменной – формоизменение происходит за счет изменения толщины цилиндрических стенок.

Степень формоизменения заготовки ограничивается предельными деформациями. При вытяжке без принудительного утонения стенки (рис. 26) их учитывают коэффициентом k (степенью вытяжки):

$$k = \frac{D}{d},$$

где D – диаметр заготовки на предыдущем переходе; d – диаметр пуансона на текущем переходе.

Предельные степени вытяжки для первого перехода приведены в табл. 5. На втором и третьем переходе предельные степени вытяжки уменьшаются (если после каждого перехода не предусмотрен отжиг). Для вытяжки без принудительного утонения стенок в несколько переходов суммарная степень вытяжки $k = k_1 k_2 k_3$, причем $k_1 < k_{1\max}$, $k_{2\max} = 0,85 k_{1\max}$, $k_{3\max} = 0,7 k_{1\max}$. Вытяжка с принудительным утонением стенки ограничивается максимальным утонением стенки за один переход, соотношение между деформациями по толщине на разных переходах такое же, как при вытяжке без утонения.

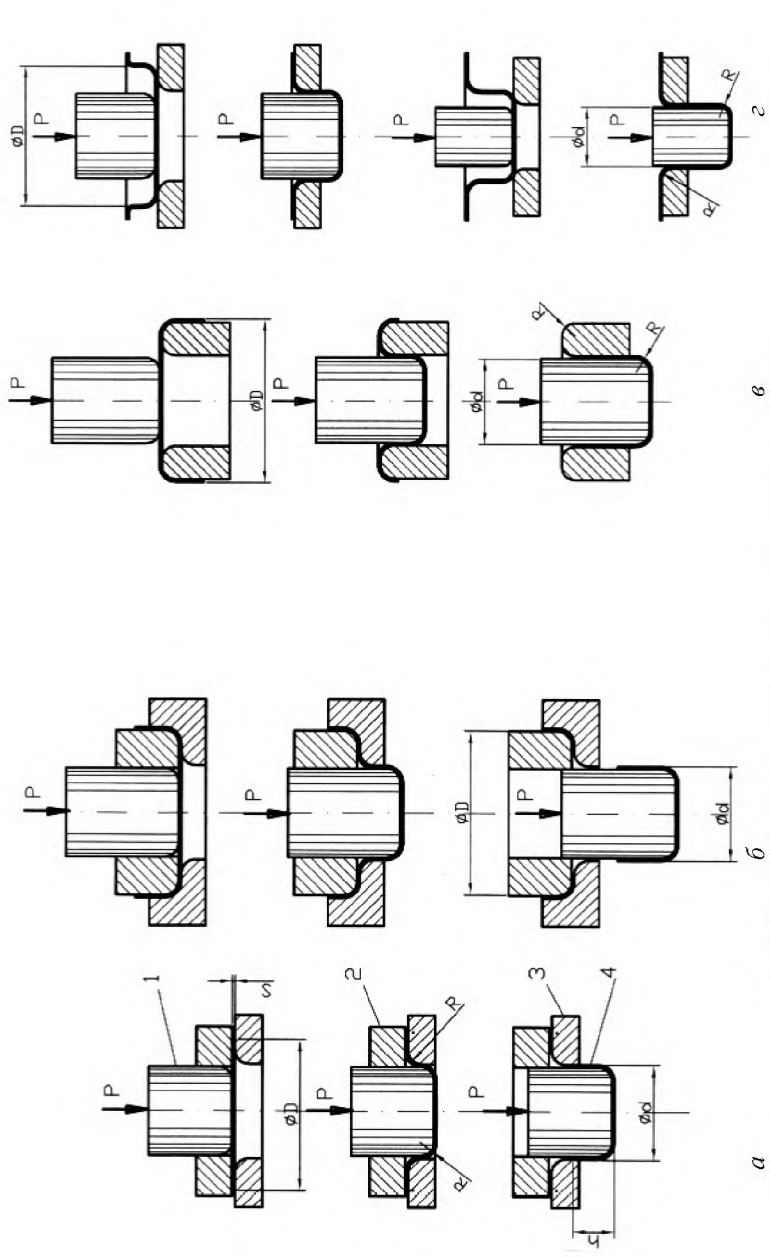


Рис. 26. Вытяжка без принудительного утонения стенки:
a – из плоской заготовки (1 – пуансон, 2 – прижим, 3 – матрица, 4 – заготовка); *b* – из цилиндрической заготовки; *в* – реверсивная вытяжка из цилиндрической заготовки; *г* – вытяжка оболочки с широким фланцем

Таблица 5

Показатели штампуемости сплавов

Марка сплава	Пластичность	Предельная степень вытяжки	Коэффициент обжима	Деформация при вытяжке с утонением
<i>Стали</i>				
3	0,35	1,9	1,5	0,1
20	0,39	2	1,6	0,15
25	0,39	2	1,6	0,14
40X	0,4	2,1	1,6	0,14
45	0,3	1,9	1,5	0,13
08Ю	0,45	2,2	1,5	0,15
55С2	0,29	1,8	1,6	0,1
60	0,29	1,6	1,6	0,1
15X28	0,42	2,2	1,5	0,12
15X25Т	0,42	2,2	1,6	0,12
20X13	0,44	2,1	1,6	0,12
20ХГСА	0,4	2,1	1,6	0,12
15X6СЮ	0,4	2	1,5	0,13
30ХГСА	0,38	2	1,6	0,12
20X17H2	0,4	2	1,7	0,13
10X18H10T	0,41	2	1,5	0,13
12X18H10T	0,39	1,9	1,6	0,12
<i>Цветные сплавы</i>				
M2	0,45	2,2	1,7	0,15
БрБ2	0,4	2	1,6	0,11
Мельхиор	0,43	2,1	1,6	0,15
ЛС59-1	0,38	2	1,6	0,12
Л62	0,44	2,2	1,6	0,15
АД1М	0,4	2	1,5	0,15
АМг6	0,38	1,9	1,6	0,14
Д16	0,35	1,8	1,5	0,12
ВТ2	0,3	1,7	1,4	0,1

Размеры стакана (диаметр его почти не меняется) рассчитывают исходя из равенства объемов, из которого следует справедливость соотношения $H_0S_0 = H_1S_1$. Таким образом, высоту стакана после первого перехода при максимальной степени деформации 15 % определяют как $H_1 = H_0S_0/S_1 = H_0/0,85$. Пластичность материала при обжиге учитывают с помощью коэффициента обжима $k = D/d$, где

D и d – начальный и конечный диаметры трубной части заготовки на одном переходе.

Для определенности мерой пластичности материала будем считать максимальную относительную степень деформации образца δ при испытаниях на растяжение.

Пластичность материала заготовки при остальных операциях можно приближенно учитывать с помощью величины δ :
при отбортовке

$$\delta \geq \frac{\pi D - \pi d}{\pi d} = \varepsilon; \quad \pi d h = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2),$$

где D – диаметр борта; d – диаметр предварительно пробиваемого отверстия; h – высота борта; ε – степень деформации при растяжении кромки борта;
при раздаче

$$\delta \geq \frac{\pi D - \pi d}{\pi d} = \varepsilon,$$

где D и d – конечный и начальный диаметры раздаваемой цилиндрической части заготовки. С учетом предыдущих рассуждений можно найти максимальный диаметр заготовки:

$$D_{\max} = d(1 + \delta).$$

Формовка заготовок

При формовке жестким пуансоном (рис. 27, а) полагаем, что объем отформованного элемента (который равномерно утоняется) равен объему той части заготовки, из которой он отформован. Тогда, например, максимальная высота сферического сегмента

$$h_{\max} = \frac{D^2}{8R(1 - \delta)},$$

где D – диаметр проекции сегмента на плоскость; R – радиус сферы; h – высота сегмента.

При формовке и раздаче эластичным пуансоном или жидкостью (рис. 27, б) формоизменение происходит и за счет утонения заготовки, и за счет перемещения части заготовки.

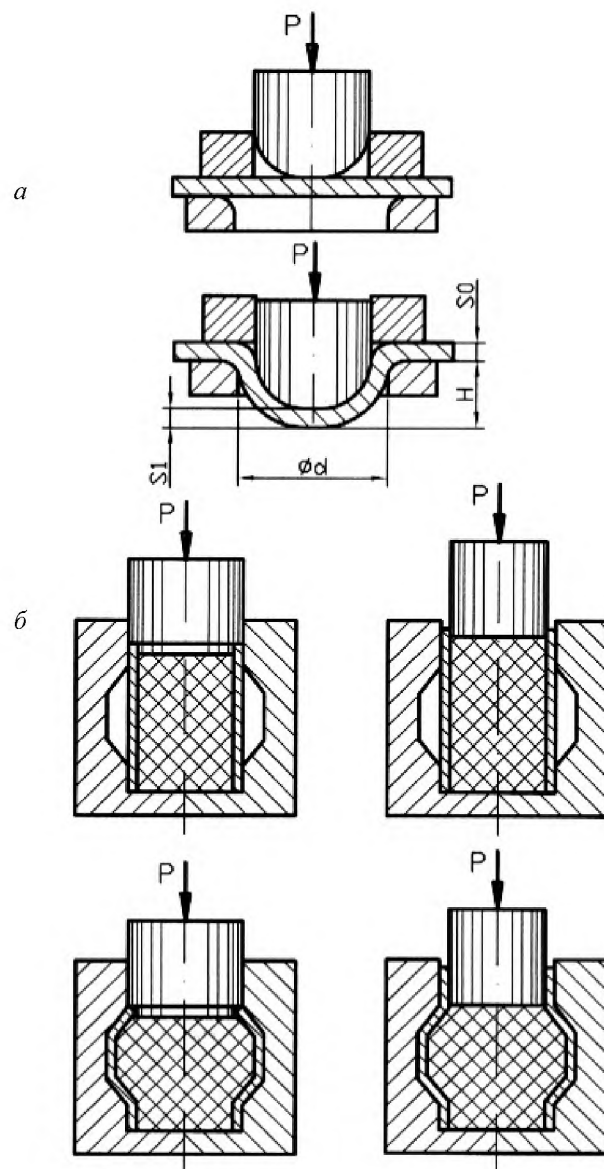


Рис. 27. Формовка заготовок:
a – жестким пуансоном, *б* – эластичным пуансоном

Выбор способов сварки

Из множества способов сварки рекомендуем рассматривать только пять групп, так как использование остальных нехарактерно для рассматриваемых оболочек:

- 1) газовая;
- 2) электродуговая в среде защитных газов с присадкой и без нее;
- 3) микроплазменная;
- 4) лазерная, электронно-лучевая;
- 5) контактная (шовная, точечная, конденсаторная).

При выборе способов сварки следует учитывать материал заготовки (например, нельзя применять газовую сварку для алюминиевых сплавов), его толщину (нельзя применять конденсаторную сварку, если толщина кромок превышает 1 мм), зону термического влияния (например, при сварке высокоточных мембран), разные специфические факторы (создание вакуума внутри оболочки может быть достигнуто при сварке электронным лучом).

При выборе вида стыка предлагаем рассмотреть все возможные варианты и к каждому варианту попробовать применить сварку всех пяти групп, подготовив тем самым обоснование для выбора способа сварки и вида стыка.

Технологичность штампованных из листа деталей

При вытяжке нужно стремиться к тому, чтобы получать оболочки за меньшее число операций. Завышая высоту оболочки, ширину ее фланцев, уменьшая относительный радиус скругления между дном оболочки и боковой поверхностью $R/S < 5$, мы уменьшаем ее технологичность. То же самое верно и для других операций. Уменьшение числа операций за счет введения дополнительных сварочных швов нельзя однозначно считать более технологичным (сварка не способствует улучшению прочности и точности оболочек и может привести к увеличению их стоимости).

2.2. Примеры решения технологической задачи

Пример 1

По исходному эскизу оболочки (рис. 28) разрабатываем технологию ее изготовления: сварная (рис. 29, а, б) или цельно-

штампованная (рис. 29, в). Полагаем, что оболочку можно штамповать в следующем порядке (рис. 30): вырубка круглой заготовки из листа, вытяжка, обжим (при операциях обжима считаем, что исходная длина обжимаемой цилиндрической поверхности не меняется). Из этого следует, что площадь поверхности оболочки равна площади поверхности цилиндрического стакана диаметром d со сферическим дном (радиус сферы 150 мм) и высотой цилиндрической части h , т. е. $\pi D^2/4 = \pi d^2/2 + \pi dh$ или

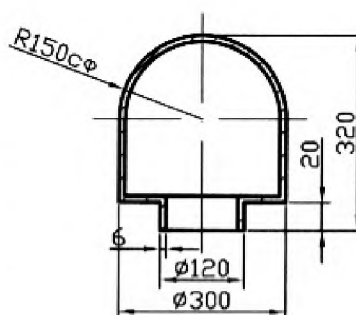


Рис. 28. Эскиз исходной оболочки из сплава АМг6

$$D = \sqrt{2d^2 + 4dh} = \sqrt{2 \cdot 300^2 + 4 \cdot 300 \cdot 170} = 620 \text{ мм.}$$

Требуемая степень вытяжки

$$k = \frac{620}{300} = 2,07.$$

Предельная степень вытяжки для сплава АМг6 $k = 1,9$ (см. табл. 5), поэтому за один переход выполнить вытяжку нельзя. Разбиваем операцию вытяжки на два перехода $k_1 = 1,5$ и $k_2 = 1,38$. На первом переходе получим стакан диаметром 413 мм и высотой 232 мм, на втором – стакан диаметром 300 мм и высотой 320 мм.

Поскольку требуемый коэффициент обжима $k = 300/120 = 2,5$, а максимальный $k_{\text{max}} = 1,6$ (см. табл. 5), нужно сделать несколько переходов. Назначим для первого перехода $k_1 = 1,52$ (остальные переходы студенту рассматривать не обязательно). Покажем остальные переходы без расчета (см. рис. 28). Полученная в результате оболочка отличается от заданной.

Выбирая место разделения оболочки на элементы, руководствуются следующими критериями:

– вытяжка осесимметричных деталей проще и экономичнее, чем вытяжка сложных в плане или по образующей деталей (из-за меньшей стоимости инструмента);

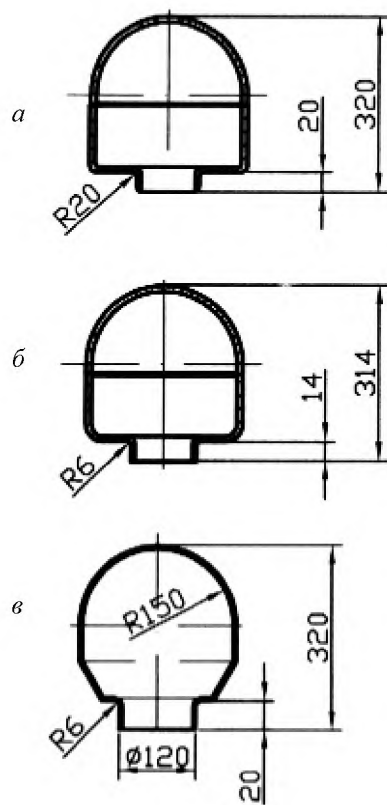


Рис. 29. Эскизы оболочек, полученных по разным технологиям: *a* и *b* – сварные; *v* – цельноштампованная

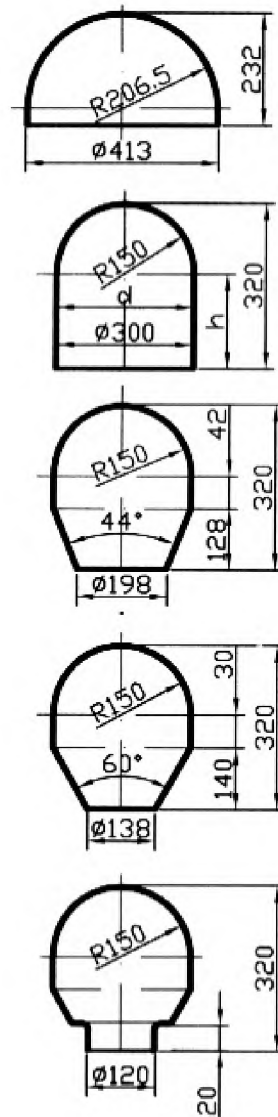


Рис. 30. Формоизменение заготовки при изготовлении цельноштампованной оболочки

- глубина полости оболочки должна быть наименьшей;
- необходимо стремиться к равной прочности всех элементов оболочки после сварки;
- стыки оболочек должны быть удобны для сварки.

Разделим оболочку по плоскости, перпендикулярной оси и отстоящей от центра сферы на 10 мм. Получим два элемента (рис. 31). Для полусферического элемента

$$D = \sqrt{2 \cdot d^2 + 4 \cdot d \cdot h^{0,5}} = \sqrt{2 \cdot 300^2 + 4 \cdot 300 \cdot 10^{0,5}} = 438 \text{ мм};$$

$$k = 438/300 = 1,46,$$

т. е. такой элемент вытягивают за одну операцию. Последовательность операций: вырубка круглой заготовки, вытяжка, обрезка кромок.

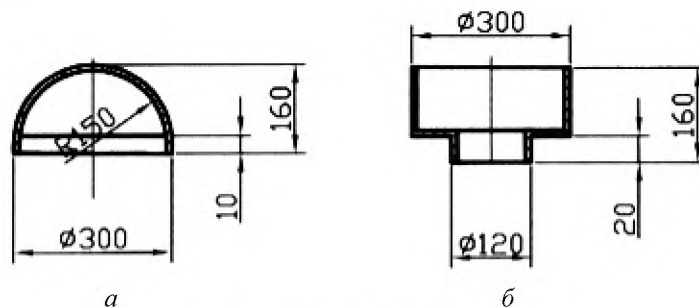


Рис. 31. Элементы разделенной оболочки:
а – верхний; б – нижний

Цилиндрический элемент можно штамповать по-разному (рис. 32, а, б). Согласно варианту а, горловину формируют вытяжкой. Диаметр заготовки определяют после вытяжки:

$$D = \sqrt{d^2 + 4dh + 4d_1h_1} = \sqrt{300^2 + 4 \cdot 300 \cdot 140 + 4 \cdot 120 \cdot 20};$$

$$D = 517 \text{ мм и } k = 517/300 = 1,72.$$

Хотя стакан вытягивают за один переход, радиус скругления слишком велик ($R/S = 6 \dots 8$, $R = 40$) и приходится делать дополнительный переход вытяжки, в котором уменьшают радиус

скругления до $R = 6$. Вытянуть горловину за один переход не удастся ($k = 300/120 = 2,5$). Поэтому вытягиваем горловину диаметром 180 мм ($k_1 = 300/180 = 1,67$) и потом нужного диаметра 120 мм ($k_2 = 180/120 = 1,5$ и $k_1/k_2 = 1,11$). Последовательность операций: вырубка, четыре вытяжки, пробивка доньшка горловины, обрезка кромок.

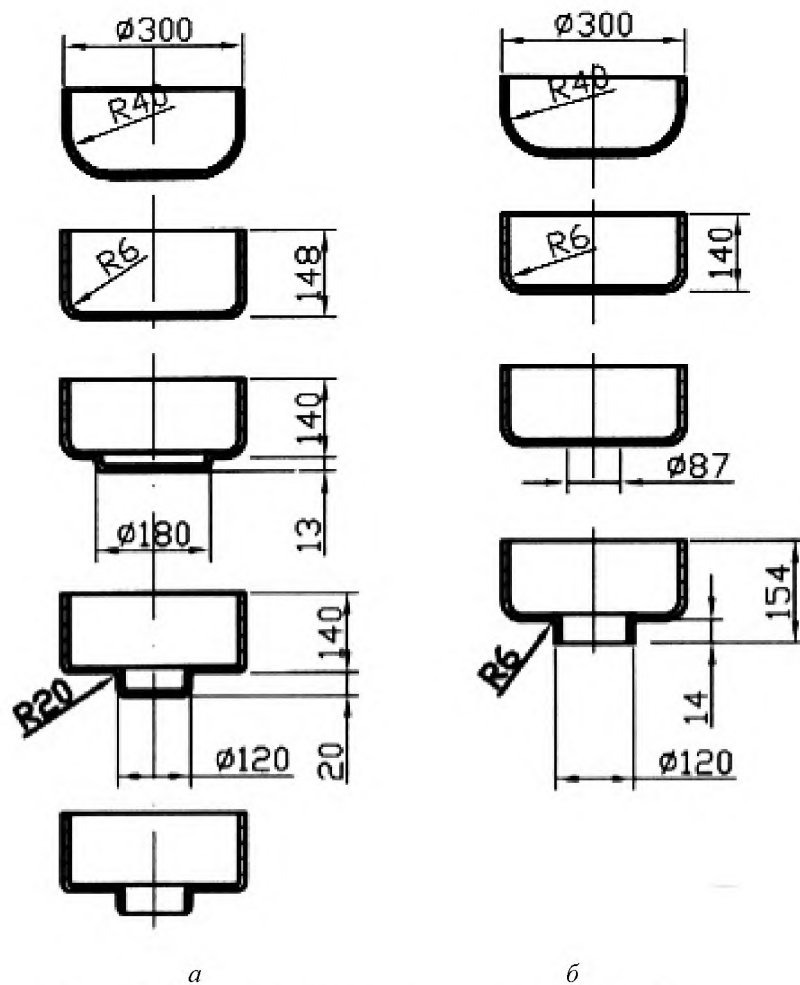


Рис. 32. Варианты штамповки нижнего элемента оболочки:
а – вытяжка горловины; *б* – отбортовка горловины

Согласно варианту б (см. рис. 32, б) горловину получают отбортовкой. В этом случае диаметр заготовки

$$D = \sqrt{d^2 + 4dh} = \sqrt{300^2 + 4 \cdot 300 \cdot 140} = 508 \text{ мм},$$

а коэффициент отбортовки

$$K = 508/300 = 1,69.$$

Как и в предыдущем случае, вводим вторую операцию вытяжки для уменьшения радиуса скругления. Последовательность операций: вырубка заготовки, две вытяжки, пробивка отверстия под отбортовку, отбортовка, обрезка кромок.

Определим минимальный диаметр отверстия под отбортовку d . Так как пластичность $\delta = (D - d)/d$, $d = D/(1 + \delta)$. Из табл. 5 для сплава АМг6 находим $\delta = 0,38$ и $d = 120/(1 + 0,38) = 87$ мм.

Из равенства площадей поверхностей $\pi Dh = \pi(D^2 - d^2)/4$ выразим высоту горловины h :

$$h = (D^2 - d^2)/(4D) = (120^2 - 87^2)/(4 \cdot 120) = 14 \text{ мм}.$$

Высота горловины получается меньше заданной (см. рис. 31, б). Другие варианты штамповки не рассматриваем.

Как видно из рис. 32, во всех рассмотренных вариантах получаем оболочки, отличающиеся по форме от заданной. Для варианта А эти различия минимальны.

Тип стыка и способ сварки выбираем, ориентируясь на табл. 6 и рис. 33, 34. В нашем случае из-за большой толщины нежелательно применять нахлесточные соединения. Сварка встык дает наиболее качественные соединения, хотя для сборки требуются элементы с наибольшим качеством точности. Из-за большой толщины нельзя применять способы сварки 5-й группы. Газовую сварку не применяют для алюминиевых сплавов. Итак, рекомендуем использовать сварку электронным лучом или лазерную на стыковом соединении для получения изделия наибольшей точности, прочности и надежности. При заниженных требованиях к конструкции детали можно использовать аргонодуговую или микроплазменную сварку.

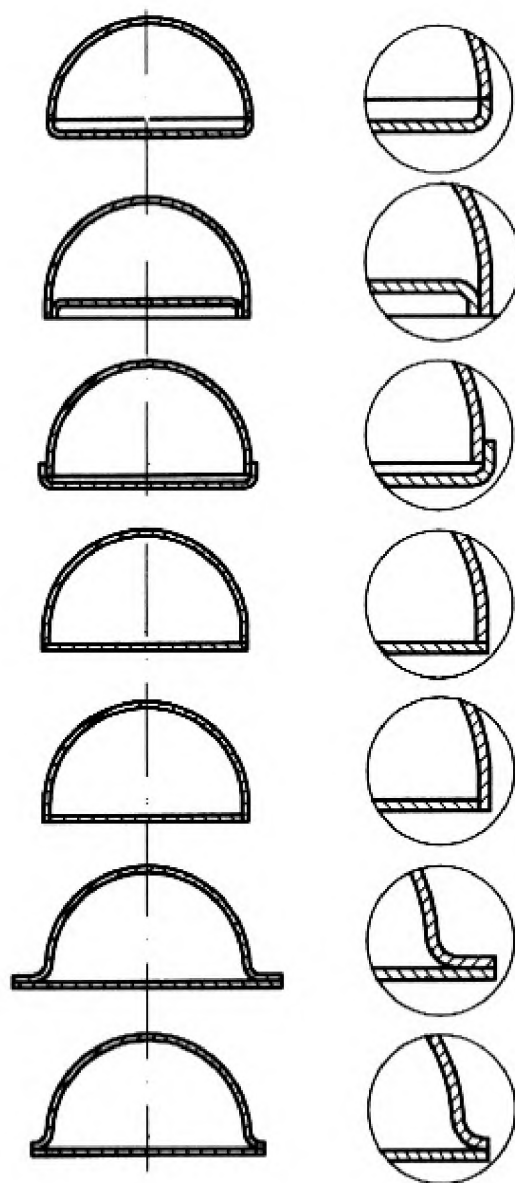


Рис. 33. Варианты соединения стыков штампованных элементов оболочки перед сваркой

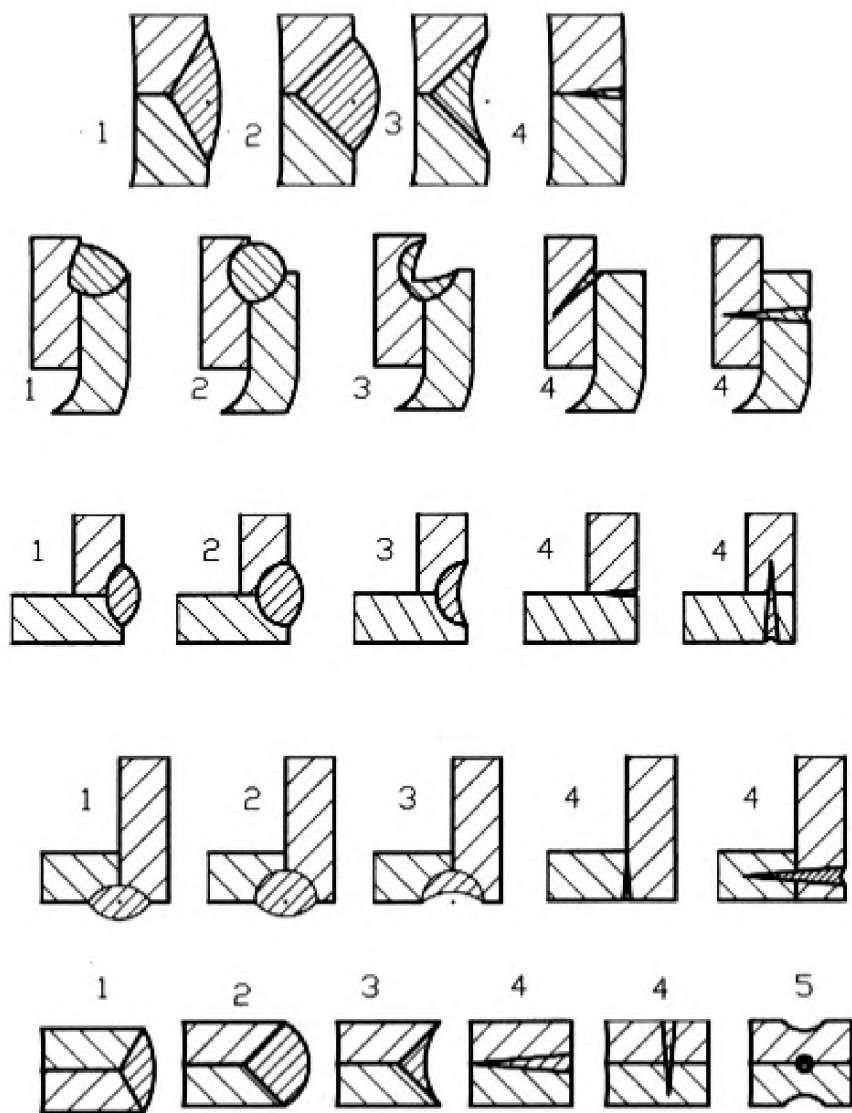


Рис. 34. Типы швов при различных способах сварки:

1 – газовая; 2, 3 – электродуговая в среде защитных газов с присадкой и без нее;
4 – электронно-лучевая, лазерная; 5 – точечная, шовная, конденсаторная

Таблица 6

Показатели свариваемости сплавов

Марка сплава	Способ сварки				
	Газовая	Электродуговая в среде защитных газов	Микро- плазменная	Лазерная, электрон- но-лучевая	Контактная
<i>Стали</i>					
3	Хорошая	Хорошая	Хорошая	Хорошая	Хорошая
20	»	»	»	»	Хорошая
25	»	»	»	»	»
40X	Низкая	»	Средняя	»	»
45	»	Средняя	»	Низкая	»
08Ю	Хорошая	Хорошая	Хорошая	Хорошая	»
55С2	Низкая	Средняя	Средняя	Низкая	»
60	»	»	»	»	»
15Х28	»	»	»	Хорошая	»
15Х25Т	»	»	»	»	»
20Х13	»	»	»	»	»
20ХГСА	»	»	»	»	»
15Х6СЮ	»	»	»	»	»
30ХГСА	»	»	»	»	»
20Х17Н2	»	»	»	»	»
10Х18Н10Т	»	»	»	»	»
12Х18Н10Т	»	»	»	»	»
<i>Цветные сплавы</i>					
М2	Хорошая	Средняя	Низкая	Хорошая	Нет
Л60	Низкая	»	»	»	»
Мельхиор	»	»	Средняя	»	»
ЛС59-1	»	»	Низкая	»	»
Л62	»	»	»	»	»
АД1М	»	Низкая	»	Средняя	»
АМг6	»	»	»	»	»
Д16	»	»	»	»	»
ВТ2	»	Средняя	»	»	Низкая

Пример 2

Существует несколько вариантов изготовления ступицы (рис. 35). Ее можно изготовить цельноштампованной, можно отштамповать отдельные элементы, соединив их в неразъемное соединение с помо-

щью сварки, пайки или склеивания. Рассмотрим вариант изготовления, при котором оболочку разделим на два элемента.

Рассмотрим технологический процесс изготовления первого элемента (см. рис. 36, а, и рис. 37).

Рассчитаем размеры заготовки исходя из равенства площадей поверхностей детали и заготовки:

$$D_0 = \sqrt{d_{\phi}^2 + 4dh} = \sqrt{65^2 + 4 \cdot 13 \cdot 50} = 82,6 \text{ мм,}$$

где D_0 , d_{ϕ} = 65 мм, d = 50 мм, h = 13 мм – диаметр заготовки, диаметр фланца детали, диаметр цилиндрической части детали и ее высота соответственно.

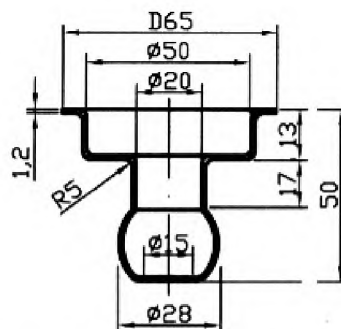


Рис. 35. Эскиз детали «ступица» из стали 40Х

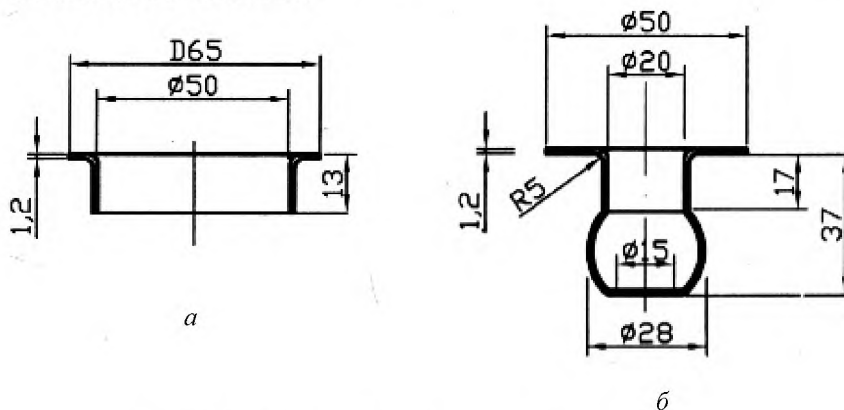


Рис. 36. Элементы разделенной детали ступицы: а – деталь 1 (верхняя часть); б – деталь 2 (нижняя часть)

Увеличиваем диаметр заготовки на припуск на обрезку: $D = D_0 + 2,4 = 85 \text{ мм.}$

Требуемый коэффициент вытяжки меньше предельного $k = 85/50 = 1,7 < 2$, поэтому вытяжку проводим за один переход.

Теперь рассмотрим технологический процесс изготовления второго элемента (см. рис. 36, б и рис. 38).

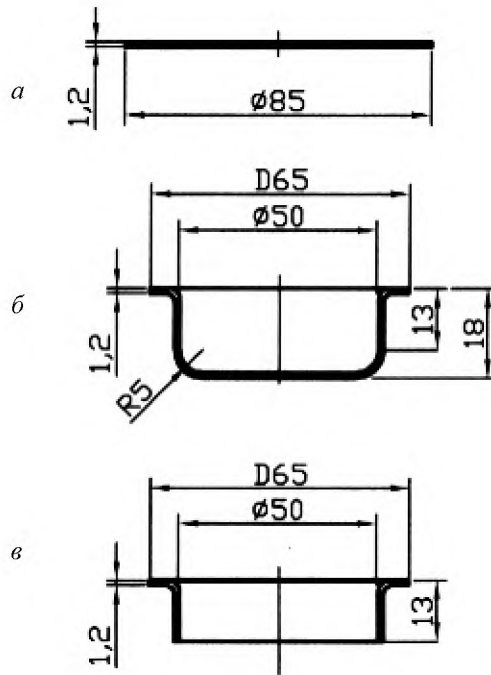


Рис. 37. Технология изготовления детали 1:

a – вырубка заготовки; *б* – вытяжка стакана с фланцем из плоской заготовки;
в – отрезка дна (роликом)

Предполагаем увеличивать диаметр с 20 мм до 25 мм за счет раздачи (т. е. за счет уменьшения толщины детали), поэтому размеры заготовки считаем для стакана диаметром 20 мм, с фланцем диаметром 50 мм и высотой 37 мм:

$$D_0 = \sqrt{d_{\text{ф}}^2 + 4dh} = \sqrt{50^2 + 4 \cdot 20 \cdot 37} = 73,9 \text{ мм};$$

$$D = D_0 + 1,1 = 75 \text{ мм (добавим припуск на обрезку)}.$$

Коэффициент вытяжки $D/d = k = 75/20 = 3,75$ больше двух, поэтому используем многопереходную вытяжку. Рассчитаем коэффициенты переходов:

$$k_1 k_2 = 2 \cdot 1,875; k_1 = 2, k_2 = 1,875.$$

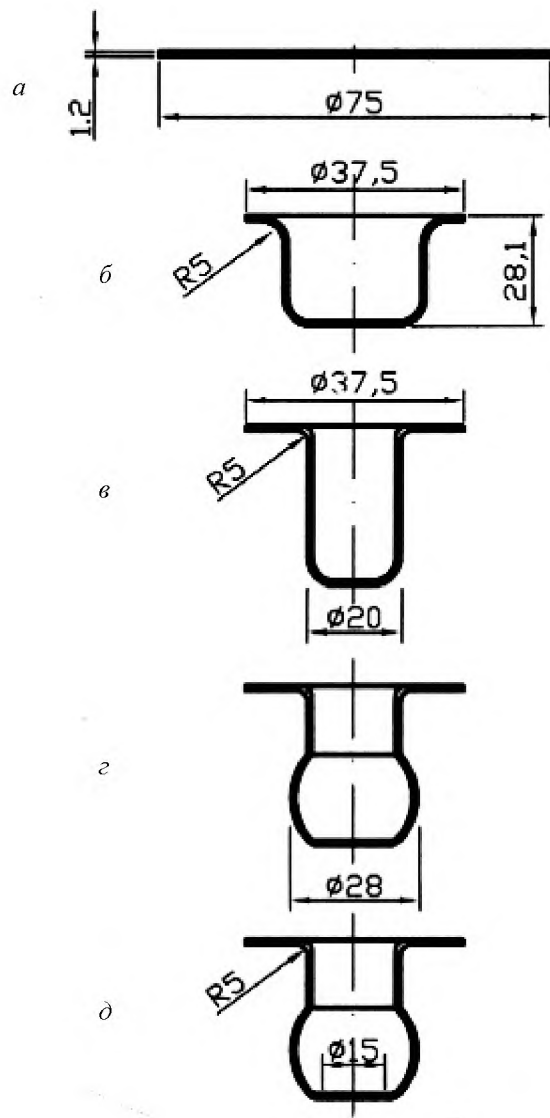


Рис. 38. Технология изготовления детали 2:

a – вырубка заготовки; *б* – вытяжка стакана с фланцем; *в* – вытяжка из цилиндрического стакана с сохранением прежнего диаметра фланца; *г* – раздача нижней части; *д* – пробивка дна

Определим диаметр и высоту стакана после первого перехода вытяжки.

Диаметр стакана $d_1 = 75/k_1 = 37,5$ мм.

Высота стакана $h_1 = (D^2 - d^2)/4d = 28,1$ мм.

Расчет диаметра и высоты стакана после второго перехода аналогичен.

Пример 3

Требуется разработать технологию изготовления шар-баллона и провести необходимые расчеты для данного изделия.

Вариантов изготовления может быть несколько.

Поскольку оболочка замкнута, изготовить ее цельноштампованной возможно в условиях сверхпластичности с использованием газостатов (подобно выдуванию мыльных пузырей) и без фланца.

Один из типовых вариантов технологии изготовления разделенной оболочки – штамповать элементы, максимально подобные друг другу. Этому требованию отвечает вариант, показанный на рис. 39.

Рассмотрим технологию изготовления детали 1 (рис. 40). Сначала выполним необходимые технологические расчеты.

Диаметр заготовки D_0 находим из соотношения $S_{\text{заг}} = S_{\text{дет}}$:

$$\frac{\pi D_0^2}{4} = \frac{\pi d^2}{2} + \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2); \quad D_0^2 = 2d^2 + (D^2 - d^2);$$

$$D_0 = \sqrt{D^2 + d^2} = 261 \text{ мм.}$$

Для операции вытяжки нужен один переход, так как коэффициент вытяжки $k < k_{\text{max}} = 2$.

Рассчитываем минимальный диаметр отверстия для максимальной высоты борта при отбортовке исходя из равенства площадей поверхности борта и кольца (пластичность материала – 40 %):

$$\frac{\pi}{4}(D_1^2 - d_1^2) = \pi D_1 h, \quad h = \frac{D^2 - d^2}{4D_1}.$$

Здесь $D_1 = 60$ мм (см. рис. 39); d_1 – минимальный диаметр отверстия при максимальной высоте отбортовки h .

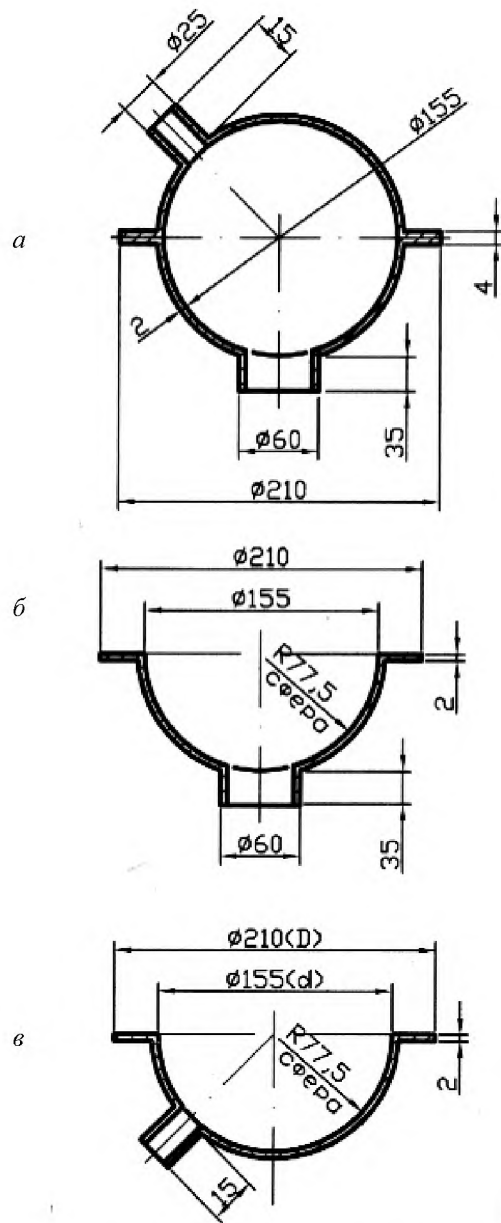


Рис. 39. Шар-баллон из стали 20X13:
a – эскиз оболочки; *б* – деталь 1; *в* – деталь 2

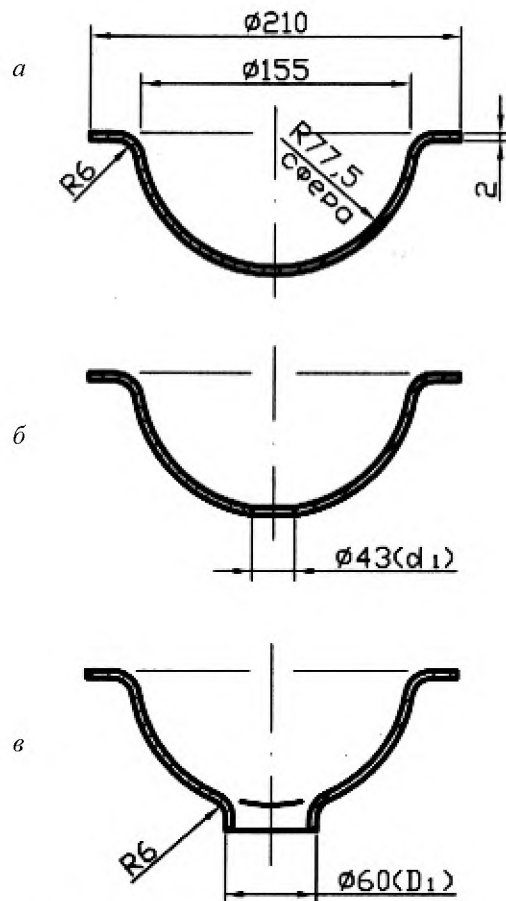


Рис. 40. Технология изготовления детали 1:
a – вытяжка без принудительного утонения стенки; *б* – вытяжка с утонением стенки; *в* – пробивка и отбортовка отверстия

Так как пластичность материала $\delta = 0,4$ подчиняется условию $\delta \geq \frac{\pi D_1 - \pi d_1}{\pi d_1}$, определим из этого условия минимальный диаметр d_1 и высоту отбортовки h :

$$\delta \pi d_1 \geq \pi D_1 - \pi d_1; \quad d_1(\delta + 1) \geq D_1; \quad d_1 = \frac{D_1}{\delta + 1} = \frac{60}{0,4 + 1} = 43 \text{ мм},$$

откуда

$$h = \frac{60^2 - 43^2}{4 \times 60} = 7 \text{ мм.}$$

Из расчета следует, что борт нужной высоты 35 мм можно выполнить за счет наращивания полученного при отбортовке отрезка трубы длиной 28 мм.

Расчеты для детали 2 не приводим, поскольку они аналогичны.

Изготовленные детали 1 и 2 подлежат соединению сваркой (рис. 41).

Так как шар-баллон нагружают давлением газа изнутри, то сварной шов при нахлесте фланцев работает на разрыв. Если складывать внахлест кромки полусфер, то прочность оболочки будет определять «живое» сечение шва, которое существенно меньше сечения стенки баллона. Следовательно, наилучшее соединение кромок – стыковое. Способ сварки при этом должен обеспечивать шов равномерной ширины. Если нельзя использовать технологическую подкладку (в данном случае остающуюся внутри баллона), то рекомендуется применять лазерную, микроплазменную, электронно-лучевую сварку. При других технических условиях (например, применении баллона для хранения химически неактивных жидкостей) рекомендуют шовную сварку (по типу бензобака). Для создания вакуумно-плотного соединения можно использовать комбинацию шовной сварки со сваркой в среде защитных газов.

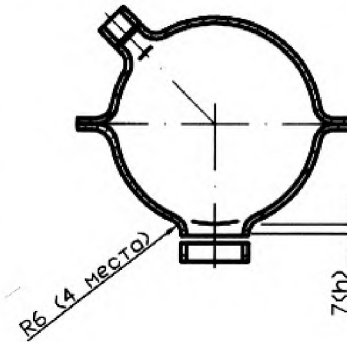
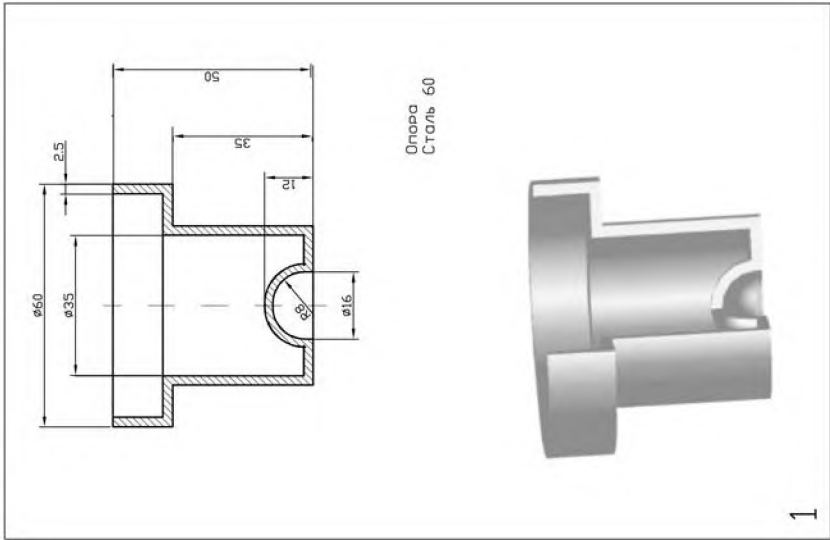
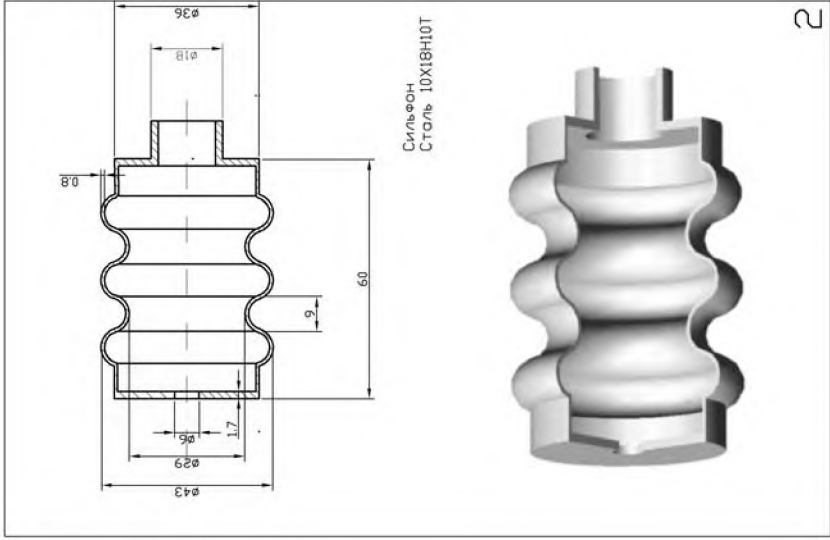


Рис. 41. Общий вид оболочки перед сваркой

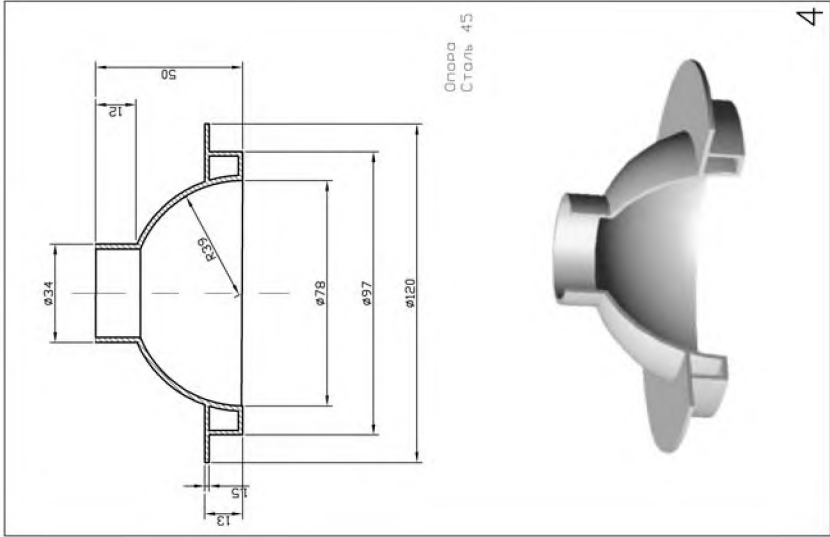
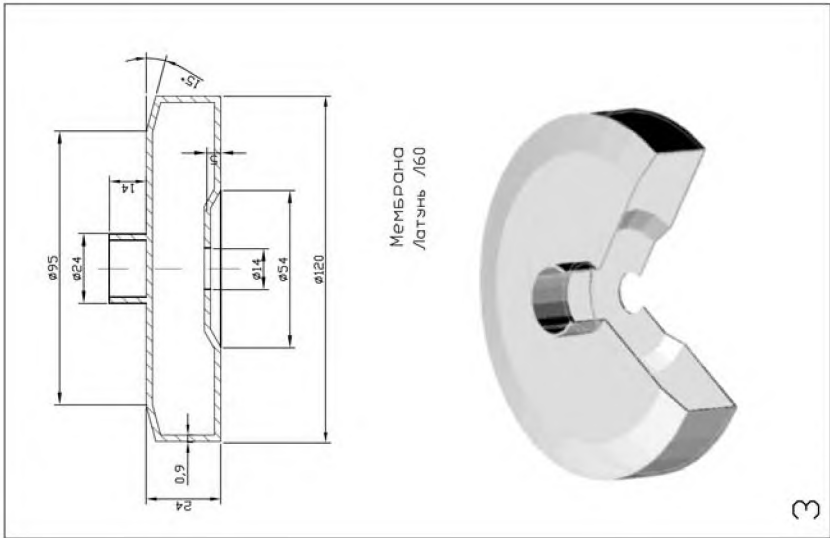
2.3. Эскизы деталей для выполнения домашних заданий

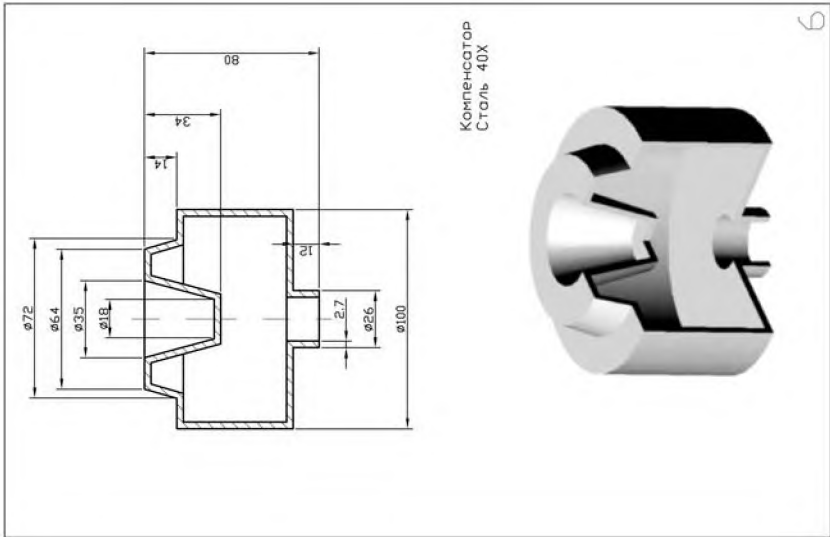


1

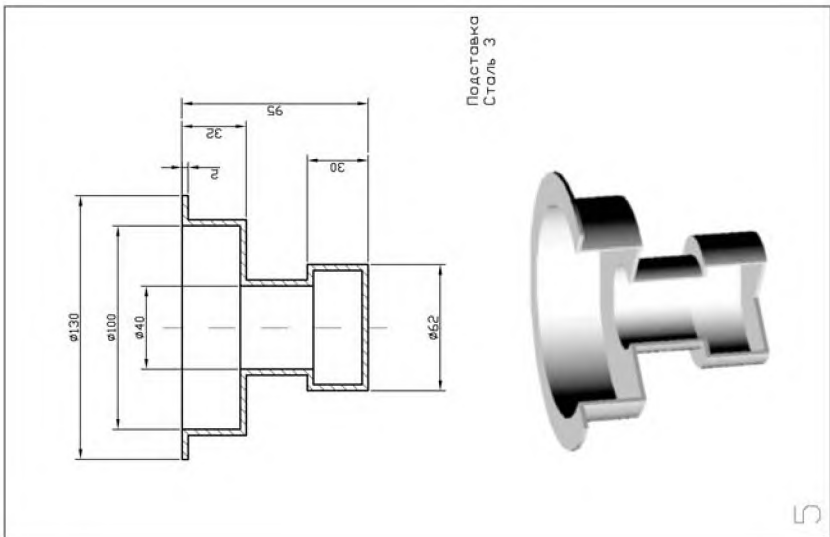


2

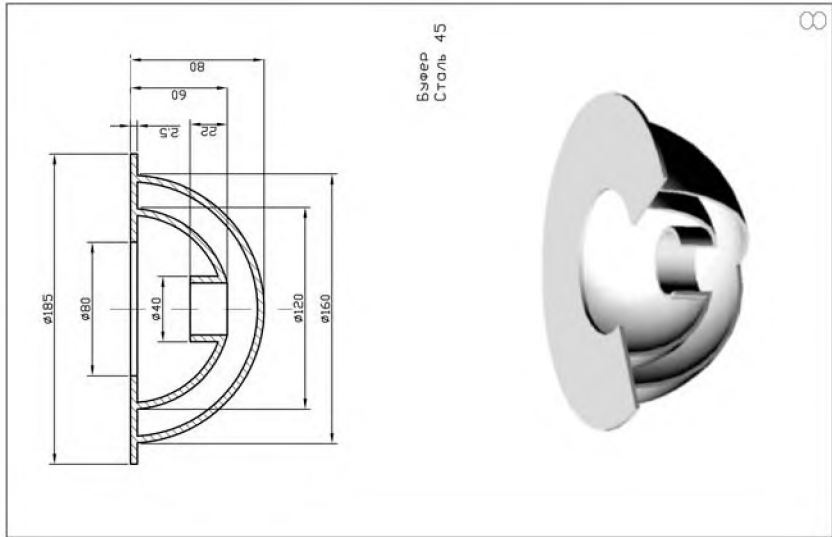




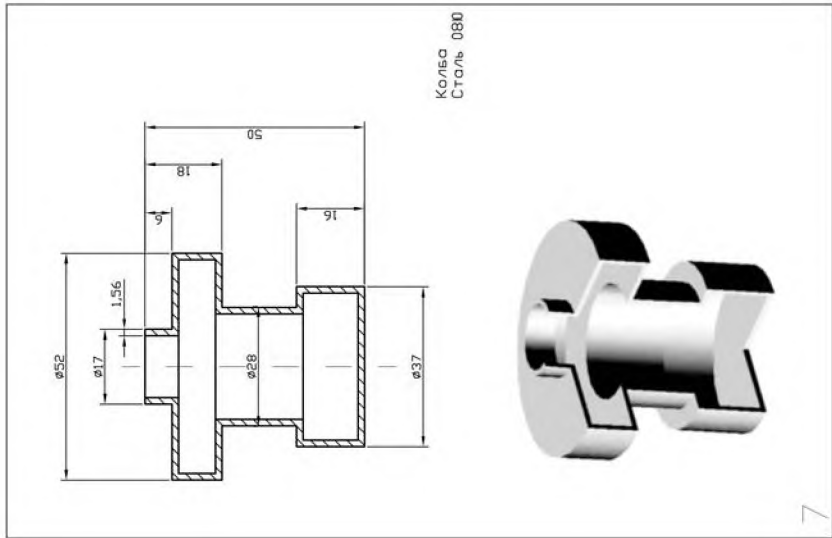
6



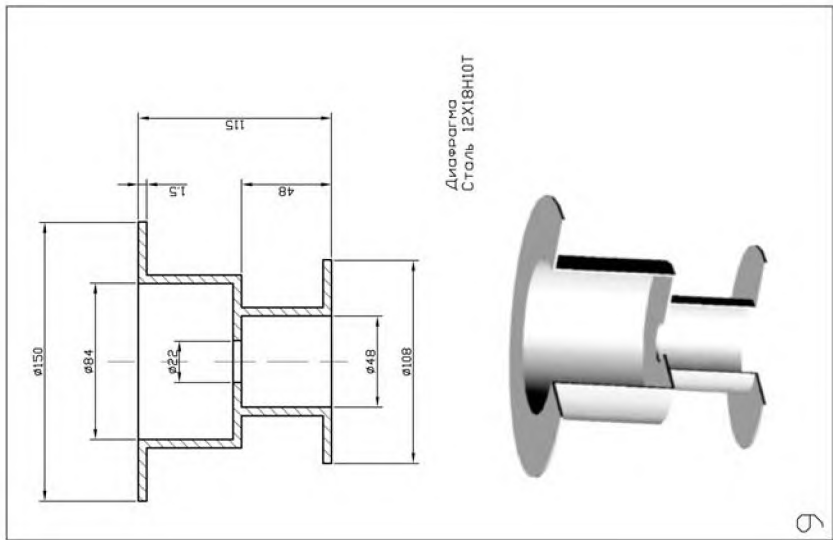
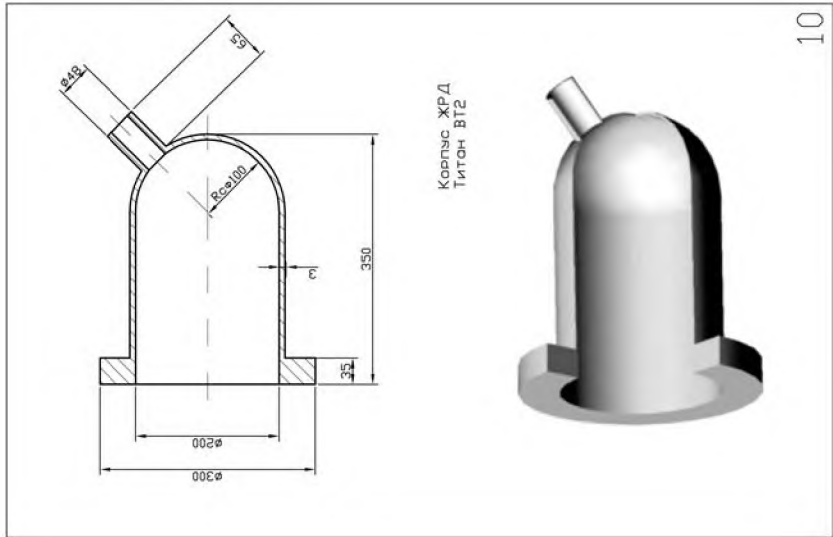
5

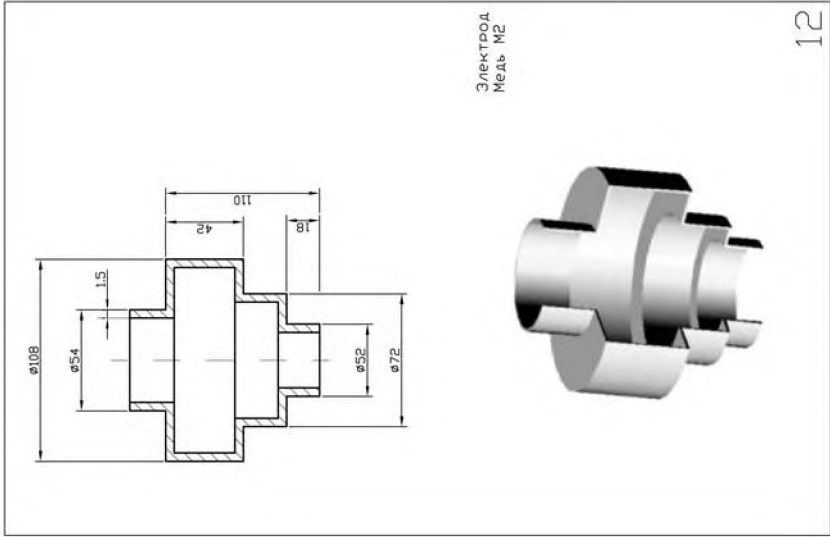
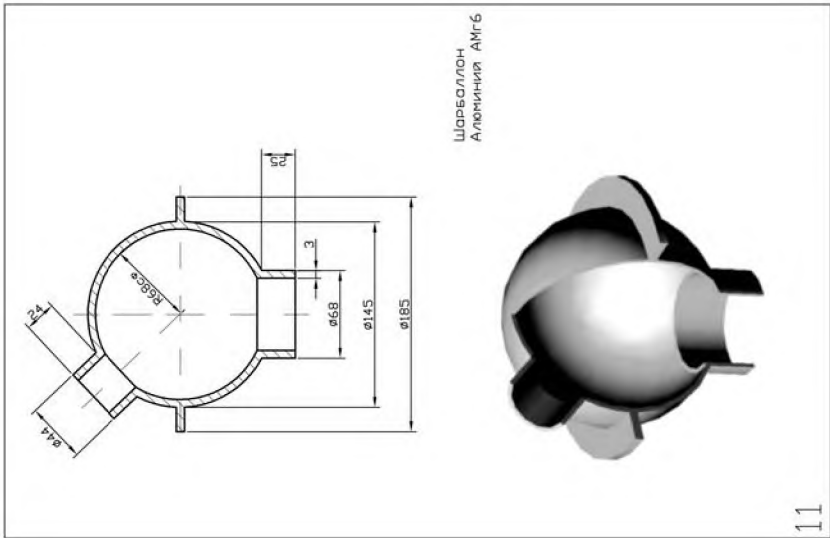


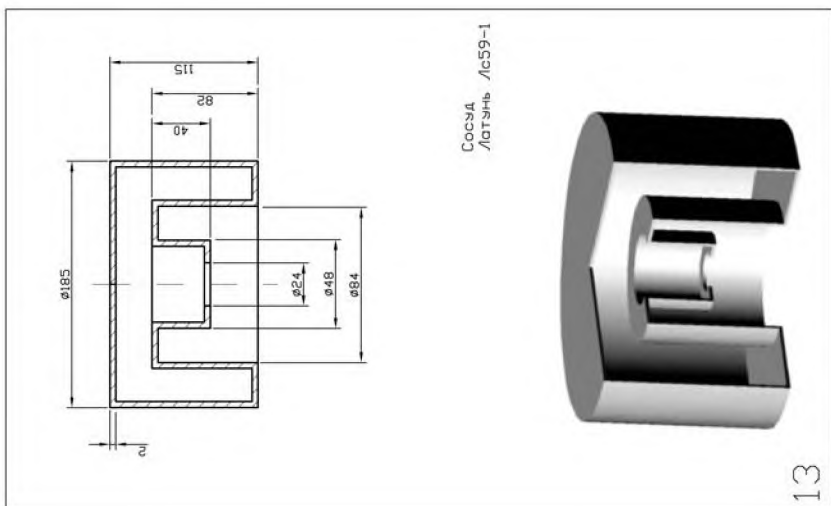
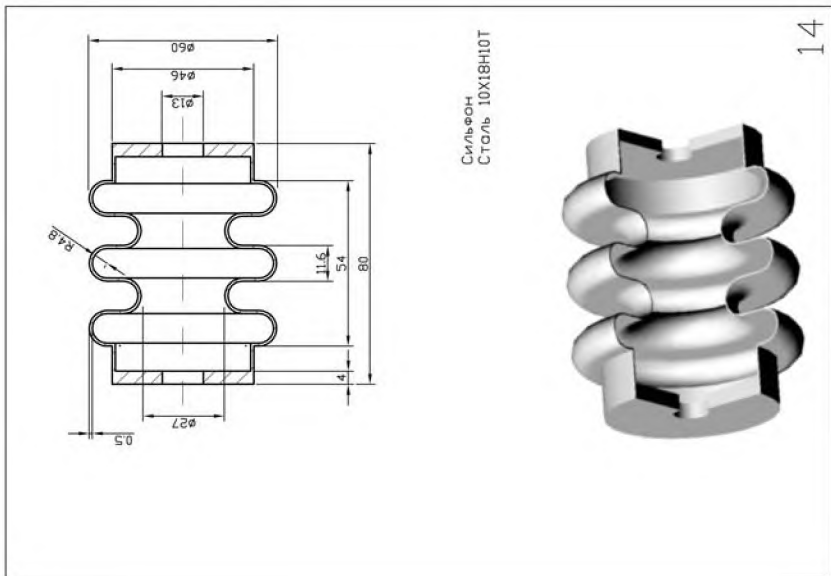
8

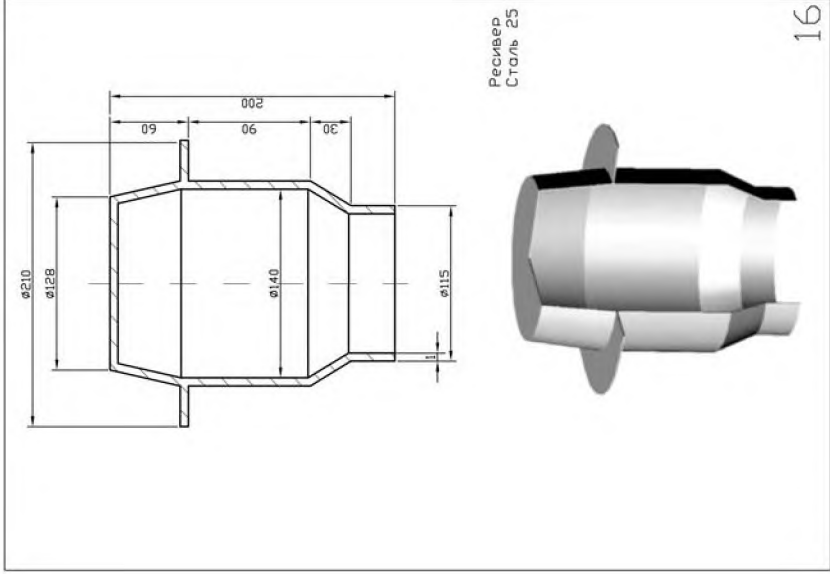


7

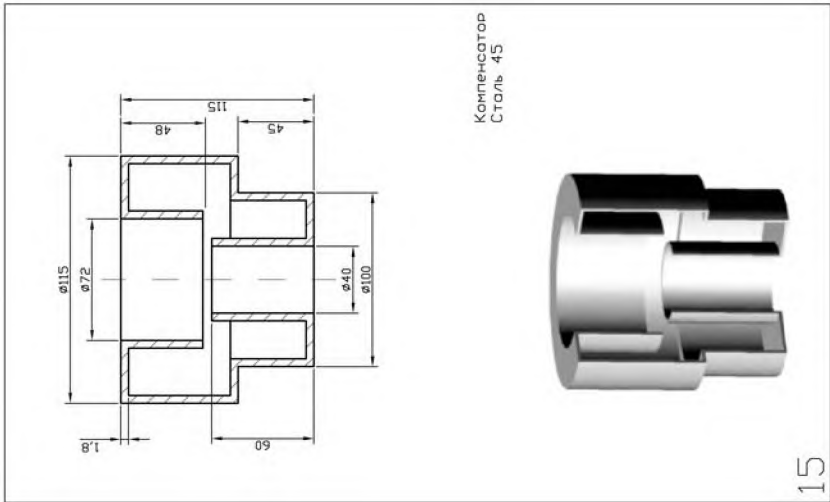




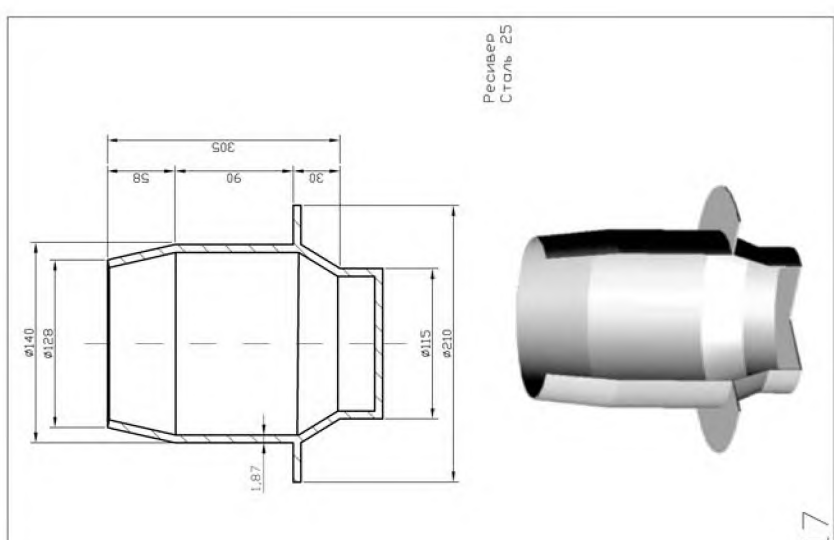
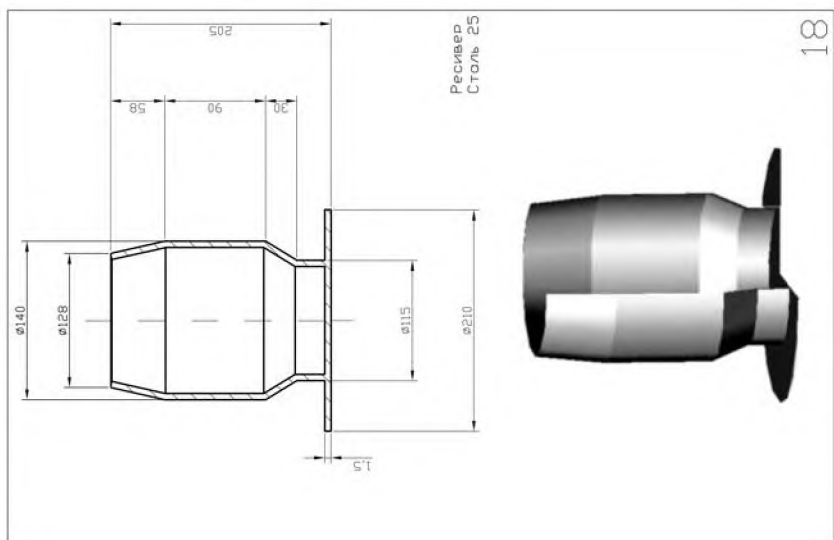


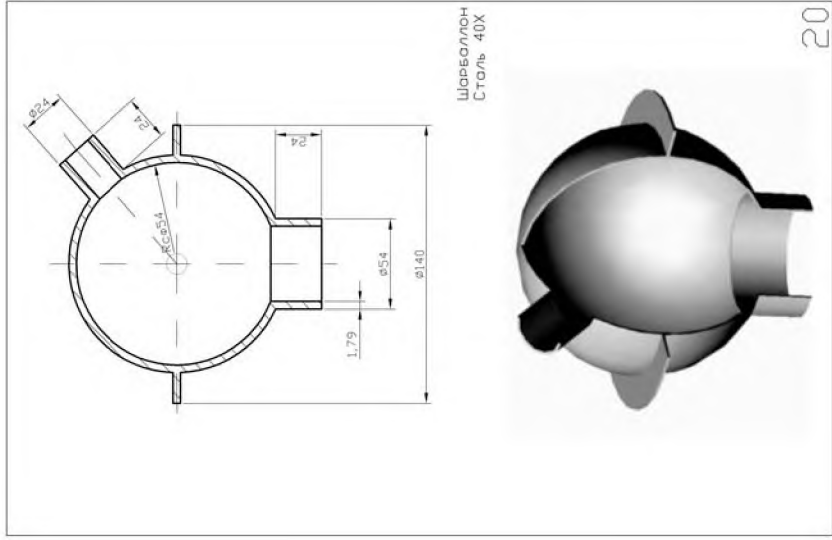
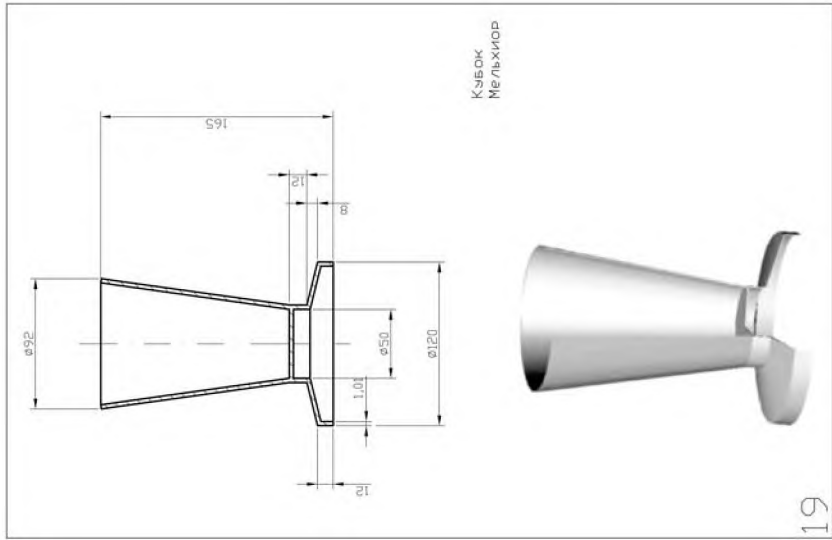


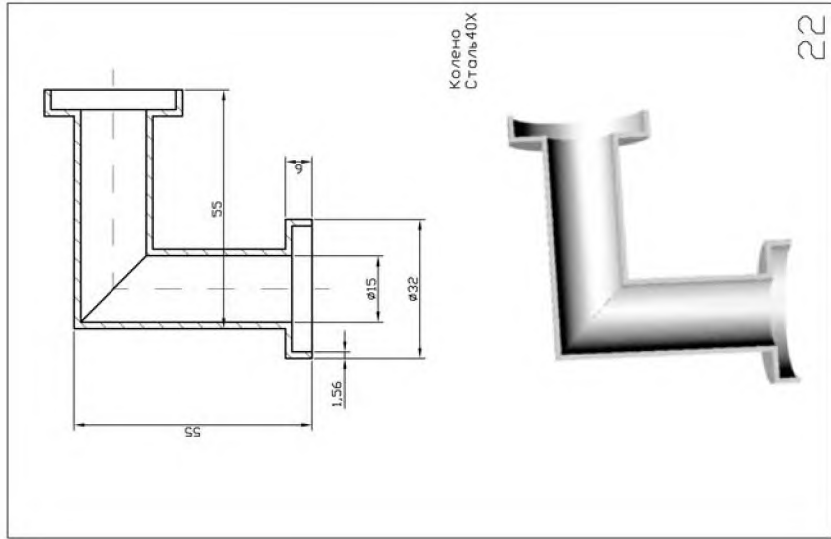
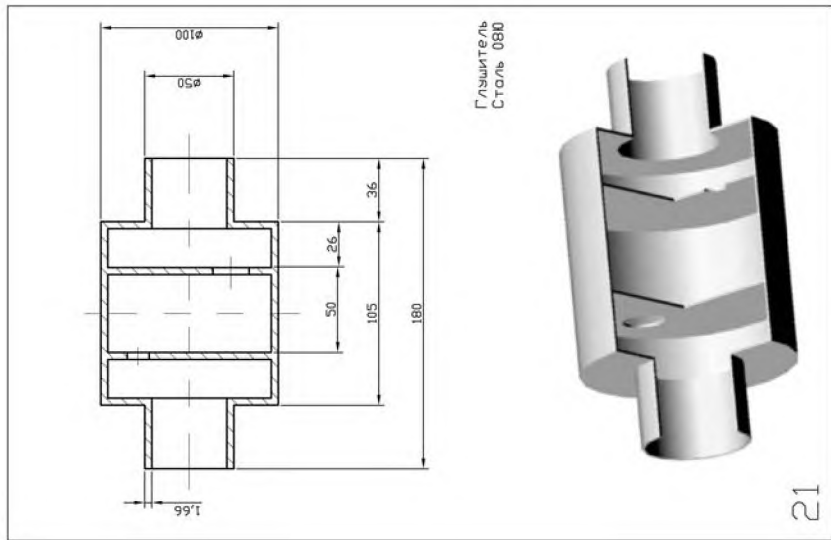
16

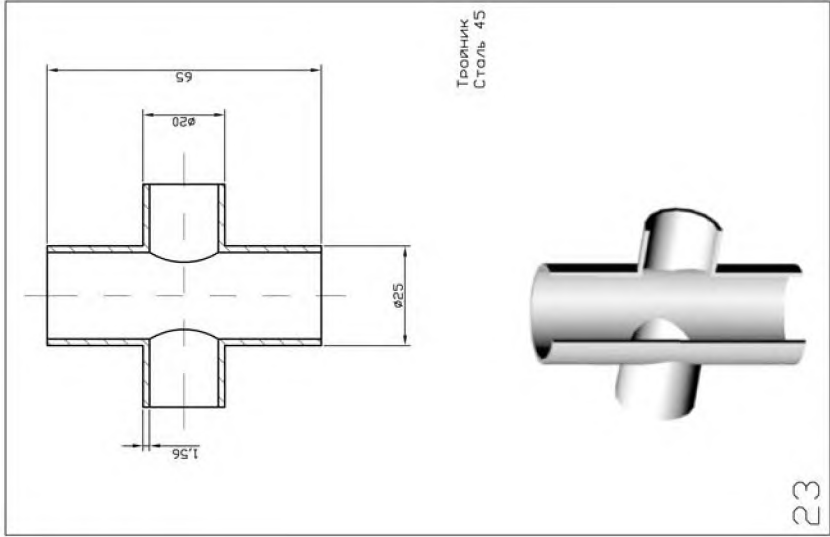


15

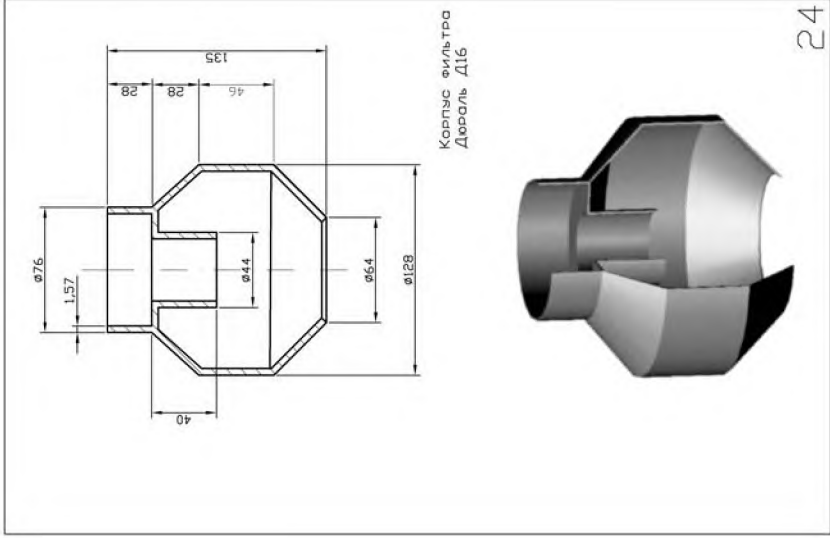








23



24

3. ОТЛИВКИ ИЗ ЧУГУНА

В этой главе приведены эскизы чугунных деталей и предложены варианты разработки технологии изготовления отливок методом литья в песчаные формы.

3.1. Методика решения технологической задачи

При разработке технологии изготовления отливок приняты следующие допущения:

- все отливки получают литьем в песчаные формы с использованием или без использования стержней;
- отливки имеют 7–12 класс точности;
- радиусы скругления пересекающихся поверхностей (галтелей) составляет 5...7 мм для наружных поверхностей, 7...9 мм – для внутренних.

В целях упрощения проектирования:

- для отливок из чугуна прибыли, выпоры, холодильники и жеребейки не указывать;
- формовочные уклоны и припуски на механическую обработку для всех отливок определять по табл. 7 и 8;
- размеры стержневых знаков выбирать по табл. 9, 10;
- элементы модельной оснастки не разрабатывать.

Таблица 7

Припуски на механическую обработку

Номинальный размер отливки, мм	Припуск, мм
До 40 (включит.)	0,5–3,0
Свыше 40 до 100	1,0–3,5
» 100 » 250	1,5–4,0
» 250 » 400	3,0–5,0
» 400 » 600	4,0–7,0
» 600	6,0–10,0

Примечания: 1. Номинальный размер соответствует наибольшему габаритному. 2. На верхние поверхности назначают максимальный припуск, на нижние и боковые – минимальные.

Таблица 8

Формовочные уклоны

Высота поверхности, перпендикулярной плоскости разъема формы, мм	Литейный уклон, град	
	для наружной поверхности	для внутренней поверхности
До 10 (включит.)	3	6
Свыше 10 до 40	1,5	3
» 40 » 100	1,0	2
» 100	0,5	1

Таблица 9

Высота нижних вертикальных стержневых знаков

Диаметр стержня, мм	Высота знаков, мм, при длине стержня, мм			
	До 50	Свыше 50 до 80	Свыше 80 до 120	Свыше 120 до 180
До 30 (включит.)	20	25	30	–
Свыше 30 до 50	20	35	35	35
» 50 » 80	25	35	35	35
» 80 » 120	25	35	35	35

Таблица 10

Длина горизонтальных стержневых знаков

Диаметр стержня, мм	Высота знаков, мм, при длине стержня, мм			
	До 50	Свыше 50 до 80	Свыше 80 до 120	Свыше 120 до 180
До 30 (включит.)	20	25	30	–
Свыше 30 до 50	20	35	35	35
» 50 » 80	25	35	35	35
» 80 » 120	25	35	35	35

При проектировании отливки и выборе способов ее изготовления следует учитывать минимально допустимую толщину стенок в соответствии с табл. 11. Нарушение этого условия приводит к появлению в отливках дефектов типа недоливов и спаев.

Таблица 11

Минимально допустимая толщина стенок чугунных отливок

Наибольший габаритный размер отливки в плоскости разъема формы, мм	Минимальная толщина стенки отливки, мм
Свыше 50 до 100	3
» 100 » 300	5

Окончательный выбор положения отливки в форме проводят исходя из следующих условий:

– желательно, чтобы вся отливка или бóльшая ее часть располагались в одной (лучше нижней) полуформе;

– нежелательно наличие на вертикальных (перпендикулярных к плоскости разъема) наружных поверхностях выступов и поднутрений, препятствующих извлечению модели из формы. Наличие выступающих частей проверяют по правилу световых теней;

– целесообразно в ряде случаев располагать поверхность разъема по оси симметрии детали; при этом желательно выдерживать соотношение $L \gg H$ (где L и H – габаритные размеры отливки по длине и высоте соответственно);

– получение внутренних поверхностей и отверстий в отливках возможно без применения стержней, если соответствующие диаметры отверстий и ширины внутренних полостей (D) и их высоты (H) находятся в пределах: для внутренних поверхностей, имеющих выход наружу, $H < 0,8 D$; для наружных $H < 0,3 D$.

Необходимо учитывать усадку сплавов, которая не только требует соответствующей корректировки размеров моделей и формы, но и влияет на качество отливки (вызывая такие дефекты, как усадочные раковины и поры, горячие трещины и т. д.).

Среднее значение коэффициента линейной усадки чугуна 1 %.

3.2. Примеры решения технологической задачи

Пример 1

Для детали, заданной эскизом (рис. 42), выбрать вариант ее изготовления механической обработкой отливки и предложить эскиз детали, технологичной с точки зрения литья и механической обработки.

Выбор необходимо проводить по следующим критериям:

– наибольшее приближение формы полученной детали к заданной при минимальных припусках на механическую обработку;

– использование минимального числа стержней или их отсутствие;

– достижение необходимого в соответствии с техническими требованиями качества обрабатываемых поверхностей.

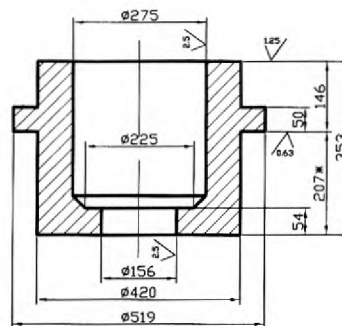


Рис. 42. Эскиз детали «опора» из чугуна СЧ 20

- Для решения задачи необходимо:
- рассчитать массу детали и отливки, выбрать положение отливки в форме (назначить поверхность разъема литейной формы);
 - выяснить, можно ли получить внутренние полости и отверстия в отливке без применения стержней;
 - представить для всех возможных вариантов получения отливки литейные формы в сборе;
 - уточнить массу отливок и коэффициенты весовой точности по всем вариантам;
 - выбрать технологичный вариант по предложенным критериям;
 - для выбранного варианта разработать эскиз отливки, модели, литейной формы.

Таблица 12

Выбор варианта получения отливки

Критерий выбора	Вариант способа получения отливки						
	1 (рис. 43)	2 (рис. 44)	3 (рис. 45)	4 (рис. 46)	5 (рис. 47)	6 (рис. 48)	7 (рис. 49)
Максимальная высота внутренней полости	207	207	257	207	257	207	260
Число стержней	Нет	Нет	1	1	1	1	1
Надежность крепления стержней	+	+	+	+	+	+	+
Достижение минимальных припусков на мехобработку	+	+	–	–	+	+	–
Вероятность не исправного перекоса формы	–	–	–	–	–	–	+
Соотношение толщин сопрягаемых стенок	0,70	0,71	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
Масса отливки, кг	222	222	223	223	221	221	276
Коэффициент весовой точности	0,98	0,98	0,97	0,97	0,98	0,98	0,80

Проведенный анализ вариантов получения отливки для детали, изображенной на рис. 42, показал (табл. 12) следующее:

- изготовление отливок без применения стержней (рис. 43, 44) способствует снижению трудоемкости, а также повышению точности отливки;

- при получении отливок согласно вариантам, изображенным на рис. 43, 46–48, увеличивается трудоемкость, так как требует-

ся дополнительно изготовить стержни и установить их в форму при сборке;

– получение отливок согласно варианту, показанному на рис. 49, нерационально с точки зрения как трудоемкости, так и обеспечения необходимого качества (возможные перекосы отливок не всегда можно устранить при последующей механической обработке).

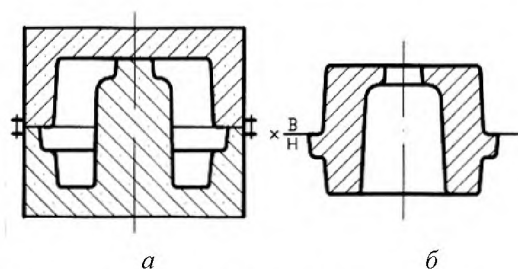


Рис. 43. Технология изготовления отливки по варианту 1:
a – литейная форма; *б* – эскиз отливки

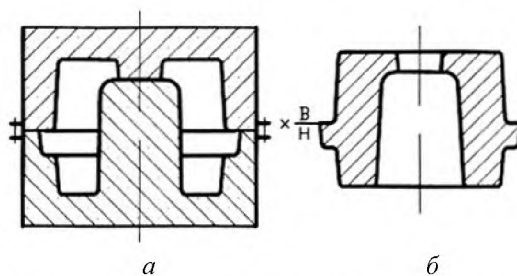


Рис. 44. Технология изготовления отливки по варианту 2:
a – литейная форма; *б* – эскиз отливки

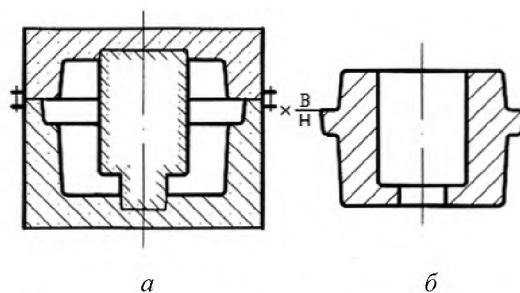


Рис. 45. Технология изготовления отливки по варианту 3:
a – литейная форма; *б* – эскиз отливки

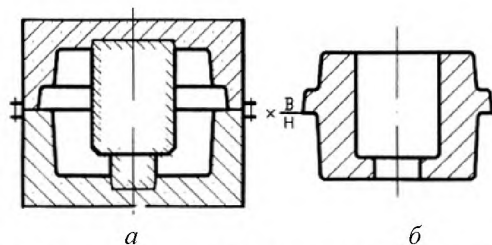


Рис. 46. Технология изготовления отливки по варианту 4:
a – литейная форма; *б* – эскиз отливки

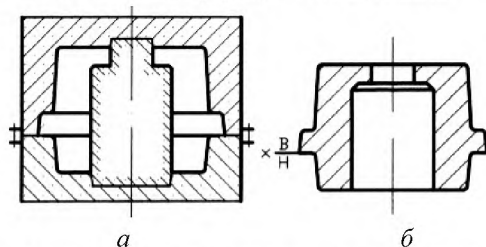


Рис. 47. Технология изготовления отливки по варианту 5:
a – литейная форма; *б* – эскиз отливки

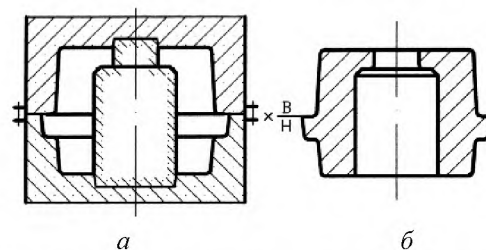


Рис. 48. Технология изготовления отливки по варианту 6:
a – литейная форма; *б* – эскиз отливки

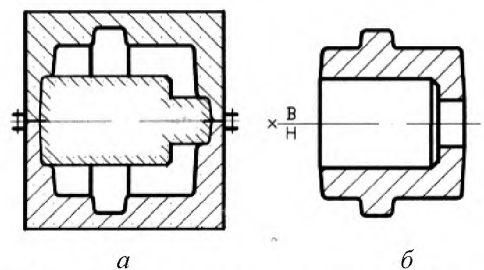


Рис. 49. Технология изготовления отливки по варианту 7:
a – литейная форма; *б* – эскиз отливки

В результате проведенного анализа можно рекомендовать вариант изготовления отливки, изображенной на рис. 49, так как он отвечает основным требованиям технологичности.

На рис. 50 и 51 показаны модельные плиты для верхней и нижней полуформ и эскиз литейной формы в сборе.

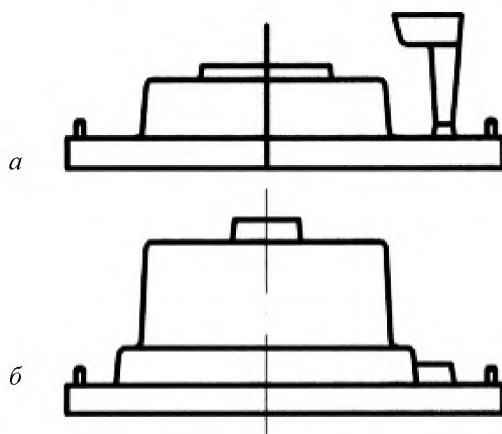


Рис. 50. Модельные плиты для изготовления верхней (а) и нижней (б) полуформ по варианту 3

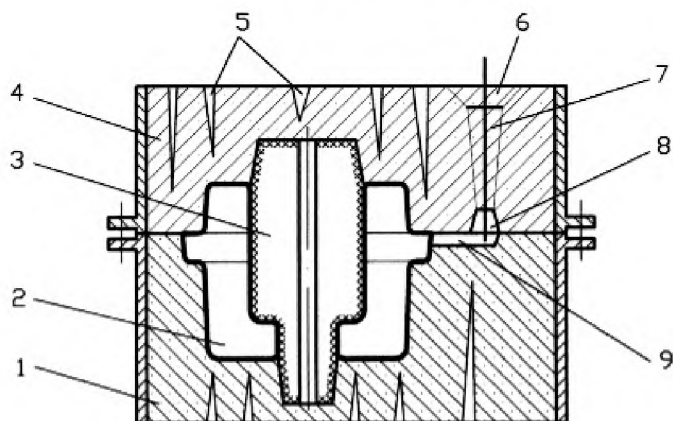


Рис. 51. Эскиз литейной формы для изготовления отливки по варианту 3:
 1 – нижняя полуформа; 2 – рабочая полость формы; 3 – песчаный стержень; 4 – верхняя полуформа; 5 – вентиляционные каналы; 6 – литниковая чаша; 7 – стояк; 8 – шлакоуловитель; 9 – питатель

Пример 2

Рассмотрим эскиз детали «корпус» из чугуна СЧ15 (рис. 52, *а*) и предложим изменения его конструкции (рис. 52, *б, в*), обеспечивающие повышение технологичности.

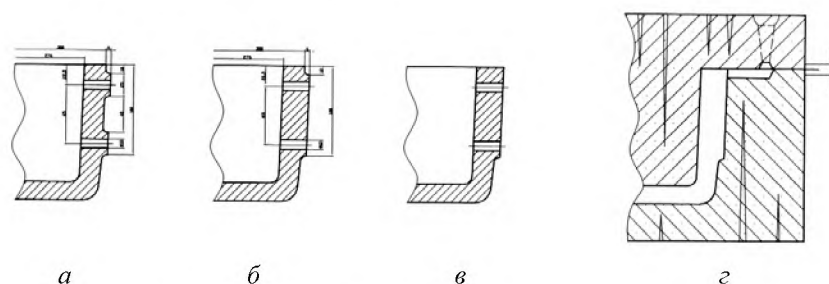


Рис. 52. Эскиз детали «корпус» из чугуна СЧ15:

а, б – нетехнологичные варианты, *в* – технологичный вариант, *z* – литейная форма для технологичного варианта

Результаты анализа технологичности вариантов литого чугунного корпуса сведены в табл. 13.

Таблица 13

Анализ технологичности (к примеру 2)

Признаки технологичности	Вариант конструкции литого корпуса (рис. 52)		
	<i>а</i>	<i>б</i>	<i>в</i>
Расположение отливки в одной полуформе	–	–	+
Количество разъемов	1	1	1
Плоский разъем формы	+	+	+
Отсутствие выступающих частей на наружной поверхности	–	+	+
Наличие уклонов	–	–	+
Отсутствие больших углублений на наружных поверхностях детали	+	+	+
Расположение обрабатываемых поверхностей на одном уровне	+	+	+
Количество стержней, применяемых при сборке формы	2	1	0
Надежность крепления стержней в форме	–	–	–
Удобство вывода газов и стержней	–	–	–
Удобство удаления стержней из отливки	+	+	+
Минимальная допустимая толщина стенок	+	+	+
Отсутствие местных скоплений металла	+	+	+
Наличие оптимальных переходов между пересекающимися и сопрягаемыми стенками литой детали	+	+	+
Отсутствие тонких горизонтальных поверхностей большой протяженности	+	+	+

Проанализировав два варианта (рис. 52, *а* и *б*) конструкции литого чугунного корпуса, можно сделать вывод о том, что вариант *б* более технологичен по сравнению с вариантом *а*. Однако он также не обеспечивает возможности изготовления отливки в одной полуформе. В результате проведенного анализа можно предложить новый вариант изготовления литого корпуса (рис. 52, *в*), преимущества которого показаны в табл. 13.

Литейная форма для технологичного варианта имеет вид, показанный на рис. 52, *г*.

Пример 3

Рассмотрим эскиз детали «патрубок» из чугуна СЧ 15 (рис. 53, *а*) и предложим изменение его конструкции (рис. 53, *б*), обеспечивающее повышение технологичности.

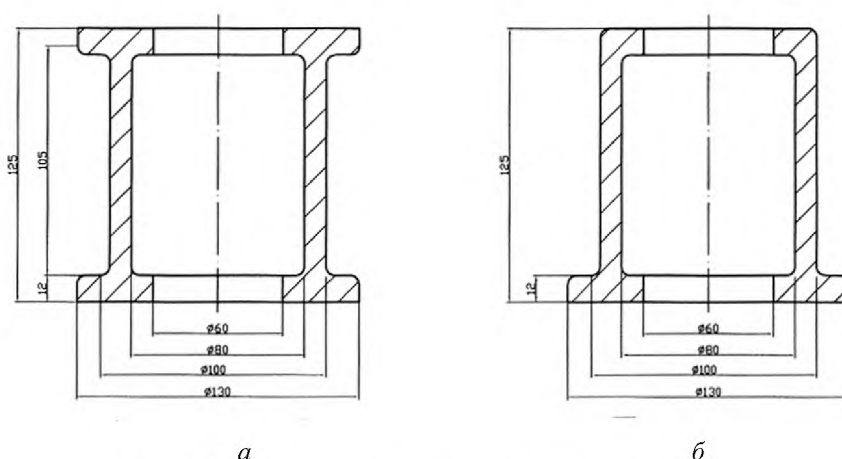


Рис. 53. Варианты конструкции чугунного патрубка:
а – нетехнологичный; *б* – технологичный

Результаты анализа технологичности двух вариантов литого чугунного патрубка приведены в табл. 14.

Проанализировав два варианта (рис. 53, *а*, *б*) конструкции литого чугунного патрубка, можно сделать вывод о том, что вариант *б* более технологичен по сравнению с вариантом *а*, так как он позволяет изготавливать отливки в одной полуформе. При этом литейная форма будет иметь один плоский разъем.

Таблица 14

Анализ технологичности (к примеру 3)

Признаки технологичности	Вариант конструкции литого корпуса (рис. 53)	
	<i>a</i>	<i>б</i>
Расположение отливки в одной полуформе	–	+
Количество разъемов формы	2	1
Плоский разъем формы	+	+
Отсутствие выступающих частей на наружной поверхности	–	+
Наличие конструктивных уклонов	–	–
Углубления на наружных поверхностях	+	+
Расположение обрабатываемых поверхностей на одном уровне	+	+
Количество стержней, применяемых при сборке формы	1	1
Удобство простановки и надежность крепления стержней в форме	–	–
Удобство вывода газов из стержней и удобство удаления стержней из отливки	+	+
Обеспечение минимально допустимой толщины стенок	+	+
Отсутствие местных скоплений металла	+	+
Наличие оптимальных переходов между пересекающимися и сопрягаемыми стенками литой детали	+	+
Отсутствие тонких горизонтальных поверхностей большой протяженности	+	+

Литейные формы для технологичного и нетехнологичного вариантов конструкции патрубка показаны на рис. 54, *a*, *б*.

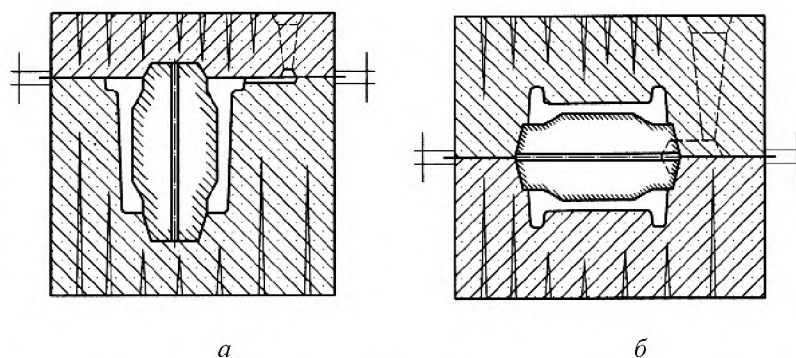


Рис. 54. Литейные формы для различных вариантов конструкции патрубка:

a – технологичный; *б* – нетехнологичный

Пример 4

Рассмотрим технологию изготовления отливки детали «корпус» из чугуна СЧ 15 (рис. 55) с годовой программой выпуска 100 тыс. шт.

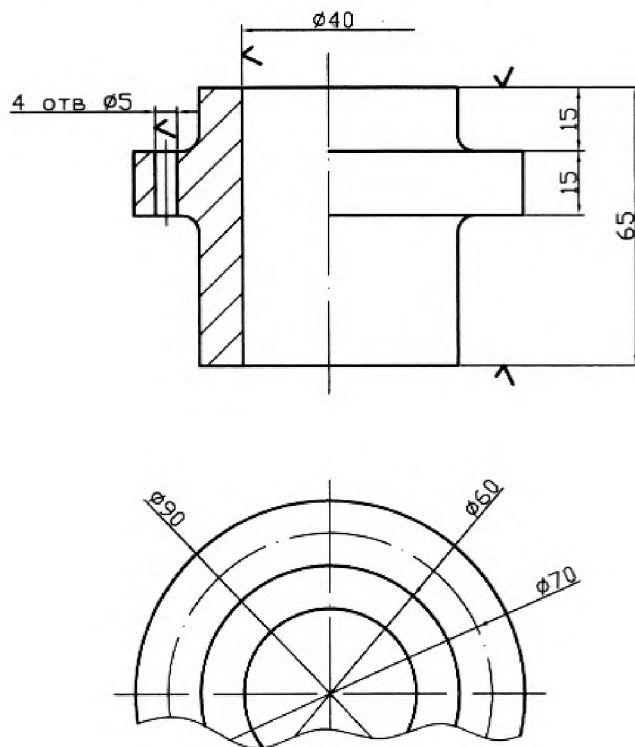


Рис. 55. Эскиз детали «корпус» из чугуна СЧ 15

Проанализируем эскиз детали. Ответственными поверхностями корпуса являются торцевые поверхности (нижние и верхние), отверстия диаметром 40 мм и четыре отверстия диаметром 5 мм, так как они подвергаются механической обработке. Шероховатость остальных поверхностей не регламентируется. Наибольший габаритный размер корпуса равен 90 мм, преобладающая толщина стенок 10 мм. Точность изготовления на эскизе не указана.

Выбираем способ изготовления – литье в песчаные формы.

Определяем значения припусков на механическую обработку (рис. 56, а). В условиях крупносерийного и массового производст-

ва отливок литейные формы изготавливают на формовочных машинах. Это дает возможность обеспечить точность изготовления в соответствии с 7–8 классом. С учетом сформулированных в начале главы допусков из табл. 7 выбираем среднее значение припуска на механическую обработку для нижних и боковых поверхностей отливки (по отношению к заливке) – 2,4 мм. Для верхней торцевой поверхности завышаем припуск до 3 мм. Четыре обрабатываемые отверстия диаметром 5 мм получать литыми в данном варианте технологии нецелесообразно.

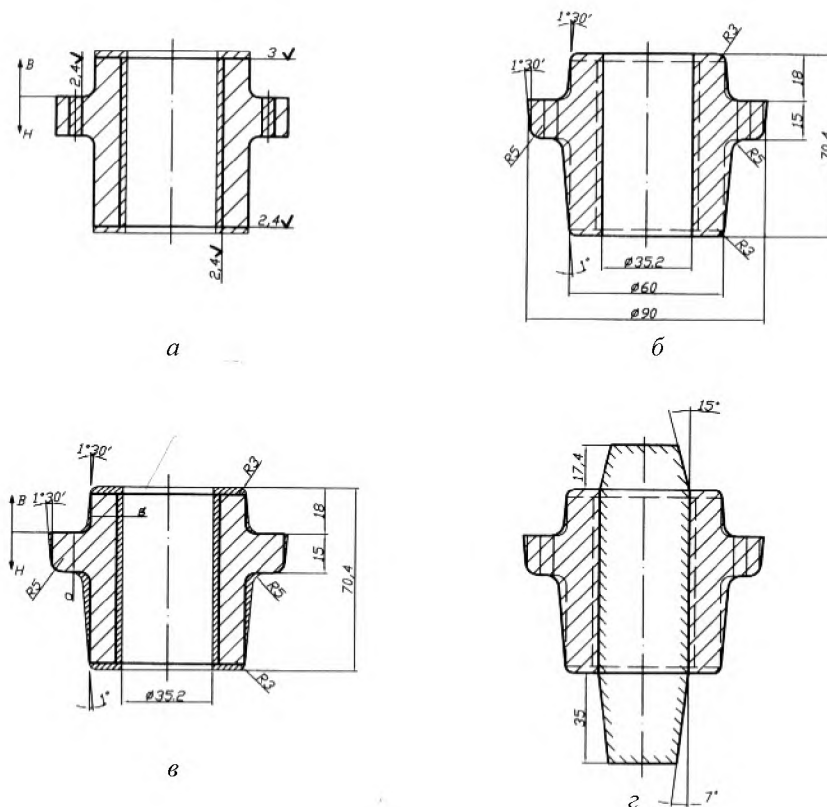


Рис. 56. Разработка чертежа элементов литейной формы:

а – выбор положения отливки в форме и назначение припусков на механическую обработку; *б* – определение величин формовочных уклонов; *в* – расчет радиусов галтелей; *г* – определение границ стержня и размеров стержневых знаков

Значения формовочных уклонов определяем по табл. 8 в соответствии с высотой наружной формообразующей поверхности (рис. 56, б). Тогда для наружных поверхностей высотой 15 и 18 мм уклон будет равен $1^{\circ} 30'$, а для поверхности высотой 37 мм – 1° .

Радиусы галтелей (рис. 56, в) определяем в соответствии с формулой

$$R = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{5} \right) \left(\frac{a+b}{2} \right),$$

где a и b – толщины пересекающихся стенок, мм. Коэффициент $1/3$ принимают, когда полусумма толщин пересекаемых стенок менее 50 мм, $1/5$ – когда эта полусумма равна 50 мм и более.

В результате расчетов мы определили радиус галтелей для торцевых горизонтальных поверхностей – 3 мм, для всех других – 5 мм.

Для формирования в отливке отверстия диаметром 35,2 мм используют стержень длиной 70,4 мм (рис. 56, г).

Размеры стержневых знаков для вертикального расположения определим по табл. 9. Высота нижнего стержневого знака составит 35 мм, высота верхнего стержневого знака будет равной половине высоты нижнего – 17,5 мм.

Учитывая введенные в начале главы допущения, назначаем уклоны нижних стержневых знаков 7° , а верхнего – 15° .

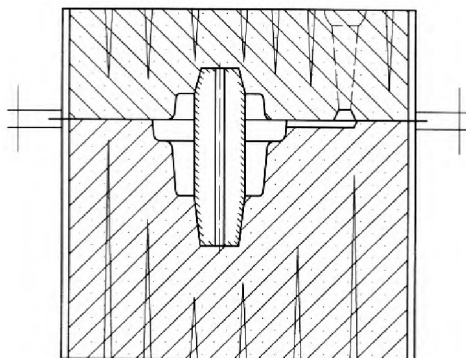
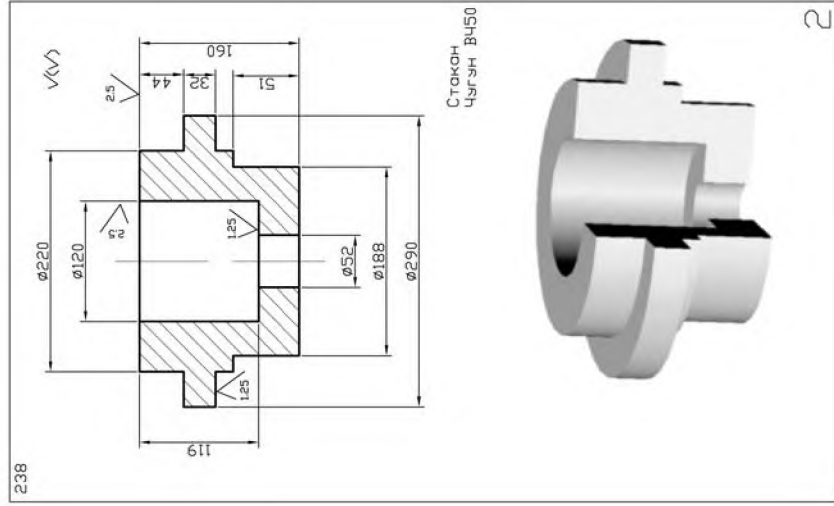
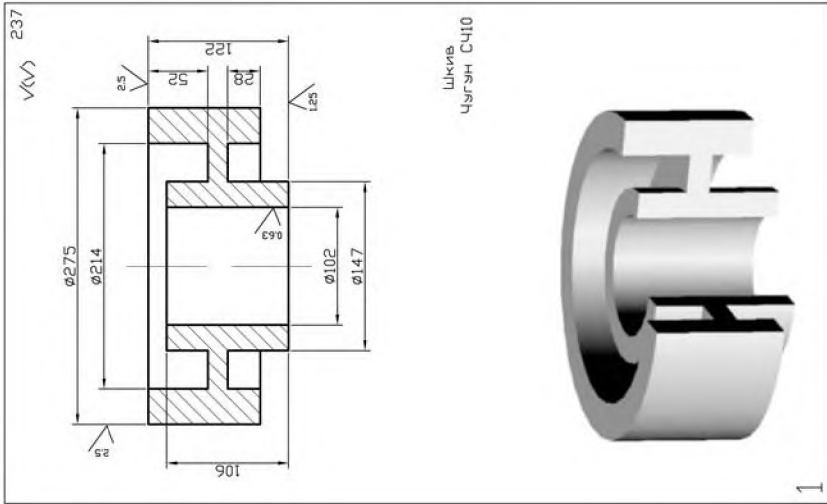
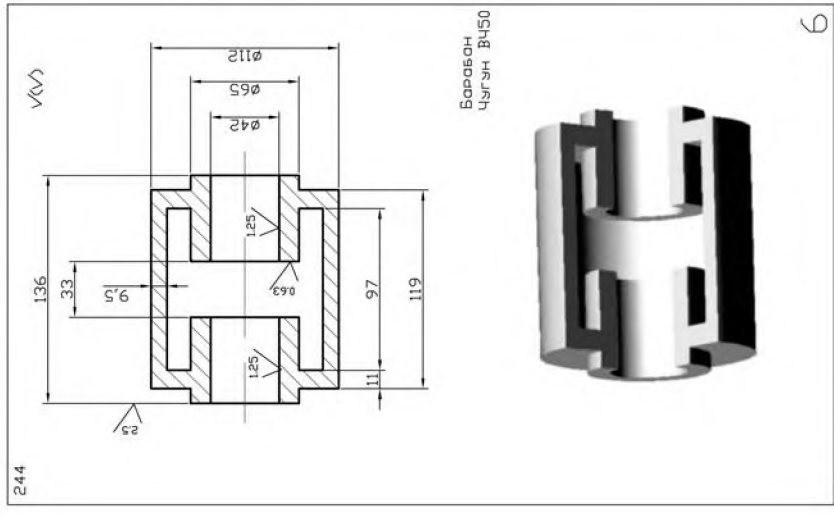
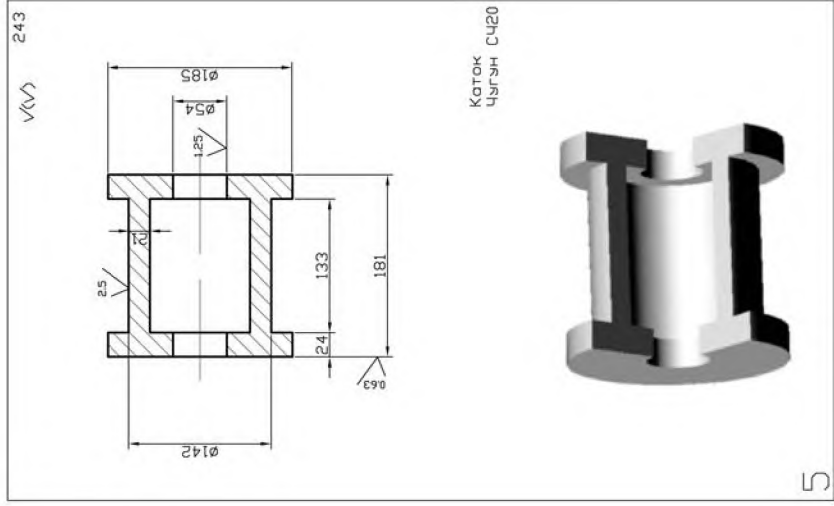


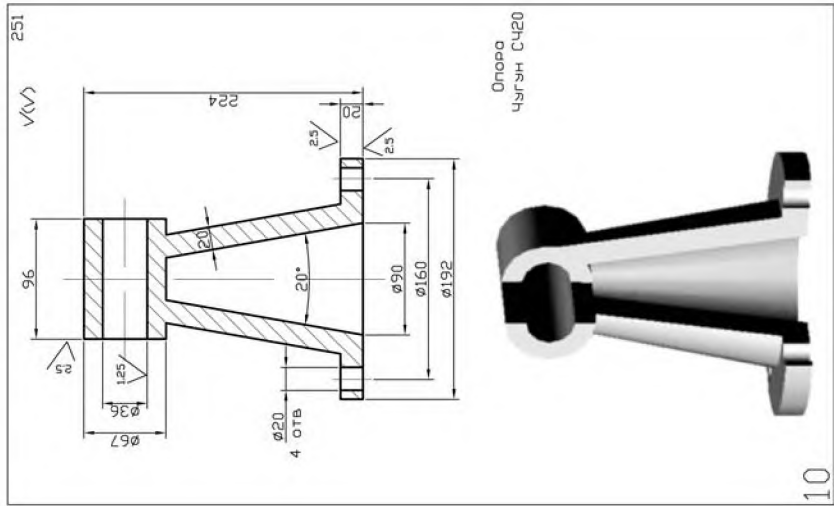
Рис. 57. Эскиз литейной формы для отливки корпуса

На рис. 57 показан эскиз литейной формы для изготовления чугунной отливки корпуса по предложенной технологии.

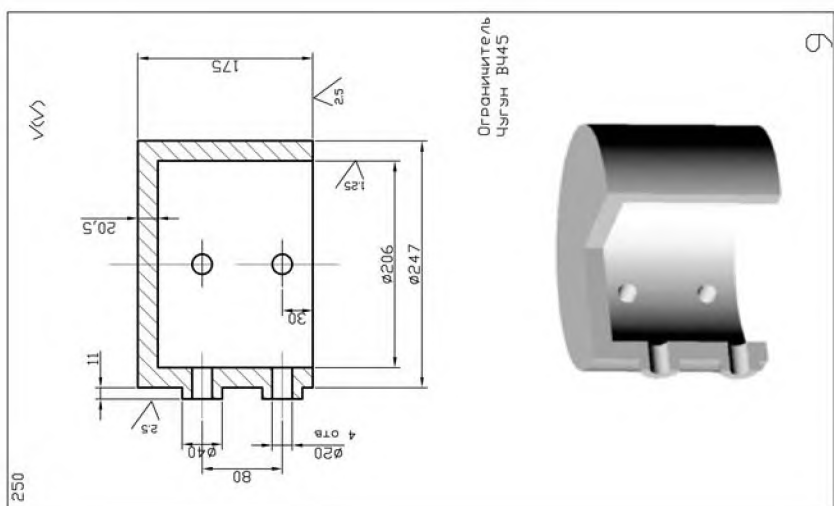
3.3. Эскизы деталей для выполнения домашних заданий



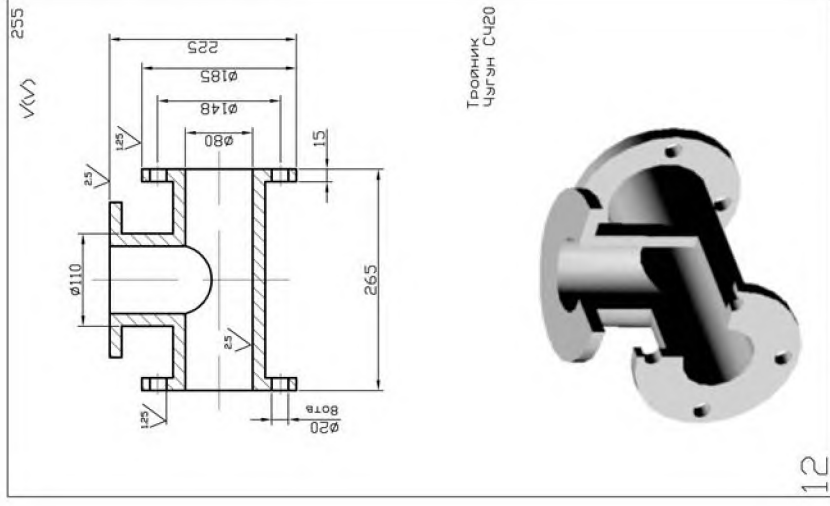
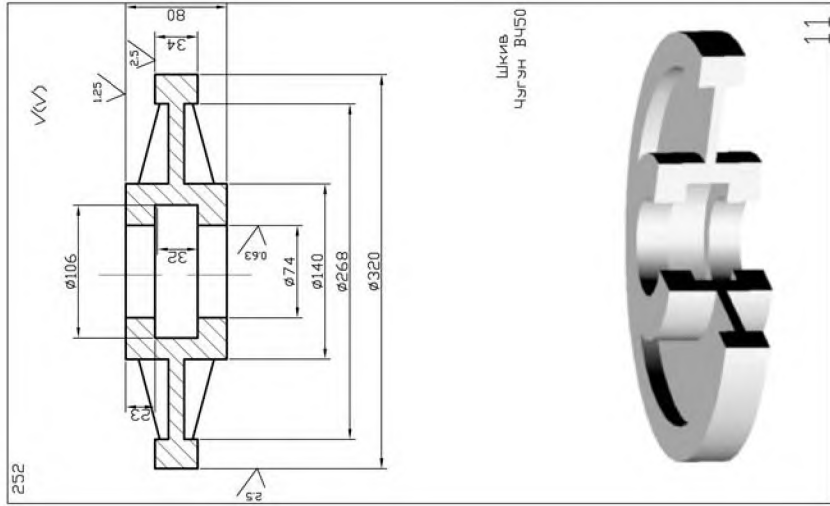


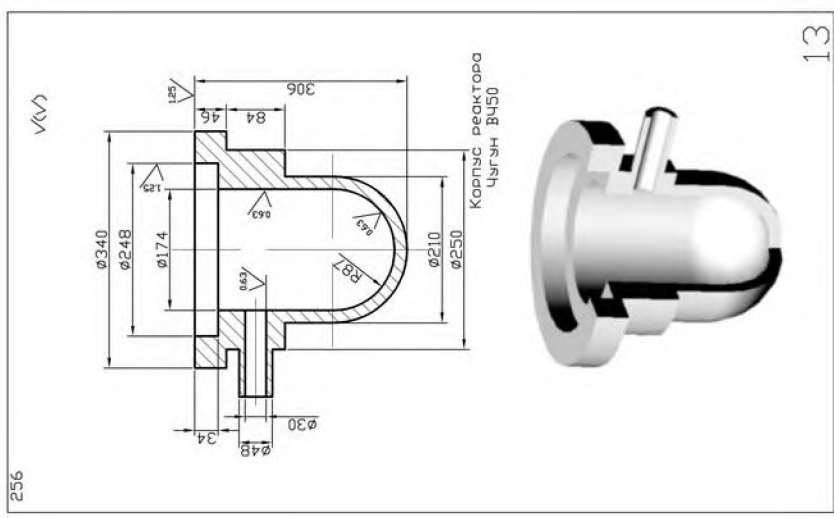
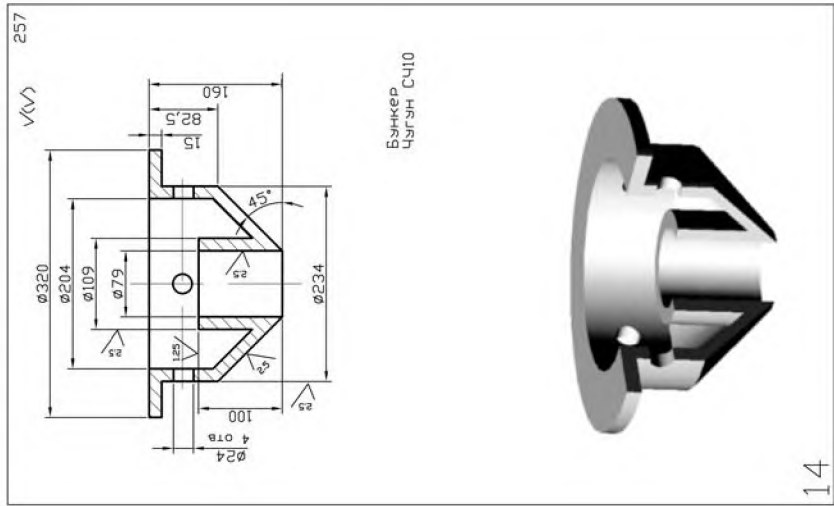


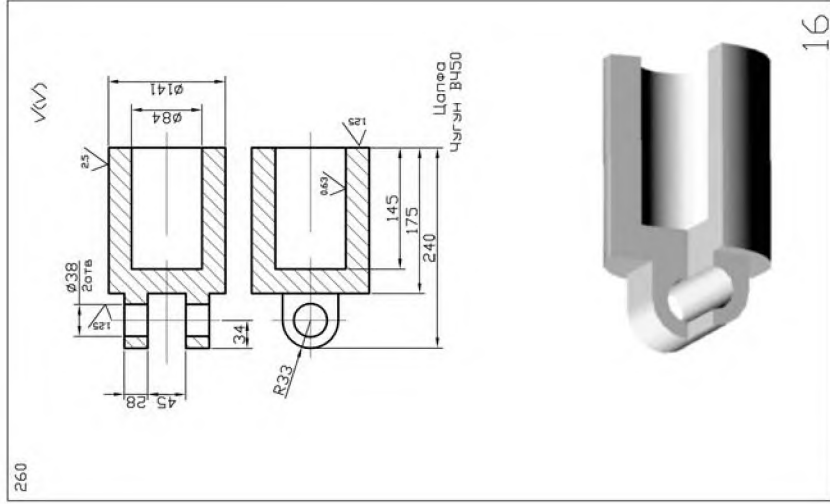
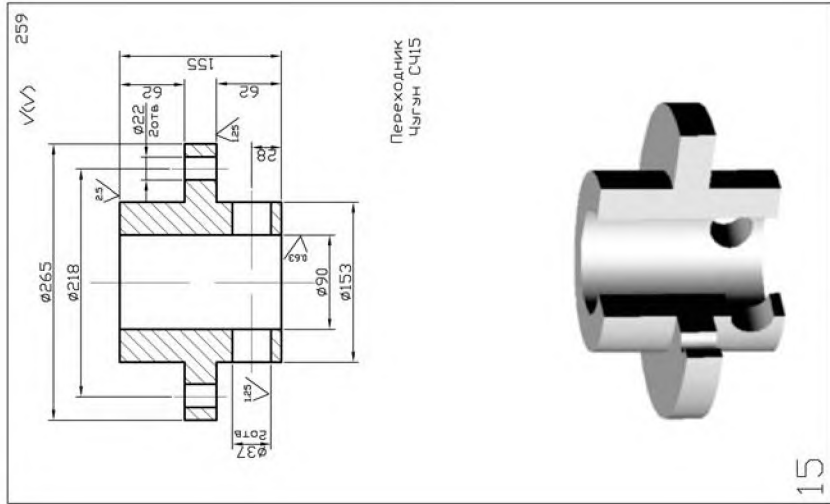
10

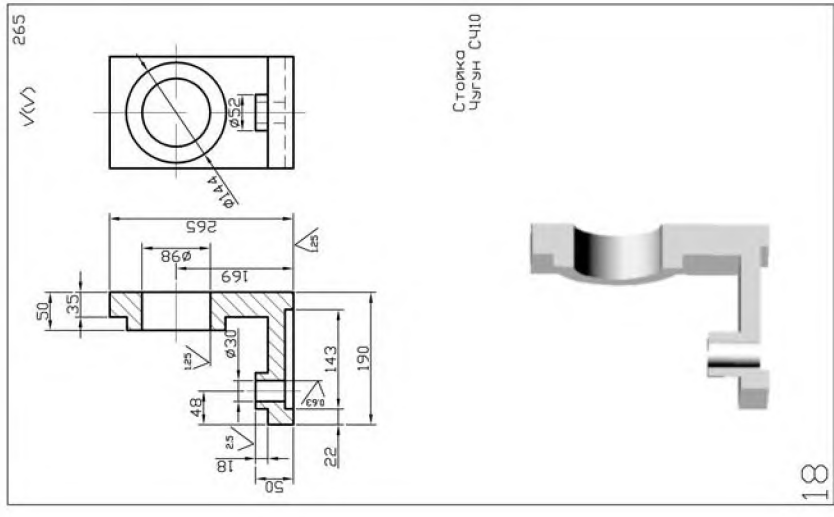
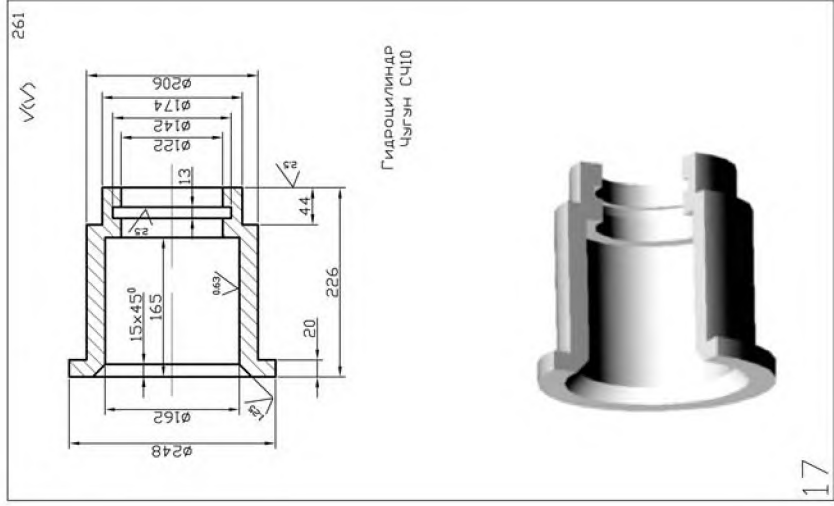


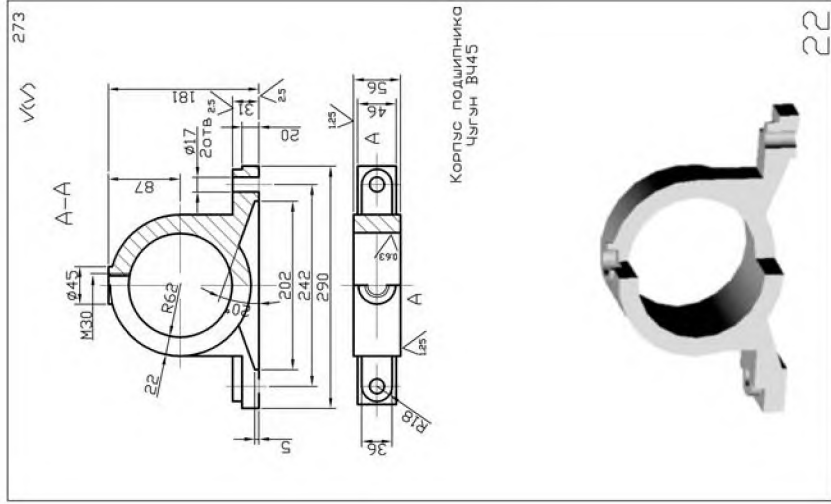
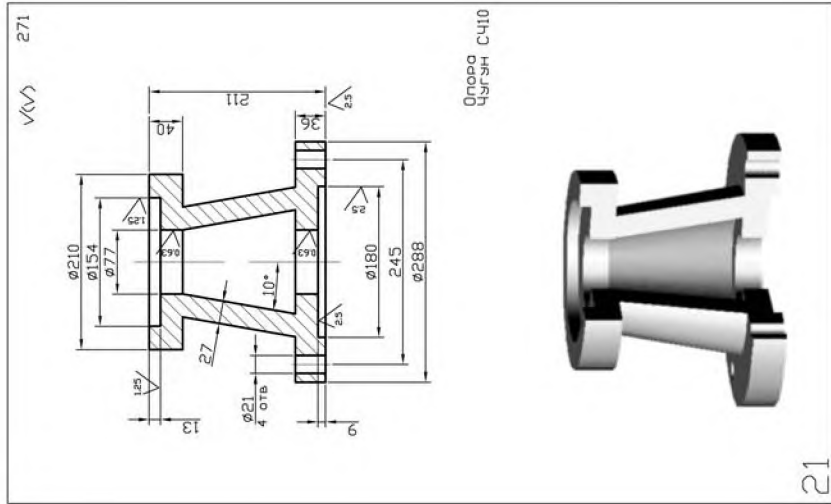
9











4. ВЫБОР ВИДА ЗАГОТОВКИ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ

4.1. Общие сведения о заготовках

Заготовкой называют изделие, из которого путем изменения формы, размеров, свойств поверхностей изготавливают деталь.

Заготовки принято различать по виду (на основе технологического метода их получения):

- 1) отливки;
- 2) кованные и штампованные заготовки;
- 3) заготовки из проката;
- 4) сварные и комбинированные заготовки;
- 5) заготовки, получаемые методами порошковой металлургии;
- 6) заготовки из конструкционной керамики.

Заготовки каждого вида можно получить несколькими способами, но все эти способы будут относиться к единому методу. Например, отливка может быть получена литьем в песчаную или оболочковую форму, в кокиль и т. д.

Заготовка может быть штучной (отливка, поковка) или непрерывной (пруток проката, труба, полоса и т. п.). Если из непрерывной необходимо получить отдельные штучные заготовки, это делают разрезкой непрерывной заготовки на специальном технологическом оборудовании (ножницах, прессах, пилах, ножовках и т. п.).

Методами литья получают заготовки (отливки) практически любых размеров, любой формы из всех металлов и сплавов. Однако качество отливки зависит от условий кристаллизации металла в форме. В некоторых случаях внутри стенок отливок возможно образование дефектов (горячие и холодные трещины, усадочные раковины, рыхлость, пористость). Часто эти дефекты можно обнаружить лишь после черновой механической обработки.

Обработкой давлением получают заготовки из сталей и сплавов.

Кованные заготовки применяют в единичном и мелкосерийном производстве, а также при изготовлении заготовок очень крупных

размеров, с особо высокими требованиями к объемным свойствам металла.

Штампованные заготовки, близкие по конфигурации к готовой детали, применяют в основном в массовом производстве.

Заготовки из проката применяют в единичном и серийном производстве. Размеры заготовки из проката выбранного профиля определяют по поперечному сечению детали с учетом припуска на обработку.

Сварные и комбинированные заготовки получают из отдельных составных элементов, каждый из которых может быть различного вида (отливка, штампованная заготовка и т. п.). Применяют в конструкциях сложной конфигурации. Этот вид заготовок может иметь дефекты (коробление, внутренние напряжения, трещины), которые трудно исправить механической обработкой.

Заготовки, получаемые методом порошковой металлургии, по форме и размерам соответствуют готовой детали и часто нуждаются только в отделочной обработке.

Заготовки из конструкционной керамики применяют для деталей, работающих в агрессивных средах и теплонапряженных условиях.

Заготовку, выбранную для механической обработки детали, называют исходной заготовкой.

4.2. Правила выбора исходной заготовки

Главными факторами, от которых зависит выбор вида заготовки для заданной чертежом детали, являются следующие:

- 1) конструктивные формы детали;
- 2) материал детали;
- 3) размеры и масса детали;
- 4) объем выпуска деталей в единицу времени (объем партии деталей);
- 5) стоимость полуфабриката для получения заготовки;
- 6) себестоимость заготовки, получаемой выбранным способом;
- 7) расход материала и себестоимость превращения заготовки в деталь.

Критерием выбора вида заготовки служит себестоимость, которая складывается из затрат на получение заготовки и затрат на изготовление детали из этой заготовки.

Поэтому более экономичным является процесс изготовления детали из полуфабрикатов. В качестве исходных заготовок (полуфабрикатов) применяют:

- 1) разнообразные виды прокатов черных и цветных металлов;
- 2) стальные слитки;
- 3) чугунные и алюминиевые слитки;
- 4) порошковые металлические материалы;
- 5) различные виды пластических материалов (пластмассы) и пр.

Если нельзя подобрать полуфабрикат, который сразу можно превратить в готовую деталь, то из полуфабриката сначала получают заготовку, таким образом выбирая способ ее получения, чтобы в дальнейшем заготовку можно было превратить в деталь с наименьшими затратами труда и материала.

Основные методы получения заготовок показаны на рис. 58.



Рис. 58. Методы получения заготовок

В общем случае с учетом свойств материала детали можно принять, что в условиях массового и крупносерийного производств в качестве заготовок применяют отливки или поковки, для получения которых требуется предварительное изготовление моделей и штампов, увеличивающее расходы на производство; в условиях серийного и единичного производства – поковки, сортовой прокат или сварные детали (табл. 15).

Таблица 15

Основные характеристики деталей

Признак	Возможные значения	Приоритетные виды заготовок	Комментарий
Форма детали	Простая	П, ПМ	Деталь простой формы ограничена цилиндрическими и плоскими поверхностями, не имеет сложных внутренних полостей, ориентирована по какой-либо оси. Пример: ступенчатый вал средних габаритов
	Сложная	О, СК, ОД	Деталь сложной формы ограничена, кроме прочих, фасонными поверхностями, имеет обширные внутренние полости, в том числе глухие. Пример: крышка редуктора, блок-картер
Технологические свойства материала детали	Жидкотекучесть: удовлетворительная неудовлетворительная	О (О)	Наличие в марке материала указания на улучшенные литейные свойства (например, сталь 45Л) делает отливку приоритетным видом заготовки. Заготовки из чугуна могут быть получены только литьем Заготовительные свойства могут трактоваться более широко – при анализе допустимо использование понятий: «литейные свойства», «пластические свойства». Шкала оценок может быть более дифференцированной
	Свариваемость: удовлетворительная неудовлетворительная	СК (СК)	
	Пластичность: удовлетворительная неудовлетворительная	ОД, П, ПМ (ОД, П)	
	Обрабатываемость резанием: удовлетворительная неудовлетворительная	П, ПМ О, СК, ОД	
Плотность материала	Обычная	Любая	«Плотность материала» и «ориентированность структуры» представляют особые требования к материалу детали. При необходимости множество особых требований к материалу может быть расширено
	Высокая	ОД, П, ПМ	
Тип производства	Единичное	П	При росте серийности производства становятся экономически целесообразными виды заготовок, базовые методы изготовления которых требуют значительных затрат
	Серийное	П, ОД, СК, О	
	Массовое	О, ОД, ПМ, СК	

Примечание. П – прокат; ПМ – полученная методами порошковой металлургии; О – отливка; СК – сварная или комбинированная; ОД – полученная обработкой давлением; () – исключая.

Вид заготовки выбирают в соответствии с данными табл. 16.

Таблица 16

Правила выбора вида заготовки

Технологический признак	Правило выбора
Форма детали	Если форма детали сложная, то выбранный вид заготовки должен обеспечить максимальное приближение к форме и размерам готовой детали
Технологические свойства материала детали	Приоритетное свойство определяет вид заготовки. При равнозначности свойств предпочтение отдается наиболее экономичному виду
Удельная стоимость материала детали	Чем выше удельная стоимость, тем предпочтительнее вид заготовки, максимально приближающий ее к форме и размерам готовой детали
Тип производства	Чем больше объем выпуска, тем более экономически оправданным является выбор вида получения заготовки, максимально приближающий ее к готовой детали

4.3. Примеры решения технологической задачи

Пример 1

Рассмотрим выбор заготовки на примере детали «планка» (рис. 59). В процессе работы деталь испытывает незначительные статические нагрузки. Материал детали – сталь 45, тип производства – серийное. Необходимо выбрать вид исходной заготовки.

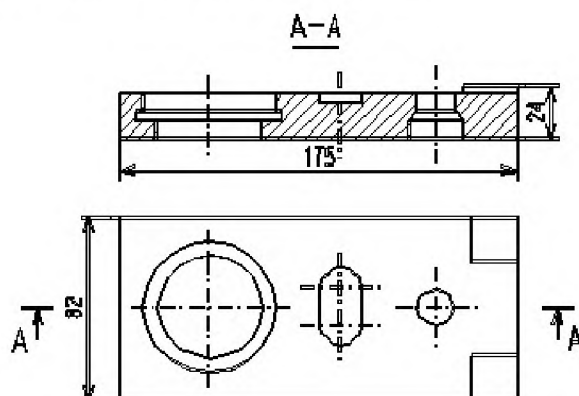


Рис. 59. Эскиз детали «планка»

Анализируя чертеж детали по основным признакам, используемым при выборе исходной заготовки (см. табл. 15 и 16), имеем:

- 1) форма поверхностей детали – простая, плоская;
- 2) технологические свойства материала заготовки (сталь 45): литейные свойства неудовлетворительные; пластичность, свариваемость удовлетворительные; обрабатываемость резанием принята за единицу (при сравнении с обрабатываемостью других сталей);
- 3) тип производства – серийное;
- 4) габариты детали – небольшие.

Так как особые требования к изготовлению детали отсутствуют, партия деталей средняя, габариты небольшие, форма поверхностей плоская, в качестве исходной заготовки целесообразно выбрать полосовой прокат размером 85×26×180 мм.

Пример 2

Деталь – рычаг (рис. 60). В процессе эксплуатации испытывает знакопеременные изгибающие нагрузки. Материал – сталь 45Л. Тип производства – крупносерийное. Выбрать вид исходной заготовки.

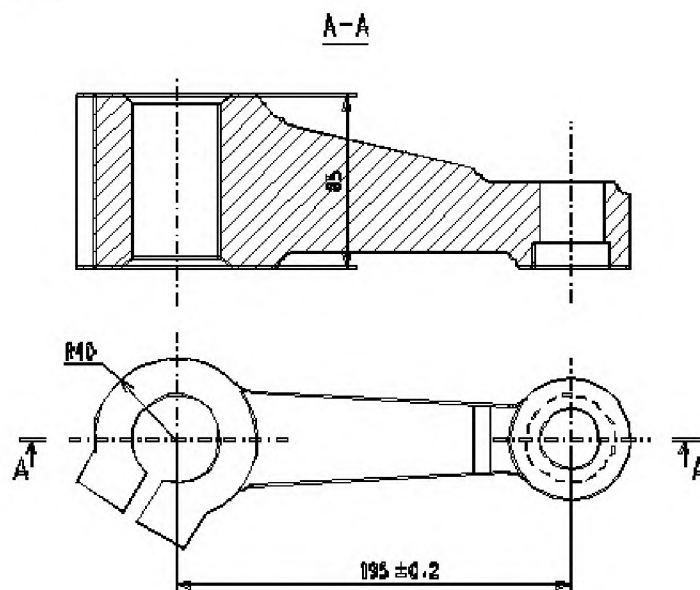


Рис. 60. Эскиз детали «рычаг»

Проводим анализ эскиза детали (см. рис. 60) по основным признакам выбора вида исходной заготовки (табл. 15 и 16):

1) форма поверхностей детали – сложная (две бобышки, соединенные рычагом с уклоном);

2) технологические свойства материала заготовки (сталь 45 Л) удовлетворительные; сталь литейная;

3) тип производства – крупносерийное;

4) габариты детали – небольшие.

В результате анализа считаем целесообразным выбрать в качестве исходного вида заготовки отливки, так как материал – литейная сталь, а партия деталей большая.

Пример 3

Деталь «кулачок» (рис. 61) является элементом управляющей системы. Материал – сталь 20Х. Тип производства – серийное. Выбрать вид заготовки.

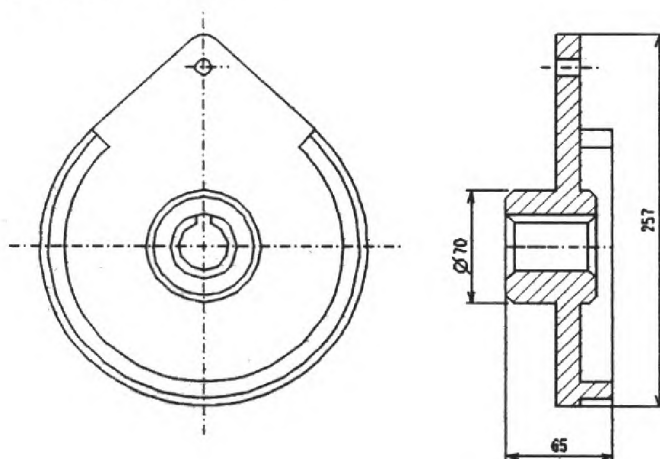


Рис. 61. Эскиз детали «кулачок»

Проводим анализ эскиза детали (см. рис. 61) по основным признакам выбора вида исходной заготовки (табл. 15 и 16):

1) форма поверхностей детали сложная;

2) диаметральные размеры небольшой высоты;

3) технологические свойства материала заготовки (сталь 20Х): литейные неудовлетворительные (легированная сталь); пластичность, свариваемость, обрабатываемость удовлетворительные;

4) ответственность детали – высокая (элемент управляющей системы);

5) тип производства – серийное;

6) габариты детали – небольшие.

Из проведенного анализа следует, что в целях экономии материала и повышения производительности при обработке в условиях серийного производства можно выбрать в качестве исходного вида заготовки поковку.

Для изготовления деталей используются заготовки из проката. В табл. 17–21 приведены характеристики выпускаемых промышленностью заготовок из проката.

Таблица 17

Прокат стальной горячекатаный круглый, сортамент по ГОСТ 2590

Диаметры, мм	Предельные отклонения, мм, при точности прокатки					
	высокой		повышенной		обычной	
	+	–	+	–	+	–
5; 5,5; 6; 6,3; 6,5; 7–9	0,1	0,2	0,1	0,5	0,3	0,5
10–19	0,1	0,3	0,1	0,5	0,3	0,5
20–25	0,1	0,4	0,2	0,5	0,4	0,5
26–28	0,1	0,4	0,2	0,7	0,3	0,7
29–48	0,1	0,5	0,2	0,7	0,4	0,7
50; 52; 53–56; 58	0,1	0,7	0,2	1,0	0,4	1,0
60; 62; 63; 65; 67; 68; 70; 72; 75; 78	0,1	0,9	0,3	1,1	0,5	1,1
80; 82; 85; 87; 90; 92; 95; 97	0,3	1,1	0,3	1,3	0,5	1,3
100; 105; 110; 115	–	–	0,4	1,7	0,6	1,7
120; 125; 130; 135; 140; 145; 150; 155	–	–	0,6	2,0	0,8	2,0
160; 165; 170; 175; 180; 185; 190; 195; 200	–	–	–	–	0,9	2,5
210; 220; 230; 240; 250	–	–	–	–	1,2	3,0
210; 220; 230; 240; 250	–	–	–	–	2,0	4,0
260; 270	–	–	–	–	2,0	4,0

Таблица 18

Прокат стальной горячекатаный квадратный, сортамент по ГОСТ 2591

Стороны квадрата, мм	Предельные отклонения, мм, при точности прокатки			
	повышенной		обычной	
	+	–	+	–
6 – 19	0,1	0,5	0,3	0,5
20 – 25	0,2	0,5	0,4	0,5
26 – 30; 32	0,2	0,7	0,3	0,7
34 – 36; 38; 40; 42	0,2	0,7	0,4	0,7
45; 46; 48; 50; 52; 55; 58	0,2	1,0	0,4	1,0
60; 63; 65; 70; 75	0,3	1,1	0,5	1,1

Окончание табл. 18

Стороны квадрата, мм	Предельные отклонения, мм, при точности прокатки			
	повышенной		обычной	
	+	-	+	-
80; 85; 90; 93; 95	0,3	1,3	0,5	1,3
100; 105; 110; 115	0,4	1,7	0,6	1,7
120; 125; 130; 135; 140; 145; 150	0,6	2,0	0,8	2,0
160; 170; 180; 190; 200	-	-	0,9	2,5

Таблица 19

Прокат стальной горячекатаный шестигранный, сортамент по ГОСТ 2879

Диаметр вписанного круга, мм	Предельные отклонения, мм, при точности прокатки			
	повышенной		обычной	
	+	-	+	-
8; 9	0,1	0,3	0,3	0,5
10–19 (через 1 мм)	0,2	0,3	0,3	0,5
20–22; 24; 25	0,2	0,4	0,4	0,5
26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 47; 48	0,2	0,6	0,4	0,7
50; 52; 55	0,2	0,9	0,4	1,0
60; 63; 65; 70; 75	0,3	1,0	0,5	1,1
80; 85; 90; 95	0,4	1,2	0,5	1,3
100	0,5	1,5	0,6	1,7

Таблица 20

Полоса стальная горячекатаная по ГОСТ 103

Размер полосы, мм	Предельные отклонения, мм, при точности прокатки			
	повышенной		номинальной	
	+	-	+	-
<i>Ширина полосы</i>				
От 11 до 60	0,3	0,9	0,5	1,0
63; 65	0,3	1,1	0,5	1,3
70; 75	0,3	1,3	0,5	1,4
80; 85	0,5	1,4	0,7	1,6
90; 95	0,6	1,8	0,9	1,8
100; 105	0,7	2,0	1,0	2,0
110	0,8	2,2	1,0	2,2
120; 125	0,9	2,4	1,1	2,4
Свыше 130 (включит.) до 150	1,0	2,5	1,2	2,8
» 150 » 180	1,2	2,8	1,4	3,2
» 180 » 200	1,4	-	1,7	4,0

Окончание табл. 20

Размер полосы, мм	Предельные отклонения, мм, при точности прокатки			
	повышенной		номинальной	
	+	-	+	-
<i>Толщина полосы</i>				
Свыше 4 (включит.) до 6	0,2	0,3	0,2	0,5
» 6 » 16	0,2	0,4	0,2	0,5
» 16 » 25	0,2	0,6	0,2	0,8
» 25 » 32	0,2	0,7	0,2	1,2
36; 40	0,2	1,0	0,2	1,6
45; 50	0,2	1,5	0,3	2,0
Свыше 50 до 60	0,2	1,8	0,3	2,4

Таблица 21

Области применения заготовок из проката

Прокат	ГОСТ	Область применения
Товарные заготовки (болванки обжатые, квадратные)	–	Заготовки под ковку и штамповку крупных валов, рычагов, тяг и т. д.
Сортовые профили общего назначения: круглые квадратные шестигранные полосовые	2590 2591 2879 103	Изготовление гладких и ступенчатых валов с небольшим перепадом диаметров; стаканов диаметром до 50 мм, втулок диаметром до 25 мм, рычагов, клиньев, фланцев
Фасонные профили проката общего назначения: сталь углов ая: равнополочная неравнополочная балки двутавровые швеллеры	8509 8510 8239 8240	Изготовление металлоконструкций (рам, плит, подставок, кронштейнов)
Фасонные профили проката отраслевого и специального назначения	–	Вагоностроение, автопромышленность, тракторостроение, сельхозмашиностроение, энергетическое машиностроение, электротехническая промышленность
Грубый прокат стальной бесшовный горячекатаный, холоднотянутый, холоднокатаный	8732, 8734	Изготовление цилиндров, втулок, гильз, шпинделей, стаканов, барабанов, роликов, пустотелых валов
Гнутые профили: U-образные неравнобокие С-образные корытообразные	8278 8281 8283	Изготовление опор, кронштейнов, консолей, ребер жесткости

Окончание табл. 21

Прокат	ГОСТ	Область применения
Горячепрессованные профили сложной формы (пустотелые, полужамкнутые)	–	Изготовление скоб, направляющих, прижимов
Периодические профили проката	–	Изготовление деталей в соответствии с профилем проката
Профили продольной прокатки	8319, 8319.13	Изготовление балок передних осей автомобилей, лопаток, осей
Профили поперечно-винтовой прокатки	8320.0, 8320.13	Изготовление валов электродвигателей, шпинделей машин, осей рычагов
Профили поперечно-клиновой прокатки	–	Изготовление валов коробки передач автомобиля, валиков и других деталей типа тел вращения в крупносерийном и массовом производстве
Профили поперечной прокатки	7524	Изготовление шариков для подшипников качения, профилированных трубчатых деталей (втулки)

Для комбинированных деталей сложной конструкции заготовки получают с использованием сварки. В табл. 22–24 приведены сведения о свариваемости некоторых сталей, типы и общие характеристики сварных конструкций.

Таблица 22

Свариваемость некоторых сталей

Свариваемость	Сталь	Особенность технологии сварки
Хорошая	Ст3; 10; 15НМ; 12Х18Н9Т	Традиционная технология
Удовлетворительная	БСт5; 30; 35; 15ХСНД; 12Х14А	Предварительный подогрев и последующая термообработка
Ограниченная	Ст6; БСт6; 40; 50; 30ХГСА; 5ХНМ	Термическая обработка и подогрев перед сваркой. Термическая обработка после сварки
Плохая	60Г; 50ХГА; 85; У8; У10А; Р18; Х12; 3Х2В8Ф	Термическая обработка перед сваркой. Подогрев в процессе сварки. Термическая обработка после сварки

Таблица 23

**Особенности основных типов сварных конструкций,
применяемых в машиностроении**

Наименование конструкций	Доминирующие требования	Применяемые способы сварки	Типы составных элементов
Балки и колонны	Прочность по поперечному изгибу или сжатию	Автоматическая сварка под флюсом	Листовые
Оболочковые (емкости, сосуды, трубы, резервуары, газгольдеры)	Герметичность при избыточном давлении	Автоматическая сварка встык под флюсом	Листовые полотнища или секции
Корпусные транспортные конструкции (корпуса судов, вагонов, кузова автомобилей)	Прочность и жесткость	Автоматическая дуговая и контактная	Изогнутые листовые
Детали машин и приборов	Определяются конструкцией изделия	Ограничения отсутствуют	Ограничения отсутствуют. Диапазон толщин от десятых долей миллиметра до сотен миллиметров

Таблица 24

Общие характеристики комбинированных заготовок

Группа заготовок	Характеристики изделия	Способы изготовления составных элементов	Область применения	Характеристики эффективности
Сварно-литые	Большие габариты заготовки. Наличие сочетаний стенок толщиной более 30 мм со стенками малых сечений. Наличие сочетаний стенок постоянного сечения толщиной до 30 мм с фасонными профилями переменного сечения	Литье в песчаные формы при машинной формовке. Литье в кокиль. Литье под давлением. Резка проката	Станины прессов, прокатных станов, станков; корпуса редукторов; картеры тепловозных двигателей; толстостенные сосуды; детали подвижного состава	Сокращение объема механической обработки. Возможное снижение себестоимости на 10 – 25 %

Окончание табл. 24

Группа заготовок	Характеристики изделия	Способы изготовления составных элементов	Область применения	Характеристики эффективности
Штамповарные	Замена литых и штампованных заготовок. Большие габариты заготовки. Изготовление заготовок из отдельных элементов, полученных обработкой давлением	Листовая штамповка. Резка проката. Свободная ковка. Горячая объемная штамповка	Рамы; кожухи; ободья; емкости; крупные валы	Увеличение производительности. Снижение материалоемкости. Возможность изготовления сложных заготовок. Снижение себестоимости
Сварно-кованно-литые	Большие габариты заготовки. Использование материалов с разными свойствами	Необходимые способы литья и обработки давлением. Резка проката	Валы и диски турбин; рамы; крупные зубчатые колеса	Снижение массы заготовки до 30 %. Упрощение технологии изготовления составных элементов. Сокращение длительности производственного цикла (сокращение длительности подготовки производства)

При изготовлении отливок необходимо учитывать конструктивные особенности деталей и способов литья в соответствии с данными табл. 25–28.

Таблица 25

Толщина стенок отливок при различных способах литья

Материал	Характеристика отливки	Наименьшая толщина стенки, мм	Материал	Характеристика отливки	Наименьшая толщина стенки, мм
<i>Литье в песчаные формы</i>					
Сталь углеродистая	Мелкие (до 2 кг) Средние (2–50 кг) Крупные (свыше 50 кг)	8	Бронзы оловянные	Наибольшая протяженность стенки, мм: до 50 свыше 50 до 100 » 100 » 200 » 200 » 600	3
		12			5
Сталь низколегированная	На 20 – 40 % больше, чем для отливок из углеродистой стали	20			6
					8

Окончание табл. 25

Материал	Характеристика отливки	Наименьшая толщина стенки, мм	Материал	Характеристика отливки	Наименьшая толщина стенки, мм
<i>Литье в песчаные формы</i>					
Чугун серый	Мелкие (до 2 кг) Средние (2–50 кг) Крупные (св. 50 кг)	3–4 6–8 10–20	Специальные бронзы и латуни	Мелкие (до 2 кг) Средние (2–50 кг)	До 6 До 8
Чугун высокопрочный	На 15–20 % больше, чем для отливок из серого чугуна		Кремниевые бронзы	–	До 4
Чугун ковкий	Размеры площади стенки, мм: 50×50 100×100 200×200 350×350 500×500	2,5–3,5 3–4 3,5–5,5 4–5,5 5–7	Алюминиевые сплавы	Наибольшая протяженность стенки, мм: до 200 свыше 200 до 800	3–5 5–8
			Магниевого сплавы	Мелкие Средние (протяженность не более 400 мм)	4 6
			Цинковые сплавы	–	До 3
<i>Литье в кокиль</i>					
Магниевого сплавы	Площадь стенки до 30 см ²	3	Чугун	Площадь стенки, см ² : до 25 свыше 25 до 125 свыше 125	4
Алюминиевого сплавы					6
Бронзы					15
		4–6	Сталь	–	8–10

Таблица 26

Литье по выплавляемым моделям

Материалы	Толщина стенки при габаритных размерах отливки, мм							
	Свыше 10 до 50		Свыше 50 до 100		Свыше 100 до 200		Свыше 200 до 350	
	ном.	мин.	ном.	мин.	ном.	мин.	ном.	мин.
Оловянно-свинцовые сплавы	1,0–1,5	0,7	1,5–2,0	1,0	2–3	1,5	2,5–3,5	2
Цинковые сплавы	1,5–2,0	1,0	2–3	1,5	2,5–3,5	2,0	3–4	2,5
Чугун	1,5–2,0	1,0	2,0–3,5	1,5	2,5–4	2,0	3,0–4,5	2,5
Медные, магниевые и алюминиевые сплавы	2,0–2,5	1,5	2,5–4,0	2,0	3,0–4,0	2,5	3,5–5,0	3
Сталь углеродистая	2,0–2,5	1,5	2,5–4,0	2,0	3,5–5,0	2,5	3,5–6,0	3

Таблица 27

Литье под давлением

Сплавы	Толщина стенки отливки (мм) при площади сплошной поверхности, см ²				
	До 25	Свыше 25 до 100	Свыше 100 до 225	Свыше 225 до 400	Свыше 400 до 1000
Оловянно-свинцовые	0,6	0,7	1,1	1,5	–
Цинковые	0,8	1,6	1,5	2,0	3,0
Магниеые	1,3	1,8	2,5	3,0	4,0
Алюминиевые	1,0	1,5	2,0	2,5	4,0
Медные	1,5	2,0	3,0	3,5	4,0

Таблица 28

Литье в оболочковые формы

Характеристика отливки	Толщина стенок, мм
Мелкие, кроме отливок из стали	2–2,5
Средние и мелкие стальные	3–4

5. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ТИПОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЗАГОТОВОК РЕЗАНИЕМ

Общим для всех деталей машин является наличие элементарных обрабатываемых поверхностей, которые кратко можно подразделить на поверхности вращения, плоские, винтовые (резьбовые), зубчатые и прочие.

Надежность работы машины во многом зависит от точности обработки поверхностей деталей. Точность обработки определяется степенью соответствия размеров, формы и взаиморасположения обработанных поверхностей требованиям эскиза детали и технических условий.

Точность размера обработанной поверхности регламентируется допуском. Одной из основных характеристик качества обработки поверхности является шероховатость. В предлагаемых задачах шероховатость поверхности нормируется средним арифметическим отклонением профиля (Ra). ГОСТ 2789 устанавливает числовые параметры шероховатости поверхности. Рекомендуемые варианты обработки наружных поверхностей тел вращения, плоскостей и обработки цилиндрических отверстий в соответствии с требованиями качества точности размера и шероховатости поверхности приведены в табл. 29–33. Если из двух параметров точности обработки поверхности по эскизу детали один выше другого, вариант выбирают по высшему требованию.

Таблица 29

Рекомендуемые варианты обработки наружных поверхностей тел вращения

№ варианта	Квалитет точности размера					Шероховатость Ra , мкм
	14–12	10–8	9–8	7–6	6–5	
1	Точение черновое					50–6,3
2	Точение черновое, точение чистовое					2,5–0,4

Окончание табл. 29

№ варианта	Квалитет точности размера					Шероховатость Ra , мкм
	14–12	10–8	9–8	7–6	6–5	
3	Точение черновое, шлифование предварительное					6,3–0,4
4	Точение черновое, чистовое, шлифование					3,2–0,2
5	Точение предварительное, точение чистовое и тонкое					1,6–0,2
6	Точение однократное черновое, шлифование предварительное и чистовое					3,2–0,2
7	Точение предварительное, точение чистовое, шлифование предварительное и чистовое					1,6–0,1
8	Точение предварительное, точение чистовое, шлифование предварительное и тонкое					1,6–0,1
9	Точение предварительное, точение чистовое, шлифование предварительное, шлифование чистовое и тонкое					1,6–0,1

Таблица 30

Рекомендуемые варианты обработки цилиндрических отверстий

№ варианта	Квалитет точности размера					Шероховатость Ra , мкм
	13–12	12–11	11–10	9–7	6–5	
1	Сверление					25–6,3
2	Сверление и зенкерование					12,5–1,6
3	Сверление и развертывание					12,5–0,8
4	Сверление и протягивание					12,5–0,8
5	Сверление, зенкерование и развертывание					12,5–0,8
6	Сверление и развертывание нормальное и точное					6,3–0,4
7	Сверление и протягивание чистовое					6,3–0,2
8	Сверление, протягивание, шлифование					3,2–0,2
9	Сверление, зенкерование, двукратное развертывание					3,2–0,1
10	Сверление, зенкерование, шлифование предварительное					6,3–0,4
11	Сверление, протягивание, выглаживание алмазное					0,6–0,1

Формообразование поверхности в процессе резания характеризуется схемой обработки. На схеме условно изображают обраба-

тываемую заготовку, режущий инструмент, их установку, а также основные (рабочие) движения. При оформлении схемы указывают: вид обработки, тип станка, вид режущего инструмента и способы закрепления заготовки и инструмента на станке (табл. 29–35). Графическое изображение схемы обработки приводят в соответствии с эскизом детали.

Таблица 31

Рекомендуемые варианты обработки цилиндрических отверстий в заготовках с отверстием

№ варианта	Квалитет точности размера					Шероховатость Ra, мкм
	13–12	10–8	9–7	6–5	5–4	
1	Рассверливание					25–6,3
2	Зенкерование, растачивание					25–6,3
3	Зенкерование черновое и чистовое					6,3–2,5
4	Растачивание черновое и чистовое					3,2–0,2
5	Зенкерование (или растачивание), развертывание точное					6,3–0,4
6	Зенкерование (или растачивание черновое), протягивание черновое и чистовое					6,3–0,2
7	Растачивание черновое и развертывание тонкое					3,2–0,1
8	Зенкерование (или растачивание), развертывание точное и тонкое					3,2–0,1
9	Зенкерование (или растачивание черновое, чистовое) и тонкое растачивание					3,2–0,2
10	Растачивание черновое и чистовое. Шлифование чистовое и тонкое					1,6–0,1
11	Растачивание, протягивание и тонкое шлифование					1,6–0,1
12	Зенкерование (или растачивание черновое, чистовое) и хонингование					0,4–0,025

Таблица 32

Характеристика видов обработки отверстий

Вид обработки		Квалитет	Шероховатость Ra, мкм
Сверление, рассверливание		13–12	25–6,3
Зенкерование	Черновое	13–12	25–6,3
	Чистовое	11–8	6,3–2,5

Окончание табл. 32

Вид обработки		Квалитет	Шероховатость <i>Ra</i> , мкм
Растачивание	Черновое	13–11	25–6,3
	Чистовое	10–8	6,3–0,4
	Тонкое	7–5	3,2–0,2
Протягивание	Черновое	11–10	12,5–0,8
	Чистовое	9–6	6,3–0,2
Развертывание	Черновое	11–10	12,5–0,8
	Чистовое	9–7	6,3–0,4
	Тонкое	6–5	3,2–0,1
Шлифование внутреннее	Предварительное	9–8	6,3–0,4
	Чистовое	7–6	3,2–0,2
	Тонкое	5	1,6–0,1
Хонингование		5–4	0,4–0,025
Выглаживание алмазное		6–5	0,8–0,1

Таблица 33

**Характеристика видов обработки
наружных поверхностей вращения и плоскостей**

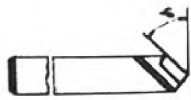
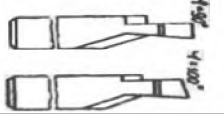
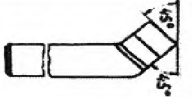
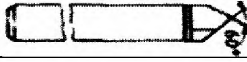
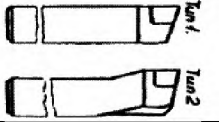


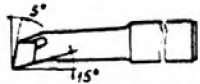
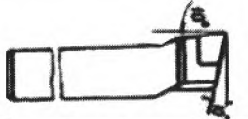
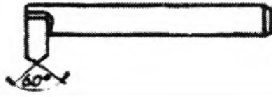

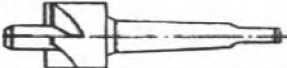

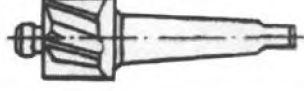


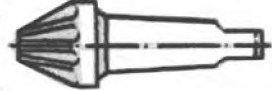
Вид обработки		Квалитет	Шероховатость <i>Ra</i> , мкм
Точение	Черновое	14–12	50–6,3
	Чистовое	10–8	2,5–0,4
	Тонкое	7–6	1,6–0,2
Шлифование круглое и плоское	Черновое	9–8	6,3–0,4
	Чистовое	7–6	3,2–0,2
	Тонкое	6–5	1,6–0,1
Фрезерование (цилиндрическими фрезами)	Черновое	14–12	12,5–3,2
	Чистовое	11–9	4–1
Фрезерование (торцевыми фрезами)	Черновое	14–12	12,5–3,2
	Чистовое	11–9	4–1
	Тонкое	8–6	0,32–0,25
Притирка (доводка)		5–4	0,4–0,005
Суперфиниширование		Прошлой обработки	0,4–0,012
Полирование		Прошлой обработки	0,4–0,012
Обкатывание		7–6	1,6–0,2
Выглаживание алмазное		6–5	0,8–0,1

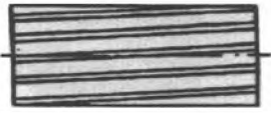

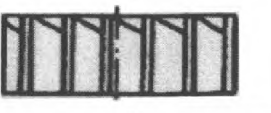

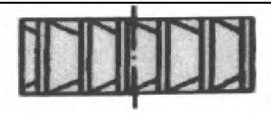
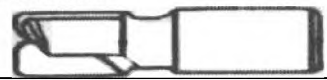

Типы металлорежущего оборудования

Наименование группы	Тип оборудования									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Токарные	Специализированные	Автоматы и полуавтоматы		Токарно-револьверные	Полуавтоматические токарно-револьверные	Карусельные	Токарные и лобовые	Многорезцовые и копирующие вальные	Специализированные	Другие
		Одношпиндельные	Многошпиндельные							
Сверлильные и расточные	-	Настольно- и вертикально-сверлильные		Полуавтоматы		Радиально-сверлильные	Расточные	Отделочные расточные	Горизонтально-сверлильные	Другие
		Одношпиндельные	Многошпиндельные							
Шлифовальные, полировальные	-	Кругло- и бесшпиндельно-шлифовальные		Облочно-шлифовальные	Специализированные шлифовальные	Продольно-шлифовальные	Загонные	Плоскошлифовальные	Притирочные, полировочные, хонинговальные, доводочные	Другие
		Внутри- и координатно-шлифовальные	Шлифовальные							
Резьбобрабатывающие	Резьбобрабатывающие	-	-	-	-	-	Резьбобрабатывающие	-	Резьбобрабатывающие	Резьбобрабатывающие
Фрезерные	Барбанно-фрезерные	Вертикально-фрезерные		Продольные одностоенные	Копировальные, гравировальные	Вертикально-фрезерные бесконсолевые	Продольно-фрезерные двухстоенные	Консольно-фрезерные	Горизонтально-фрезерные консольные	Другие
		Фрезерные непрерывного действия	Фрезерные							

Таблица 35

**Основные виды инструментов для обработки наружных
и внутренних цилиндрических поверхностей и плоскостей**

Резцы токарные с пластижкой из твердого сплава	
Проходной прямой 	Отрезные 
Проходной отогнутый 	Резьбовой для наружной метрической резьбы 
Проходные упорные 	Расточной для обработки сквозных отверстий 
Чистовой широкий 	Расточной для обработки глухих отверстий 
Подрезной отогнутый 	Резьбовой для внутренней метрической резьбы 
Инструменты для обработки отверстий	
Спиральное сверло 	Зенкер торцовый 
Зенкер с коническим хвостовиком 	Зенкер цилиндрический 
Развертка цилиндрическая 	Метчик 
Зенкер конический 	

Фрезы	
Цилиндрическая с винтовым зубом	Торцовая насадка
	
Дисковая двусторонняя	Концевая с коническим хвостовиком
	
Дисковая трехсторонняя	Шпоночная с цилиндрическим хвостовиком
	
Одноугловая	
	

5.1. Обработка поверхности тела вращения

Обработку наружных поверхностей тел вращения осуществляют точением, шлифованием, отделочными методами: тонким шлифованием, полированием, суперфинишированием и методом поверхностного пластического деформирования.

В процессе обработки шероховатость поверхности уменьшается сначала резко (после черновых переходов параметры снижаются в 4–5 раз), затем медленнее при выполнении завершающих отделочных переходов (в 1,5–2 раза). В формировании качества поверхности при механической обработке участвуют элементы технологической системы (станок – приспособление – инструмент – заготовка). В соответствии с требованиями к обрабатываемой поверхности (указанными на чертеже детали) принимают такой вид обработки, технологические возможности которого обеспечивают выполнение этих требований.

5.2. Обработка отверстий

Отверстия чаще всего бывают цилиндрические: гладкие или ступенчатые, сквозные или глухие.

Отверстия в исходных заготовках могут отсутствовать, а могут быть образованы с помощью способов литья,ковки или штамповки.

Обработка отверстий резанием может осуществляться лезвийными и абразивными инструментами, можно применять также виды обработки метода поверхностного пластического деформирования. От правильного выбора видов обработки зависит точность обработки отверстий. Чем выше требования к точности отверстия, тем больше технологических переходов должно быть применено для его изготовления.

При решении задач используются справочные материалы табл. 30–33.

5.3. Обработка плоскостей и пазов

Обработку плоских поверхностей (горизонтальных, вертикальных и наклонных), а также поверхностей типа уступов, пазов различных форм и т. п. выполняют фрезерованием, строганием, шлифованием и другими способами. Одним из самых распространенных и высокопроизводительных способов обработки плоскостей и пазов является фрезерование.

Фрезерование плоскостей в большинстве случаев выполняют торцовыми или цилиндрическими фрезами. Цилиндрические фрезы предназначены для обработки плоских поверхностей, ширина которых меньше длины фрезы. Торцовые фрезы предназначены для обработки плоскостей сравнительно большой площади, длина которых не менее 100 мм.

Обработка торцовой фрезой более производительна, так как можно использовать большую скорость подачи. Кроме того, обычно при этом достигается большая точность обработки поверхности, чем при работе цилиндрической фрезой (более плавное резание большего числа одновременно работающих зубьев).

При решении задач используются справочные материалы табл. 33–35.

5.4. Обработка резьбовых поверхностей

Нарезание различных по профилю и назначению резьб выполняют с помощью резьбовых резцов, плашек, метчиков, резьбовых фрез, гребенок, круглых роликов и плоских плашек, специальных шлифовальных кругов. Крепежные резьбы треугольного профиля

в единичном и мелкосерийном производстве нарезают резьбовыми резцами, плашками, метчиками, резьбовыми фрезами на универсальных станках; в массовом производстве такие резьбы накатывают с помощью круглых роликов или плоских плашек на болтах и крепежных винтах на специальных станках.

Накатывание резьбы – один из наиболее производительных и экономичных способов в условиях крупносерийного и серийного производства. Накатыванием называют поверхностное пластическое деформирование. Накатанные резьбы имеют высокие эксплуатационные свойства.

Упорные и ходовые резьбы высокой степени точности (8-й квалитет и выше) прямоугольного и трапецеидального профиля нарезают с помощью резьбовых резцов (если поверхность незакаленная) или шлифуют шлифовальным односторонним или многосторонним кругом соответствующего профиля по гладкой закаленной поверхности на резьбошлифовальном станке.

Резьбы с малыми допускаемыми отклонениями от соосности с другими поверхностями и высокой точностью шага нарезают резьбовыми резцами на токарно-винторезном станке.

Детали машин с разнообразными резьбовыми поверхностями встречаются весьма часто. Выбор способа образования резьбы помимо показателей самой резьбы диктуется качеством материала детали, ее конфигурацией и размерами, типом производства и др.

В машиностроении наиболее распространена метрическая резьба. Метрические резьбы выполняют с отклонениями, обозначаемыми для болтов буквами h, g, e, d , для гаек H, G . По точности различают три класса резьбы: точные (Т), средние (С) и грубые (Г), и соответственно им устанавливают поля допусков. Для класса Т устанавливают поля допусков $4h, 4H5H, 5H$; для класса С – $6h, 6g, 6e, 6d$ и $5H6H, 6H, 6G$; для класса Г – $8h, 8g$ и $7H, 7G$.

Способ образования резьбы по главным показателям (точности, шероховатости поверхности и производительности) выбирают, исходя из условия задачи. Как указывалось выше, существует много различных способов изготовления резьбы как обработкой резанием, так и методом поверхностного пластического деформирования. Каждый из методов имеет свои особенности и эффективен применительно к конкретным обстоятельствам. Для установления наиболее выгодного и приемлемого в заданных условиях можно действовать методом исключения. Различные способы обработки, обеспечивающие необходимые точностные характеристики, показаны на рис. 62.

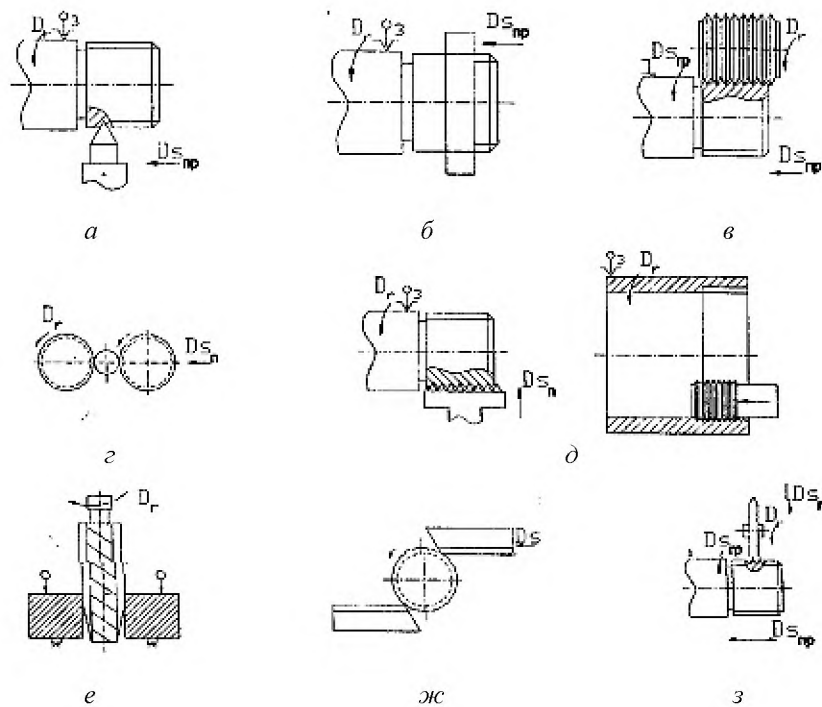


Рис. 62. Способы нарезания резьбы:

a – резьбовым резцом; *б* – плашкой; *в* – резьбовой фрезой; *г* – накатыванием резьбовым роликом; *д* – фасонным резцом (наружной и внутренней); *е* – метчиком; *ж* – накатыванием плоскими плашками; *з* – профильным шлифовальным кругом

5.5. Технологичность конструкции детали

Под технологичностью конструкции детали понимают совокупность свойств конструкции детали, проявляемых в возможности оптимальных затрат труда, средств, материалов и времени при технологической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации, ремонте и обеспечении технологичности сборочной единицы, в состав которой она входит.

Отработка конструкции на технологичность осуществляется на всех стадиях проектирования детали, начиная от заготовки. Чтобы можно было планировать технологичность конструкции деталей и управлять формированием признаков технологичности,

по ГОСТ 14.201 необходимо выполнить количественную оценку технологичности, основанную на системе показателей.

Конструкция детали должна учитывать особенности обработки ее поверхностей на соответствующей группе станков и возможности режущего инструмента. Так, из деталей, обрабатываемых на станках токарной группы, наибольшее число поверхностей должны иметь форму тел вращения, а их масса должна быть уравновешенна относительно оси вращения. Размеры обрабатываемых поверхностей должны быть стандартными.

Отверстия в корпусных деталях обрабатывают на сверлильно-расточных станках. Соосные отверстия в таких деталях должны иметь уменьшенные диаметры в одном направлении для обеспечения возможности обработки за одну установку. Желательно исключить обработку наклонных отверстий из-за увода оси сверла при сверлении.

При обработке плоских поверхностей детали фрезерованием их следует располагать на одной высоте, чтобы выполнить обработку за один проход, а пазы и прорези целесообразно конструировать сквозными для обеспечения свободного входа и выхода инструмента.

Для шлифования ступенчатых валов предусматривают центровые отверстия, а для пустотелых валов – установочные фаски. Шлифуемые шейки следует разделить технологическими канавками для выхода круга или указать на чертеже детали максимально возможный радиус сопряжения на переходной поверхности.

Шлифуемые плоские поверхности должны быть параллельны или перпендикулярны опорной поверхности детали и располагаться в одной плоскости.

5.6. Примеры решения технологической задачи

Пример 1

Выбрать вариант обработки наружной цилиндрической поверхности $\varnothing 28 h7$ с шероховатостью $Ra 3,2$ мкм для вала, изготавливаемого из стали 45 (производство серийное, $N = 10000$ шт.)

По табл. 29 рекомендуемых вариантов обработки наружных поверхностей тел вращения для поверхности вала, для 7-го качества и шероховатости $Ra 3,2$ мкм (в зависимости от наличия соответствующего оборудования) выбираем из трех вариантов:

вариант 5 – точение предварительное, точение чистовое, точение тонкое;

вариант 6 – точение предварительное, шлифование предварительное и чистовое;

вариант 7 – точение предварительное, точение чистовое, шлифование предварительное и чистовое.

Так как с точки зрения обеспечения требуемой точности обработки поверхности эти варианты равнозначны, окончательно выбираем самый короткий путь с использованием самого дешевого оборудования, т. е. вариант 5, для реализации которого требуется лишь токарный станок.

Пример 2

Вал (рис. 63) изготавливают в условиях единичного производства. Заготовка – горячекатаный прокат; материал – сталь 45. Выбрать вид обработки для наружной цилиндрической поверхности вала ($D = 16$ мм, $L = 140$ мм) с заданной по эскизу точностью. Разработать схему обработки и привести ее графическое изображение.

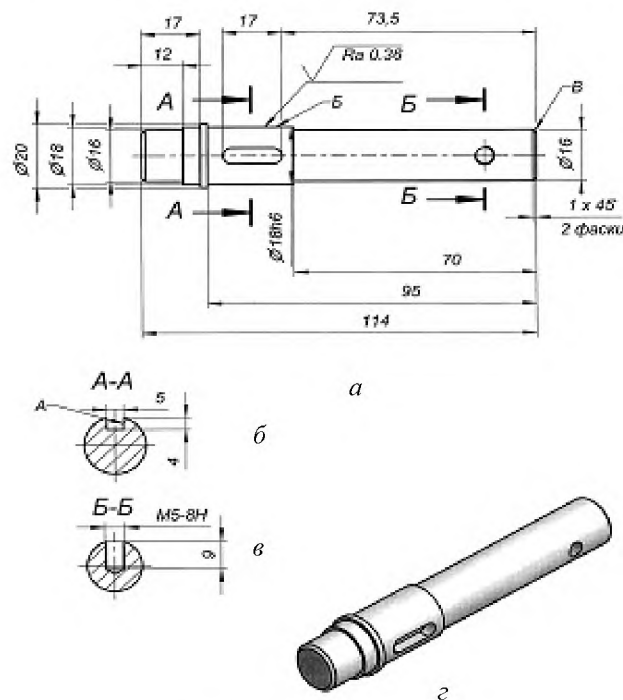


Рис. 63. Эскиз детали «вал»:

a – вид спереди; b – сечение по А-А; $в$ – сечение по Б-Б; z – аксонометрия детали

Согласно эскизу детали заданная поверхность должна быть обработана по 12-му качеству точности размера и иметь шероховатость $Ra\ 0,36\ \text{мкм}$.

Из табл. 29 устанавливаем, что для получения поверхности, обработанной по 12-му качеству, рекомендуется вариант 1 (точение черновое), но по параметру шероховатости этот вариант не соответствует требованию эскиза детали. Так как требования по шероховатости выше требований по качеству точности размера, выбираем вид обработки заданной поверхности по шероховатости. Для показателя шероховатости $Ra\ 0,36\ \text{мкм}$ рекомендуется вариант 4 – точение черновое, чистовое, шлифование черновое. Выбираем вид обработки – точение черновое по 4-му варианту, согласно которому

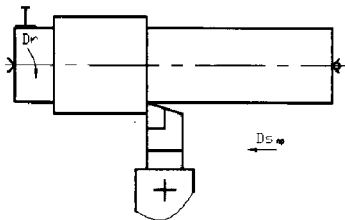


Рис. 64. Схема обработки вала

обеспечивается более высокая точность размеров (по 6–7-му качеству). Используя данные табл. 29 и 30, разрабатываем схему обработки поверхности. Вид обработки – точение. Оборудование – токарно-винторезный станок; инструмент – проходной упорный резец с пластижкой из твердого сплава, установленный в резцедержателе верхнего суппорта станка. Заготовка закрепляется в центрах и вращение передается через поводковый патрон ($L/D > 4$). Схема обработки представлена на рис. 64.

Пример 3

Выбрать вариант обработки внутренней цилиндрической поверхности (отверстия) $\varnothing 32H8$ с шероховатостью $Ra\ 6,3\ \text{мкм}$ для втулки из стали 40X для мелкосерийного производства ($N = 1000$ шт.).

По табл. 30–31 рекомендуемых вариантов обработки отверстий выбираем варианты обработки в зависимости от вида заготовки (т. е. имеет исходная заготовка отверстие или нет) и требуемой точности обработки.

Так, для получения 8-го качества точности размера и шероховатости поверхности $Ra\ 6,3\ \text{мкм}$ при заготовке без отверстия выбираем по табл. 30 из трех вариантов:

вариант 6 – сверление, рассверливание ($\varnothing 32$), развертывание нормальное и точное;

вариант 7 – сверление и протягивание чистовое;

вариант 10 – сверление, зенкерование, шлифование предварительное.

Окончательно выбираем вариант 6, так как необходимую обработку можно выполнить на одном станке (вертикально-сверлильном для небольшой партии).

При наличии в заготовке отверстия для обеспечения заданных параметров точности (8-го качества точности размера и шероховатости поверхности Ra 6,3 мкм) выбираем вид обработки по табл. 31 из трех вариантов:

вариант 3 – зенкерование черновое и чистовое;

вариант 4 – растачивание черновое и чистовое;

вариант 5 – зенкерование (или растачивание) и развертывание точное.

Исходя из условий задачи (малая партия) и наименьших затрат (минимум применяемого оборудования и инструмента), а также наличия оборудования (вертикально-сверлильный станок или токарно-винторезный) и конфигурации заготовки (обрабатываемое отверстие расположено на центральной оси заготовки), можно принять окончательное решение. Так как все рассмотренные варианты равнозначны, выбираем наиболее простой – вариант 3.

Пример 4

Выбрать виды окончательной обработки плоскости, обеспечивающие шероховатость поверхности Ra 3,2 мкм и точность размера по 12-му качеству.

По табл. 33, в которой даны характеристики видов обработки, определяем варианты решения.

Вариант 1

Заданная шероховатость может быть получена при чистовом шлифовании (оно применяется для обработки закаленных поверхностей; при небольшом припуске или для сложной прерывистой формы поверхности из-за вероятности вибрации при фрезеровании). При этом может быть получен 6–7-й класс точности.

Вариант 2

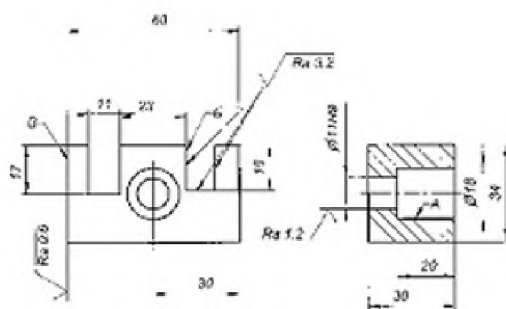
Фрезерование черновое цилиндрической или торцовой фрезой. Точность размеров при этом обеспечивается по 12–14-му качеству.

ту, что соответствует условию задачи. Выбираем фрезерование черновое торцовой фрезой, так как оно более производительное. Вид инструмента назначаем по табл. 35.

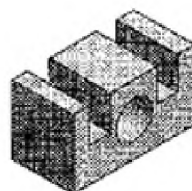
Пример 5

Для двух прямоугольных пазов ползуна выбрать вид обработки с заданной точностью по эскизу детали (рис. 65). Производство серийное. Разработать схему обработки и привести ее графическое изображение.

Из условия чертежа детали паз должен обрабатываться по 12-му квалитету точности размера с шероховатостью $Ra\ 3,2$ мкм.



а



б

Рис. 65. Эскиз детали «ползун»

а – виды спереди и сбоку; б – аксонометрия детали

По табл. 33 выбираем вид обработки – фрезерование черновое. Используя данные табл. 34 и 35, разрабатываем схему обработки. Вид обработки – фрезерование (двух пазов одновременно). Оборуду-

дование – горизонтально-фрезерный станок. Инструмент – дисковые трехсторонние фрезы. Заготовку следует закрепить в машинных тисках. Схема обработки показана на рис. 66.

Пример 6

Определить степень точности и шероховатость поверхности, полученной при нарезании резьбы разными способами (см. рис. 62, а–з).

По табл. 31 определяем возможности каждого способа нарезания, а по табл. 30 выбираем тип оборудования, на котором можно выполнить такую обработку с учетом объема выпуска. Так, для получения резьбы М21-8г (крепежной наружной резьбы треугольного профиля нормальной степени точности с основным отклонением по системе *g* (резьба для болта)) можно выбрать схему *б* для единичного и мелкосерийного производства для незакаленной поверхности или *з* – для закаленной (при наличии резьбошлифовального станка).

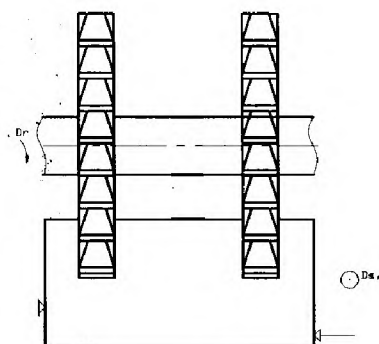


Рис. 66. Схема обработки ползуна

Пример 7

Дать оценку технологичности конструкции двух вариантов чугуна кронштейна (рис. 67).

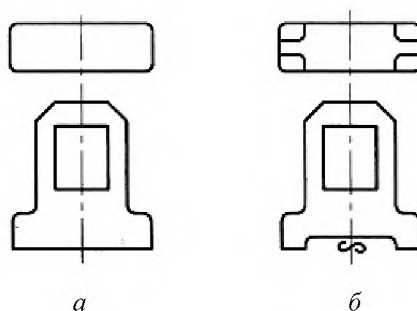


Рис. 67. Варианты изготовленных чугунных отливок детали «кронштейн»

Из эскиза видно, что согласно требованиям к технологичности конструкция *a* лучше, чем *б*, так как из-за большой площади опорной поверхности кронштейна его устойчивость не ухудшится, точностные параметры повысятся (в связи с уменьшением длины обработки), что обеспечит лучшее прилегание плоскости при сборке.

Пример 8

Оценить технологичность конструкции двух вариантов чугунного литого корпуса опоры. Механической обработке подвергается отверстие (рис. 68).

Анализируем форму и размеры отверстий в обоих вариантах отверстия сквозное: *a* – гладкое; *б* – ступенчатое.

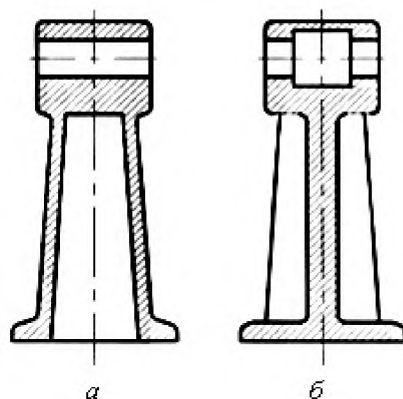
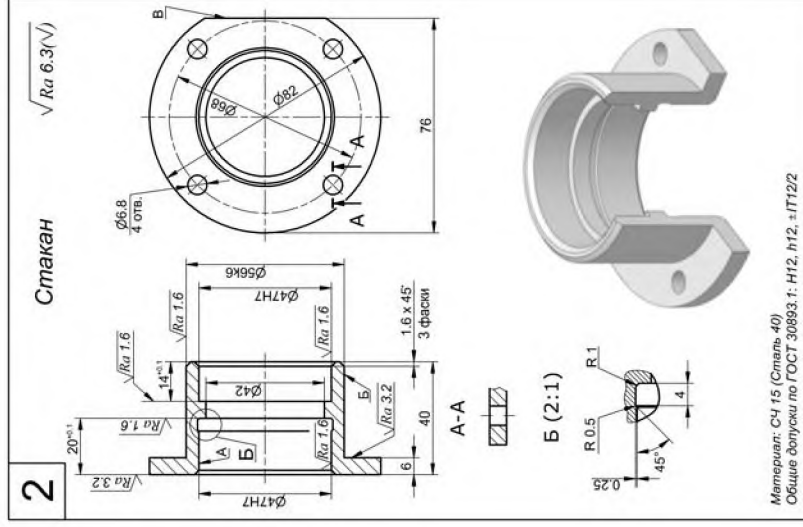
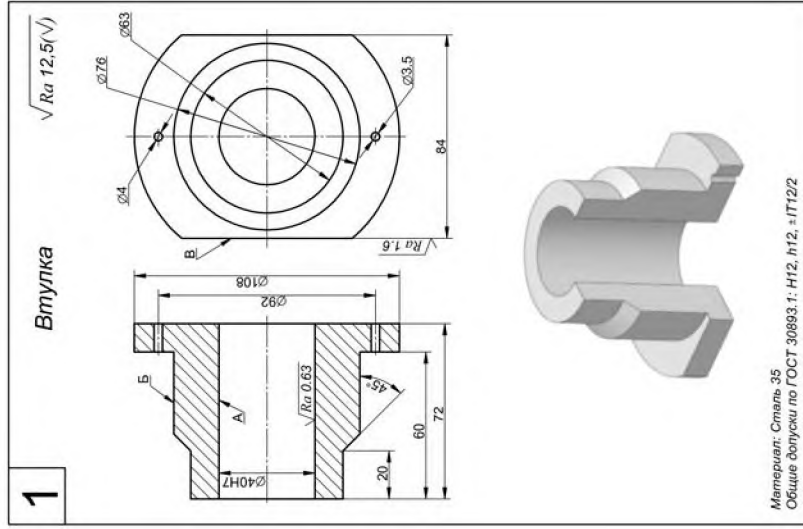


Рис. 68. Варианты изготовленных чугунных отливок детали «корпус опоры»

Сквозное гладкое отверстие имеет значительную длину, что усложняет механическую обработку. Сквозное ступенчатое отверстие имеет выемку, поэтому длина отверстия сокращается. Кроме того, это отверстие можно рассматривать как два соосных, что позволяет обрабатывать их одновременно на горизонтально-расточном станке. Конструкция опоры *б* является более технологичной.

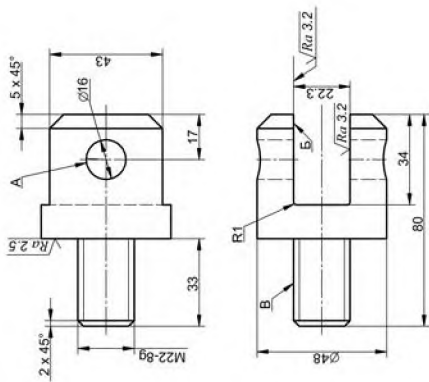
В случае обработки наружных поверхностей тел вращения и цилиндрических отверстий используют точение, сверление, зенкование и т. п. Вид обработки выбирают в соответствии с данными табл. 29–33.

5.7. Эскизы деталей для выполнения домашних заданий



3

Вилка шарнирная $\sqrt{Rz} 20(\checkmark)$

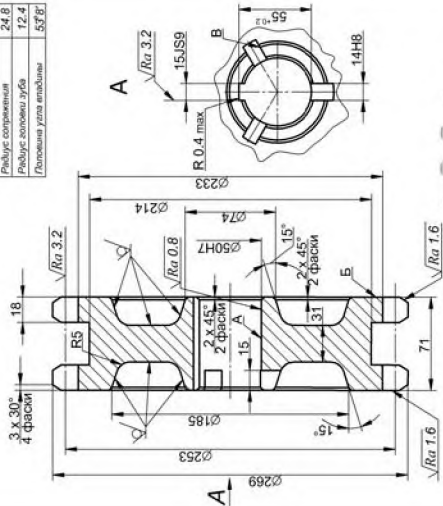


Материал: Сталь 40Х
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ±IT12/2

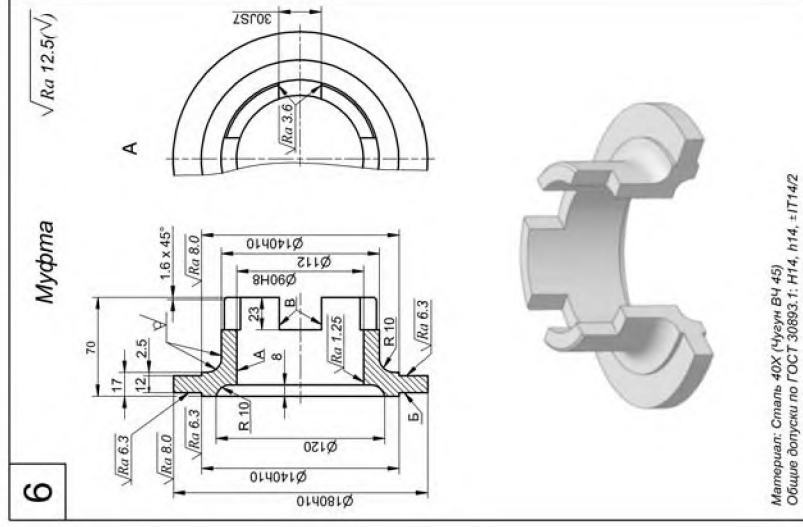
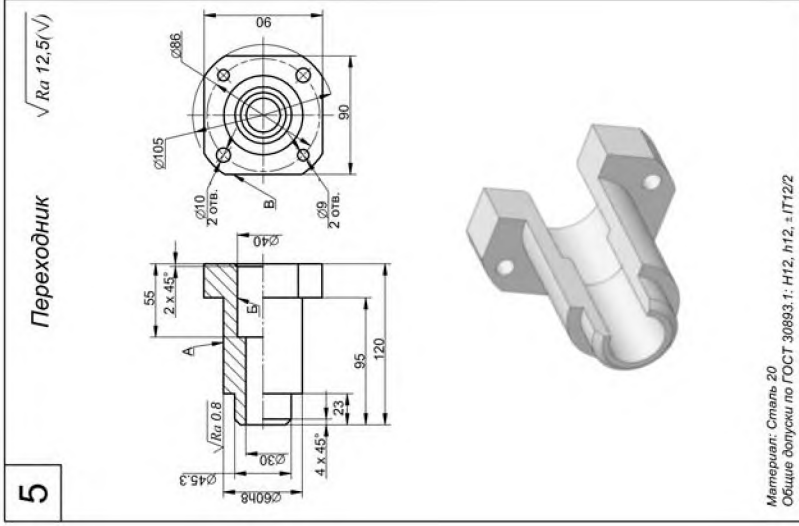
4

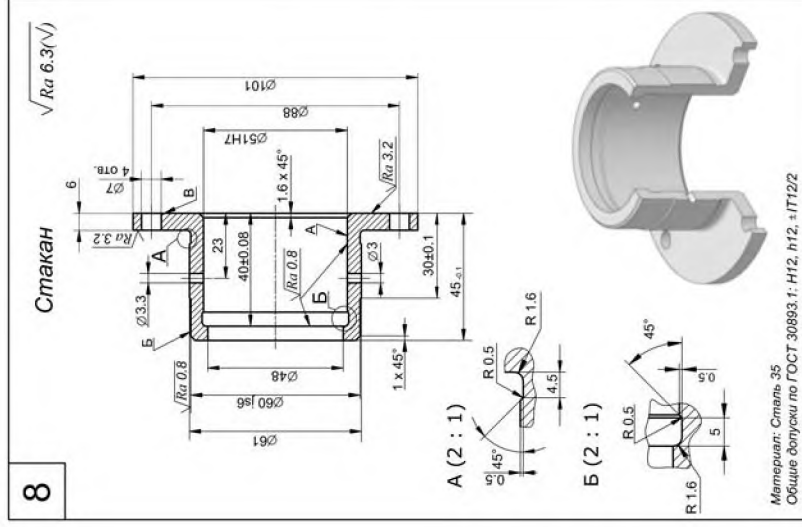
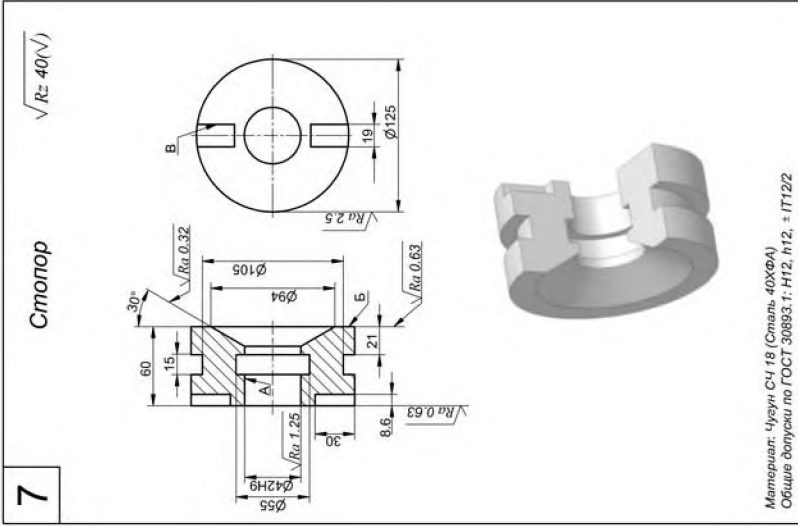
Звездочка двухрядная $\sqrt{Ra} 6.3(\checkmark)$

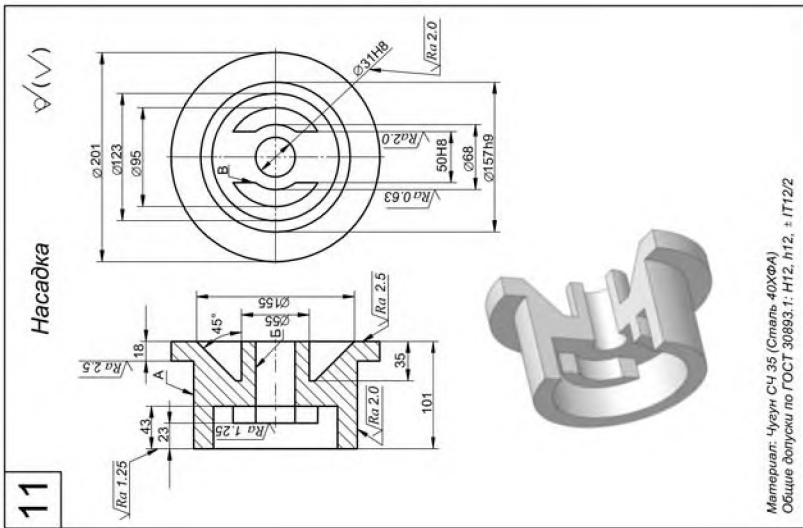
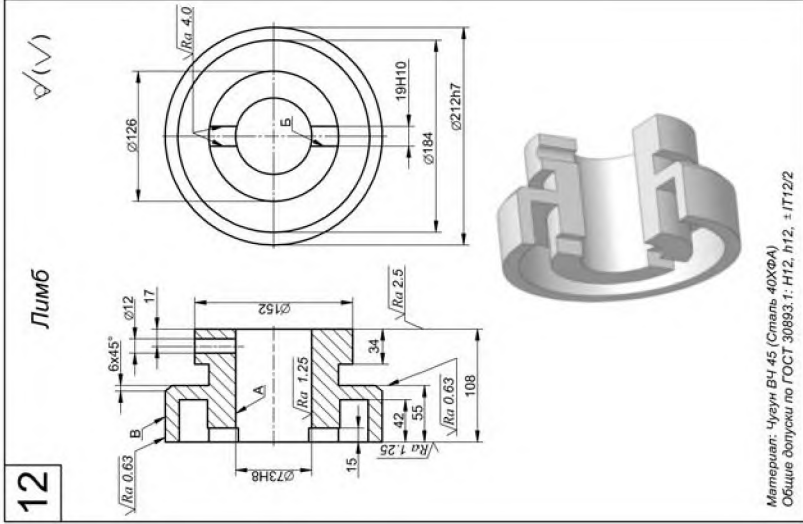
Число зубьев	25
Класс точности	2
Радиус впадины	9.6
Радиус сопряжения	24.8
Радиус головки зуба	12.4
Радиус впадины	12.4
Площадь угла впадины	53.6



Материал: Сталь 45
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: h14, ±IT14/2



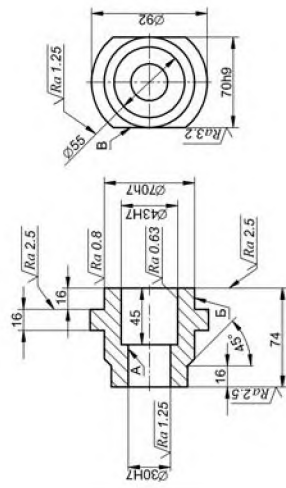




13

Втулка опорная

$\sqrt{Rz\ 80(\sqrt{\vee})}$

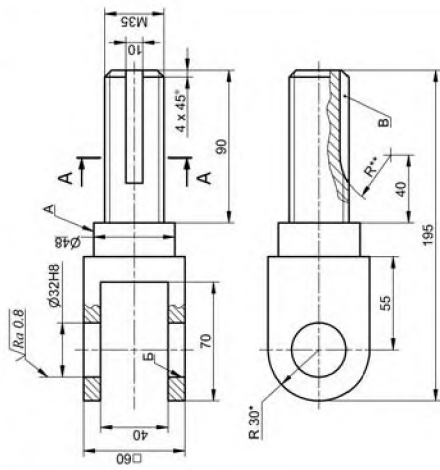


Материал: Чугун СЧ 18 (Сталь 20Х)
 Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ±IT12/2

14

Вилка

$\sqrt{Ra\ 12.5(\sqrt{\vee})}$



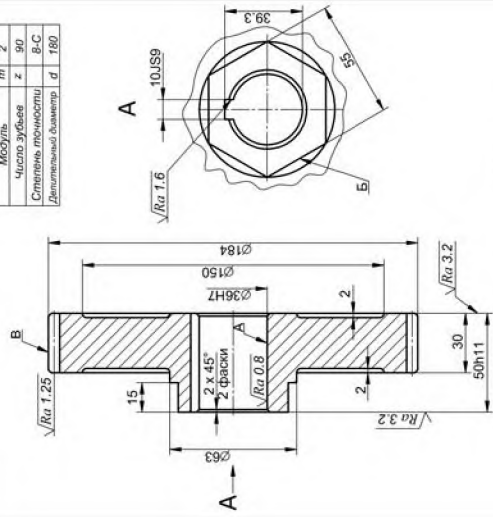
Материал: Сталь 45
 * Размер для справок
 ** Размер обеспечить инструментом
 Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ±IT12/2

15

Колесо зубчатое

$\sqrt{Ra\ 6.3}$

Модуль	m	z
Число зубьев	z	90
Степень точности	В-С	
Делительный диаметр	d	180

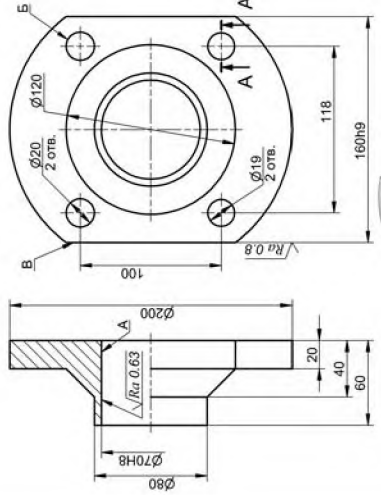


Материал: Сталь 40Х
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: Н14, h14, ±IT14/2

16

Фланец

$\sqrt{Ra\ 12.5}$

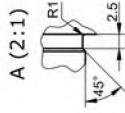
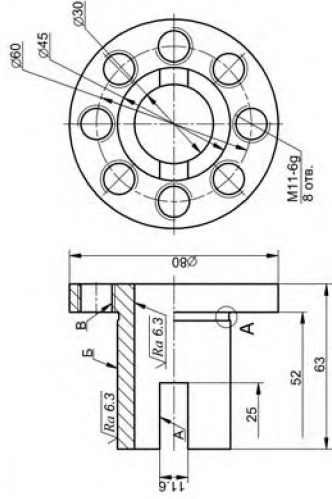


Материал: Сталь 12Х18Н10Т
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: Н12, h12, ±IT12/2

17

Втулка

$\sqrt{Ra\ 12.5(\checkmark)}$

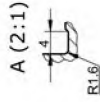
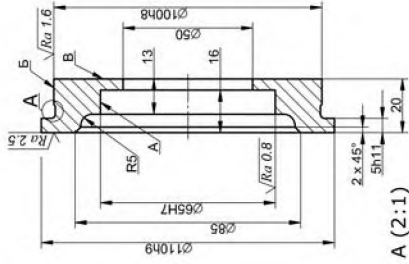


Материал: ПЦ40Мц3А
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ±IT12/2

18

Крышка подшипника

$\sqrt{Ra\ 6.3(\checkmark)}$

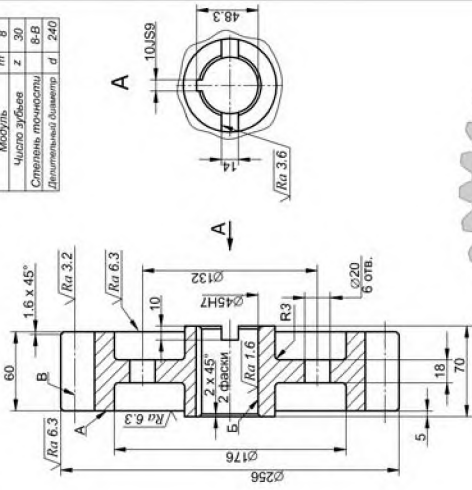


Материал: Сталь 15
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ±IT12/2

19

Колесо зубчатое $\sqrt{Ra 12,5(\nabla)}$

Модуль	m	в
Число зубьев	z	30
Степень точности	В-В	
Делительный диаметр	d	240

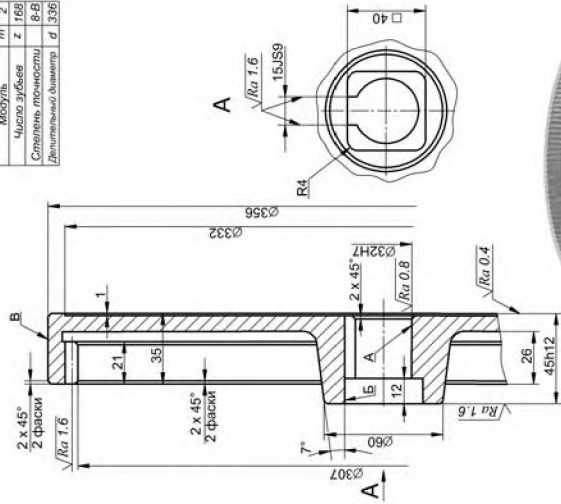


Материал: Сталь 45
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H14, h14, ±IT14/2

20

Колесо с внутренним зацеплением $\sqrt{Ra 6,3(\nabla)}$

Модуль	m	2
Число зубьев	z	166
Степень точности	В-В	
Делительный диаметр	d	336

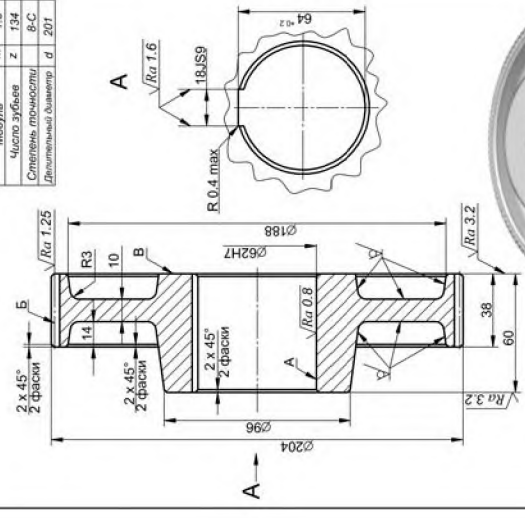


Материал: Сталь 40X
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H14, h14, ±IT14/2

21

Колесо зубчатое $\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{V})}$

Модуль	m	1.5
Число зубьев	z	134
Степень точности		8-C
Дополнительный диаметр	d	201

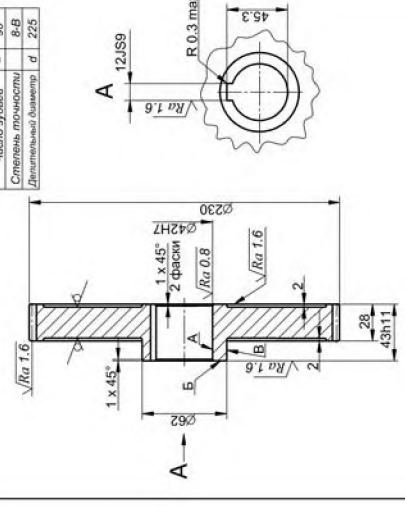


Материал: Сталь 40X
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H14, h14, -IT14/2

22

Колесо зубчатое $\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{V})}$

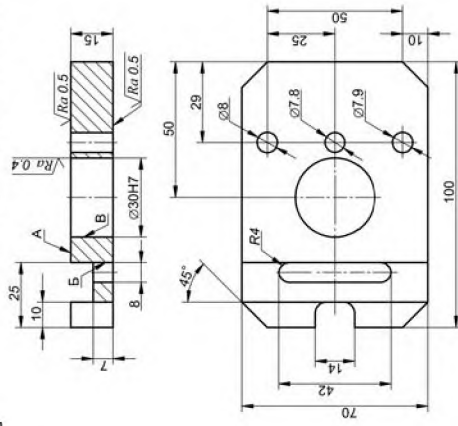
Модуль	m	2.5
Число зубьев	z	90
Степень точности		8-B
Дополнительный диаметр	d	225



Материал: Сталь 20X
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H14, h14, -IT14/2

23

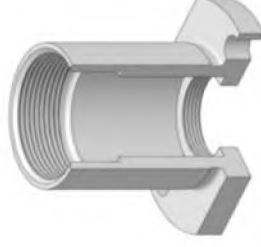
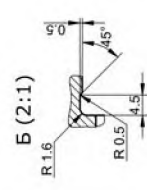
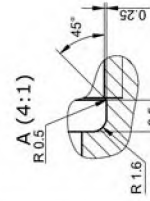
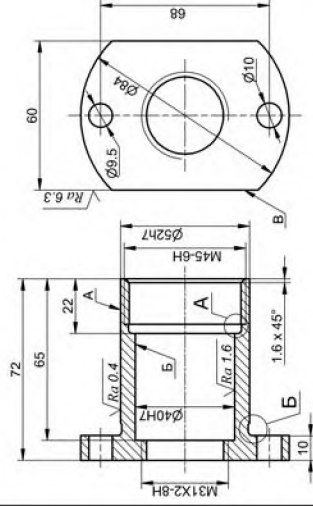
Плита кондукторная $\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{V})}$



Материал: Сталь 20
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ±IT12/2

24

Корпус $\sqrt{Ra\ 12.5(\sqrt{V})}$



Материал: Сталь 09Х16Н4Б
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ±IT12/2

6. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

6.1. Вопросы по разделам «Обработка давлением» и «Сварочное производство»

1. Сравните твердость в точках 1, 2, 3 стального стаканчика, вытянутого из листа при 20 °С (рис. 69).

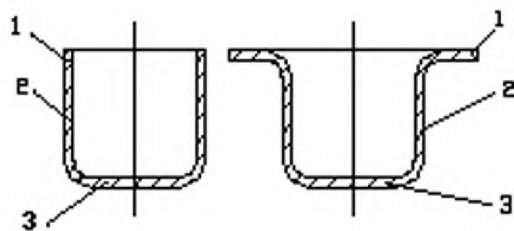


Рис. 69. К задаче 1

2. Сравните пластичность и твердость в точках 1, 2, 3 стального стаканчика, полученного двухпереходной вытяжкой из листа (рис. 70).

3. Сравните твердость в точке 1 у двух стаканов, полученных вытяжкой без принудительного утонения стенок из одного листа (рис. 71).

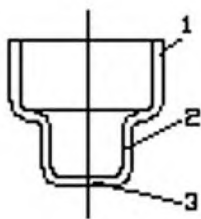


Рис. 70. К задаче 2

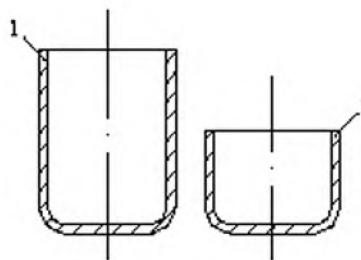


Рис. 71. К задаче 3

4. Сравните пластичность и твердость в точке 1, 2, 3 детали, полученной при 20 °С из стальной трубы обжимом и раздачей (рис. 72).

5. Сравните твердость в точке 1 у двух стаканов, полученных вытяжкой без принудительного утонения стенок из листа одной толщины (рис. 73).

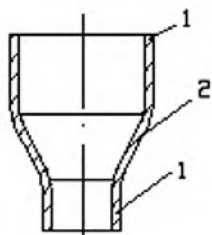


Рис. 72. К задаче 4

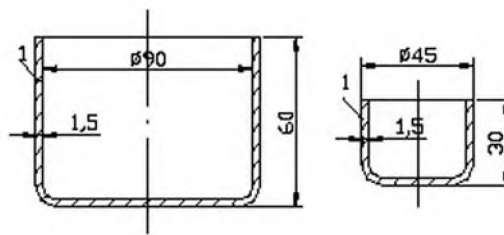


Рис. 73. К задаче 5

6. Укажите на деталях точку наиболее вероятного разрушения (1 или 2). Одна деталь получена вырубкой и гибкой, другая – отбортовкой (рис. 74).

7. Оцените вероятность полного заполнения разъемных штампов (рис. 75).

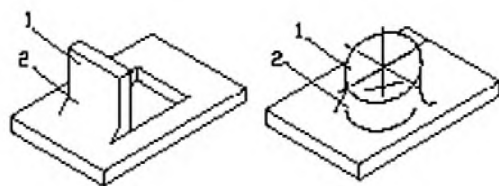


Рис. 74. К задаче 6

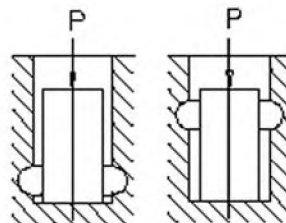


Рис. 75. К задаче 7

8. Сравните вероятность разрушения и место разрушения при прессовании профиля при наличии или отсутствии сил трения в матрице. Если затрудняетесь с ответом, сначала сравните положение двух точек в начале и конце прессования (рис. 76).

9. Сравните угол пружинения двух изогнутых при 20 °С стальных и свинцовых полос (рис. 77).

10. Изменится ли последовательность операций для изготовления детали, показанной на рис. 78, если критерием годности будет служить точность позиционирования отверстия к основанию или к ее верхней грани?

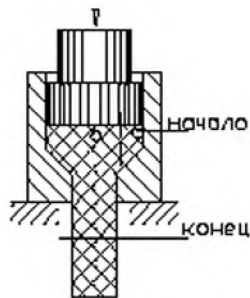


Рис. 76. К задаче 8

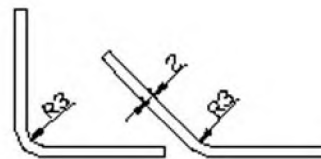


Рис. 77. К задаче 9

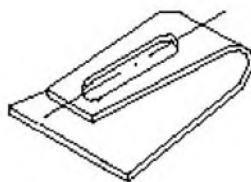


Рис. 78. К задаче 10

11. Сравните пластичность заготовок из одинаковых материалов при прессовании и волочении; при прессовании и прокатке; при прессовании и штамповке выдавливанием.

12. Сравните точности круглых профилей по сечению, полученных прокаткой и волочением; волочением и прессованием.

13. Можно ли открытой объемной штамповкой из заготовки, равной по объему полости штампа, получить годную поковку?

14. Изобразите схему процесса изготовления стальной проволоки диаметром 0,5 мм. Укажите название инструмента и эпюру напряженного состояния в изделии при изготовлении.

15. Имеется цилиндрическая заготовка высотой 100 мм из углеродистой стали с показателем пластичности $\epsilon_{\max} = 0,32$ при комнатной температуре. Предложите принципиальную схему технологического процесса изготовления поковки в виде диска высотой 25 мм с использованием холодной пластической деформации и последующей термической обработки.

16. Почему стальные толстостенные сварные заготовки перед механической обработкой, как правило, подвергаются термической обработке? Какие проблемы могут возникнуть при механической обработке сварной заготовки вала турбины диаметром 300 мм из высокоуглеродистой стали, если не применять термическую обработку после сварки плавлением?

17. Объясните, как изменится себестоимость зубчатого колеса, если конструктор уменьшит допуск на размеры ее заготовки. Ка-

кие методы и способы обеспечивают получение точных стальных заготовок зубчатых колес?

18. Выберите способ сварки и тип сварного соединения двух полусфер шарового газового баллона высокого давления из стали 12Х18Н10Т диаметром 400 мм с толщиной стенки 5 мм. Изобразите эскиз сварной заготовки шарового баллона.

19. Выберите способ сварки и тип сварного соединения половин бензобака легкового автомобиля из низкоуглеродистой стали с толщиной стенки 2 мм. Изобразите схему процесса.

20. Сравните степени пластических деформаций на стакане, полученном вытяжкой без принудительного утонения стенки из листа при 20 °С, на краю стакана и около доньшка. Объясните, почему разрушение заготовок при $K > K_{\max}$ происходит около доньшка.

6.2. Вопросы по разделу «Литейное производство»

1. Какие факторы влияют на качество получаемой отливки?
2. Укажите технологические возможности способов получения отливок в одноразовых и многократно используемых формах.
3. Какие факторы влияют на выбор рационального способа изготовления отливки?
4. Какие литейные свойства сплавов влияют на качество получаемой отливки? Что такое усадка и жидкотекучесть?
5. В чем заключается технология получения отливок из серого и высокопрочного чугунов? Укажите технологические особенности получения отливок из высокопрочного чугуна.
6. Укажите технологические особенности получения стальных отливок.
7. Укажите технологические особенности получения отливок из алюминиевых и магниевых сплавов.
8. Укажите технологические особенности получения отливок из медных сплавов.
9. Перечислите основные требования по технологичности конструкций литых деталей.
10. Сформулируйте общие правила конструирования литых деталей, назовите конструкторские и технологические мероприятия для уменьшения массы отливок.

6.3. Вопросы по разделу «Механическая обработка заготовок деталей машин»

1. По каким исходным данным осуществляется выбор технологических видов обработки поверхностей?

2. Какие поверхности обрабатывают точением на токарно-винторезном станке с использованием продольной подачи режущего инструмента?

3. Какие инструменты применяют для обработки поверхностей на токарно-винторезном станке с использованием поперечной подачи?

4. На каких токарных станках возможна многоинструментальная обработка в условиях серийного производства?

5. Какие виды работ применяют для обработки отверстия на вертикально-сверлильном станке с высокими требованиями точности и малой шероховатости?

6. Какие режущие инструменты применяют для обработки отверстий на горизонтально-расточном станке?

7. Какие типы фрез применяют для обработки вертикальных плоскостей на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках?

8. Какие поверхности можно фрезеровать концевыми фрезами на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках?

9. Какие способы применяют при шлифовании цилиндрических поверхностей на круглошлифовальном станке?

10. Какие поверхности шлифуют на плоскошлифовальном станке?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология конструкционных материалов: Учеб. для студентов машиностроительных специальностей вузов / Под ред. А.М. Дальского. М.: Машиностроение, 2005. 512 с.
2. *Кременский И.Г., Легчилин А.И., Стратьев В.К.* Штамповарные тонкостенные оболочки. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 44 с.
3. *Кременский И.Г.* Детали из штампованных поковок. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. 64 с.
4. *Винокуров В.Д., Легчилин А.И., Козлов А.В.* Детали из чугуновых отливок. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. 56 с.
5. Технология изготовления отливок: Учеб. пособие / Под ред. А.Ф. Вязова. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. 68 с.
6. *Барсукова Т.М., Шачнева И.Б., Яковлев А.И.* Сборник задач и примеров решения по дисциплине ТКМ. Раздел «Обработка резанием». М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. 75 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
1. Штампованные поковки	4
1.1. Методика решения технологической задачи	4
1.2. Примеры решения технологической задачи	11
1.3. Эскизы деталей для выполнения домашних заданий	45
2. Штампованные тонкостенные оболочки	58
2.1. Методика решения технологической задачи	58
2.2. Примеры решения технологической задачи	64
2.3. Эскизы деталей для выполнения домашних заданий	80
3. Отливки из чугуна	93
3.1. Методика решения технологической задачи	93
3.2. Примеры решения технологической задачи	95
3.3. Эскизы деталей для выполнения домашних заданий	106
4. Выбор вида заготовки для механической обработки детали	119
4.1. Общие сведения о заготовках	119
4.2. Правила выбора исходной заготовки	120
4.3. Примеры решения технологической задачи	123
5. Механическая обработка типовых поверхностей заготовок резанием	134
5.1. Обработка поверхности тела вращения	140
5.2. Обработка отверстий	140
5.3. Обработка плоскостей и пазов	141
5.4. Обработка резьбовых поверхностей	141
5.5. Технологичность конструкции детали	143
5.6. Примеры решения технологической задачи	144
5.7. Эскизы деталей для выполнения домашних заданий	151
6. Вопросы для самопроверки	164
6.1. Вопросы по разделам «Обработка давлением» и «Сварочное производство»	164
6.2. Вопросы по разделу «Литейное производство»	167
6.3. Вопросы по разделу «Механическая обработка заготовок деталей машин»	167
Список рекомендуемой литературы	169

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ



КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Р.С. ДАВЛЕТБАЕВ

Технология конструкционных материалов

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Казань 2023