

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический  
университет»

Кафедра автоматизированного оборудования  
машиностроительного производства

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению лабораторных работ  
по дисциплине «Малоотходные технологии получения  
заготовок» для студентов направления подготовки  
бакалавров 150700.62 «Машиностроение» (профиль  
«Технологии, оборудование и автоматизация  
машиностроительных производств»)  
всех форм обучения

Часть 2

Воронеж 2015

Составитель ст. преп. Ю.Э. Симонова

УДК 658 012

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Малоотходные технологии получения заготовок» для студентов направления подготовки бакалавров 150700.62 «Машиностроение» (профиль «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств») всех форм обучения. Ч. 2. / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. Ю.Э. Симонова. Воронеж, 2015. 49 с.

В методических указаниях изложены требования и общие вопросы по выполнению лабораторных работ, приведены теоретические сведения, полезные не только для выполнения лабораторных работ, но и при подготовке к сдаче зачетов и экзаменов. Выполнение лабораторных работ дает возможность получения навыков при выборе оптимального метода получения заготовок и проектировании заготовок для машиностроительного производства, с использованием государственных стандартов, учебной и справочной литературы.

Предназначены для студентов 3-4 курсов.

Методические указания подготовлены в электронном виде в текстовом редакторе MS WORD 97 и содержатся в файле лрмпз2.doc.

Табл. 11. Ил. 21. Библиогр.: 2 назв.

Рецензент канд. техн. наук, доц. В.И. Корнеев

Ответственный за выпуск зав. кафедрой профессор  
С.В. Сафонов

Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

© ФГБОУ ВПО «Воронежский  
государственный технический  
университет», 2015

## **Лабораторная работа № 5**

### **Разработка конструкции поковки для деталей типа «Рычаг»**

Цель работы - освоение проектирования заготовок, навыков оценки их качества.

Основные положения

Проектирование чертежа штампованной заготовки

Чертеж штампованной заготовки (поковки) разрабатывается на основании чертежа готовой детали. При этом выполняется следующее: выбирается форма поковки; устанавливается положение линии разреза штампа; назначаются припуски на обрабатываемые резанием поверхности и допуски на размеры, относящиеся к этим поверхностям; определяются штамповочные уклоны; выбираются радиусы закруглений; определяются форма и размеры наметок отверстий и перемычки под их прошивку; оформляется чертеж заготовки в соответствии с требованиями ГОСТ 7505-89 и с указанием технических требований на изготовление поковки.

Выбор формы поковки

При выборе формы поковки следует учитывать следующие рекомендации:

1. Выполнение сквозных отверстий или углублений в поковках, изготавливаемых на прессах, обязательно в тех случаях, когда оси отверстий или углублений совпадают с направлением движения ползуна пресса, а размеры или диаметры отверстий и углублений больше или равны высоте поковок, но не менее 30 мм. Углубления делаются общей глубиной не более 0,85 их диаметра. Для заготовок, штампуемых на ГКМ, длина прошиваемых отверстий не должна превышать трех их диаметров.

2. Если перепад диаметров готовой детали превышает 5-7 мм, а высота ступени больше 10 мм, то заготовки, масса которых находится в пределах 5-25 кг, целесообразно выполнять ступенчатыми.

3. Форма поковки зависит также от метода штамповки (в открытых или закрытых штампах, на молотах и прессах или на ГKM).

Выбор поверхности разъема штампов

При установлении поверхности разъема штампов руководствуются следующими правилами в соответствии с табл. 1.

1. Плоскость разъема должна гарантировать выемку детали из верхней и нижней частей штампа.

2. Глубина выемок должна быть по возможности меньше. Это правило может быть сформулировано еще, таким образом, линия разъема должна, по возможности, совпадать с плоскостью двух наибольших взаимно перпендикулярных размеров поковки. Однако от этого правила следует отступать, если при ином разъеме достигается значительное уменьшение массы поковки (например, за счет получения в поковке углублений или отверстий), экономия на отходах (за счет уменьшения периметра поковки по линии среза заусенца). Ручей в верхней половине штампа обычно заполняется легче, поэтому наиболее трудноформируемые части поковки следует располагать в верхней половине штампа. Контур поковки в верхней и нижней половине штампа по плоскости разъема должен быть одинаков.

Если у поковки, имеющей форму тела вращения, длина меньше трех диаметров, ее удобнее и проще штамповать в торец и в нижней половине штампа допустить глубокую выемку. При длине детали больше трех диаметров плоскость разъема следует намечать по продольной оси детали.

3. Плоскость разъема не должна совпадать с верхней плоскостью детали, в противном случае невозможно контролировать взаимное смещение частей штампа.

4. Концы детали должны находиться на одной высоте, иначе при штамповке деталь будет сдвигаться. В этом случае желательно сдваивать поковки.

5. Линия разъема, по возможности, должна быть прямой.

6. Плоскость разъема не должна пересекать волокна, что

весьма существенно для малопластичных сплавов.

Таблица 1

Выбор линий разреза штампов

Неправильно	Правильно	Номера пунктов правил	Неправильно	Правильно	Номера пунктов правил
		1			3
		2			4
 D менее 3D	 D до 3D	2			4 и 5
 до 3D D	 до 3D D	2			6

Назначение допусков и припусков на обрабатываемые поверхности

Величины и правила назначения припусков, допусков и кузнечных напусков при штамповке стальных поковок регламентируются ГОСТ 7505-89.

Стандарт предусматривает разделение стальных поковок по точности изготовления на 5 классов. Класс точности изготовления поковок следует установить в зависимости от предъявляемых требований к точности размеров поковок, а также применяемого деформирующего оборудования. При этом допускаются различные классы точности для разных размеров одной и той же поковки. Класс точности должен указываться в технических требованиях на чертеже поковки.

Стандарт предусматривает также классификацию поковок: а) по группам стали (группа М - углеродистые и легированные стали с содержанием до 0,45 % С и до 0,2 % легирующих элементов; М2 - легированные стали, кроме указанных выше); б) по степени сложности поковок (четыре степени сложности С1-С4) и в) по конфигурации поверхности разреза штампа (плоская и изогнутая).

Штамповка на КГШП в закрытых ручьях обеспечивает более высокую точность, чем в открытых. При массовом выпуске ответственных деталей при использовании закрытых штампов обеспечивается повышенная точность изготовления поковок (классы Т2, Т3).

Если по условиям производства нет необходимости в такой точности, могут быть приняты Т4-Т5 классы точности. Однако при этом допуски на вертикальные размеры поковки можно принимать в пределах 0,5-0,7 от соответствующих допусков, предусматриваемых ГОСТ 7505-89.

Допуски на горизонтальные размеры можно оставить без изменения по сравнению со значениями, рекомендуемыми ГОСТ 7505-89.

ГОСТ 7505-89 указывает также величину наибольших припусков на последующую механическую обработку поковки в зависимости от перечисленных выше факторов, а также от размеров поковки и требуемой шероховатости поверхности.

Практически величина припуска П составляет 0,5-6 мм и ориентировочно может быть определена по эмпирической формуле

$$П = 0,4 + 0,015h + 0,0015l,$$

где h и l - наибольшие размеры поковки по высоте и в плоскости разъема, мм.

Величины припусков, установленные ГОСТ 7505-89, следует назначать на сторону, на номинальные размеры детали. Повышенный припуск бывает необходим в соответствующих местах у поковок, претерпевающих значительное коробление при термообработке, а также со стороны мест неизбежного скопления окалины в окончательном ручье и т. д. Уменьшенный против нормального припуск следует назначать на базовые поверхности 1-й операции обработки резанием, поскольку эти поверхности строго координируются относительно обработанных поверхностей. При изготовлении поковок из заготовок, подвергающихся пламенному нагреву, допускается увеличение припуска на обработку на сторону для поковок массой до 2,5 кг - до 0,5мм, для поковок массой свыше 2,5 до

6,0 кг - до 0,8 мм, для поковок свыше 6,0 кг - до 1,0 мм.

Поскольку при штамповке на КГШП в закрытых штампах смещение штампов практически отсутствует, на величину смещения матриц необходимо уменьшить припуски на соответствующие поверхности. Величины смещения для различных классов точности и массы поковок приведены в ГОСТ 7505-89.

#### Штамповочные уклоны

Уклоны в штампованной поковке назначаются для облегчения удаления поковки из штампа. Это достигается за счет снижения вертикального усилия, необходимого для преодоления сил трения и уменьшения пути, на котором эти силы преодолеваются.

Штамповочные уклоны устанавливаются при штамповке на молотах и прессах на всех вертикальных поверхностях поковок, а при изготовлении последних на ГКМ - на всех поверхностях выступов углублений и сквозных отверстий, выполняемых пуансонами. При штамповке ступенчатых поковок на ГКМ уклоны назначаются так же на всех замкнутых штампом поверхностях, располагающихся перпендикулярно к движению высадочного пуансона.

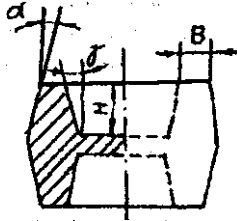
Величина штамповочных уклонов определяется в  $7^\circ$  для внешних и  $10^\circ$  для внутренних поверхностей при штамповке на молота и соответственно  $5$  и  $7^\circ$  при штамповке на прессах с выталкивателем и ГКМ. При изготовлении поковок с впадинами или сквозными отверстиями на горизонтально-ковочных машинах уклоны на поверхностях впадин или отверстий не должны превышать  $3^\circ$ . При штамповке в закрытых штампах на прессах величина штамповочных уклонов принимается в пределах  $1^\circ 30' - 1^\circ$ , а при использовании ГКМ -  $1^\circ - 0^\circ 30'$ . Внутренние уклоны при пустотелых штамповках принимаются несколько больше  $1 - 3^\circ$ .

Если по конструктивным соображениям уклоны желательны, их рекомендуется делать максимально возможными или по ГОСТ 7505-89. Если же они не желательны, то можно назначить их максимальными по табл. 2.

Таблица 2

Штамповочные уклоны в градусах в зависимости от отношения высоты ребра к его ширине.

Штампы с выталкивателями



Допустимо			Рекомендуется		
Н:В	$\alpha^\circ$	$\gamma^\circ$	Н:В	$\alpha^\circ$	$\gamma^\circ$
До 2	1°	1,5°	До 1	1°	1,5°
4	2°	3°	3	2°	3°
6	3°	5°	4	3°	5°

### Радиусы и закругления

Радиусы закруглений бывают наружные R, образующиеся при заполнении металлом углов в углублениях штампов, и внутренние r, образуемые пуансонами и выступами штампов при вдавливании их в металл. Чем больше радиусы закруглений в углах штампов и на соответствующих поверхностях поковок, тем выше стойкость штампов (т. к. ниже концентрация напряжений в углах штампов при их работе) и меньше необходимое усилие штамповки (т. к. металл легче вдавить в углы штампов с большими радиусами). Наименьшие радиусы закруглений внешних углов поковок приведены в табл. 23. Практически достаточно, чтобы значения этих радиусов были на 0,5-1 мм больше величины нормального припуска на механическую обработку этой поковки, независимо от того, к каким сопрягаемым поверхностям относятся эти радиусы - к подвергаемым или не подвергаемым механической обработке.

Внутренние радиусы закруглений на поковках должны быть примерно в 3-4 раза больше принятых для данной поковки наружных радиусов закруглений. Если при этом радиус по-



лучается меньше разности значений внутреннего радиуса закругления у обработанной детали и назначенного припуска, то необходимо его увеличить до значения, равного указанной разности.

Необходимо стремиться к унификации радиусов закругления в каждой поковке.

Наименьшие технологические радиусы скругления при штамповке в открытых штампах приведены в табл. 4. При штамповке из малопластичных сплавов указанные значения радиусов увеличиваются в 1,5 раза.

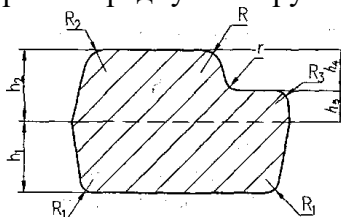
Таблица 3

Наименьшие радиусы закруглений внешних углов поковок по ГОСТ 7505-89

Масса поковки, кг	Наименьшие радиусы закруглений R, мм, при глубине полости ручья штампа, мм			
	До 10	Св. 10 до 25	Св. 25 до 50	Св. 50
До 1,0	1	1,5	2	3
Св. 1,0 до 6	1,5	2	2,5	3,5
Св. 6 до 16	2	2,5	3	4
Св. 16 до 40	2,5	3	4	5
Св. 40 до 100	3	4	5	7
Св. 100	4	5	6	8

Таблица 4

Внутренние радиусы закруглений r



Высота ребра h, мм	Радиус r, мм	Высота ребра h, мм	Радиус r, мм
До 5	3	От 25 до 35	8
От 5 до 10	4	От 35 до 50	10
От 10 до 16	5	От 50 до 70	12,5
От 16 до 25	6	От 70 до 100	15

## Наметки и перемычки под прошивку отверстий

После штамповки на молотах и прессах в заготовках часто прошиваются сквозные отверстия диаметром 30 и более миллиметров. Для этой цели в деталях типа тел вращения по центру образуется наметка с одной или двух сторон. Между верхней и нижней наметками располагается перемычка (пленка). Формы наметок и перемычек зависят от размеров конструктивных элементов заготовок. На рис. 1 показаны наиболее часто применяемые формы наметок и перемычек.

Оформление наметок и перемычек на чертеже заготовки начинается с расчета диаметра прошивки отверстия  $d$ :

$$d = d_g - 2z_{\text{ном}} - 2r - h_2 \operatorname{tg} \gamma,$$

где  $d_g$  - диаметр отверстия готовой детали;

$2z_{\text{ном}}$  - номинальный припуск на сторону отверстия;

$r$  - внутренний радиус наметки по табл. 4.

Затем определяется диаметр наметки в плоскости разреза штампа  $d_0$ :

$$d_0 = d + 2r.$$

Наибольший диаметр наметки  $D$  определяется по формуле

$$D = d_0 + h_2 \operatorname{tg} \gamma,$$

где  $h$  — высота (глубина) наметки;

$\gamma$  - угол внутреннего штамповочного уклона  $7 - 10^\circ$ .

Толщина перемычки  $S$  принимается  $0,1D$ , но не менее 4 мм.

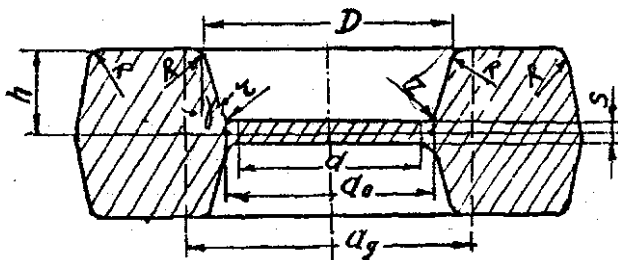


Рис. 1. Форма наметок и перемычки на прошивку

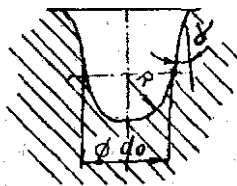


Рис. 2. Глухая наметка

Если отношение  $2h / D > 1,7$  (или углубление наметки требуется более  $0,8SD$ ), то, прошивка отверстия не выполняется. В этом случае ограничиваются односторонней или двухсторонней наметкой (см. рис. 2, на котором показана глухая наметка без последующей прошивки отверстия). Если глубина глухой наметки не ограничена глубиной выемки у готовой детали, то рекомендуется дать полное закругление вершины полости (рис. 2) одним радиусом. В частности, при  $\gamma = 10^\circ$  и полном закруглении вершины наметки

$$R = 0,595d_0.$$

Оформление чертежа поковки

Чертеж поковки разрабатывают на основе чистового чертежа детали. Готовую деталь на чертеже поковки показывают штрихпунктирной линией, давая лишь необходимые контуры детали, наглядно показывающие наличие припуска на обработку.

На чертеже поковки не следует указывать размеров напуска и размеров, определяющих положение линии разъема на поковке, а также не следует проставлять размеры от линии разъема. Все размеры на чертеже поковки проставляются с допусками, что необходимо для контроля поковок.

На чертеже поковки наносятся технические требования в порядке, оговоренном ГОСТ 2.316-68. Состав технических требований на поковке регламентирован ГОСТ 8479-70.

Технические требования содержат обычно следующую информацию, расположенную в указанной последовательности: термообработка и твердость поковок; класс точности изготовления, степень сложности поковки; допускаемая величина заусенца и смещения штампов; точность неоговариваемых

размеров поковки; допуски по несоосности прошиваемых в поковках наметок к внешним контурам поковки; допускаемые отклонения по изогнутости, неплоскостности и непрямолинейности (для плоских поверхностей), а также радиальному биению (для цилиндрических поверхностей); не обозначенные на чертеже радиусы закруглений и штамповочные уклоны; допуски на радиусы закруглений; глубина внешних дефектов и другие требования к качеству поверхности, условия и методы испытаний (места отпечатка при испытании твердости, места образцов, вырезаемых для механических испытаний и др.); указания о маркировании и клеймении; ссылки на другие документы, содержащие технические требования, распространяющиеся на данное изделие, но не приведенные на чертеже.

Место отпечатка твердости следует указать на плоской поверхности, лучше на необрабатываемой, учитывая также удобства укладки поковки на стол пресса для испытания твердости. Место клеймения предпочтительно указать на необработанной поверхности, в противном случае надо учесть последовательность дальнейшей механической обработки с тем, чтобы снятие клейменной поверхности производилось после перенесения клейма на ранее обработанную поверхность.

Пример оформления чертежа поковки см. на рис. 3.

#### Анализ качества поковок

К технологическим погрешностям при штамповке относятся: неточность диаметральных и продольных размеров, сдвиг по разъему, несоосность прошиваемых в поковках отверстий к внешним контурам, непараллельность торцовых поверхностей, изогнутость, остатки заусенца. Эти погрешности определяются путем измерения заготовок.

Кроме того, такие виды погрешностей, как забоины, недоштамповка, незаполнение формы, заштамповка окалины, устанавливаются внешним осмотром (визуально).

Для измерения диаметральных и продольных размеров величины сдвига (смещения) следует использовать штангенциркуль с ценой деления 0,05 мм. Остатки заусенца измеряют штангенциркулем, с ценой деления 0,1 мм, используя его как

глубиномер.

Изогнутость поковок типа «стержень» определяется в призме, с помощью индикатора часового типа, закрепленного в стойке, аналогично проверке биения.

Непараллельность торцов заготовки проверяется с помощью индикатора часового типа, закрепленного в стойке. Деталь при этом располагается на плите.

Несоосность прошитого в поковке отверстия к внешнему контуру можно определить как половину максимальной разности толщины стенок полого цилиндра, измеренных в четырех равнорасположенных по окружности точках.

Результаты измерений и внешнего осмотра заготовки необходимо сопоставить с требованиями, изложенными в чертеже анализируемой заготовки, и сделать соответствующие выводы.

В выводах нужно дать заключение о годности заготовки для получения из нее детали заданного качества.

Порядок выполнения работы

1. Изучить чертеж детали, выданной для проектирования заготовки.
2. Выбрать метод штамповки.
3. Выбрать форму заготовки, назначить плоскость разреза, уклоны, радиусы скруглений, припуски и допуски на обрабатываемые поверхности.
4. Выполнить чертеж (эскиз) заготовки (поковки).
5. Изучить чертеж заготовки, выданный для анализа ее качества.

Размеры поковки и их допускаемые отклонения

1. Размеры поковки, мм:  
диаметр  $127,8+(1,6+0,3) \times 2=131,6$  принимается 132;  
диаметр  $36-(1,4+0,3) \times 2=32,6$  принимается 32;  
толщина  $39+(1,5+0,3) \times 2=42,6$  принимается 42,5;  
толщина  $28+(1,5+0,3) \times 2=31,6$  принимается 31,5.
2. Радиус закругления наружных углов - 2,0 мм (минимальный) принимается 3,0 мм (см. табл. 23).
3. Допускаемые отклонения размеров (см. табл. 8

ГОСТ7505-89), мм:

4. Неуказанные предельные отклонения размеров (например, диаметр  $(86,5 \pm 1,1)$  мм) - по п. 5.5 ГОСТ 7505-89.

5. Неуказанные допуски радиусов закругления - по п. 5.23 ГОСТ 7505-89.

6. Допускаемая величина остаточного обля  $0,7$  мм - по п. 5.8 ГОСТ 7505-89.

7. Допускаемое отклонение от плоскостности  $0,6$  мм - по п. 5.16 ГОСТ 7505-89.

8. Допускаемое отклонение от концентричности пробитого отверстия относительно внешнего контура поковки  $0,8$  мм (см. табл. 12 ГОСТ 7505-89).

9. Допускаемое смещение по поверхности разъема штампа  $0,6$  мм (см. табл. 9 ГОСТ 7505-89).

10. Допустимая величина высоты заусенца  $3,0$  мм по п. 5.10 ГОСТ 7505-89.

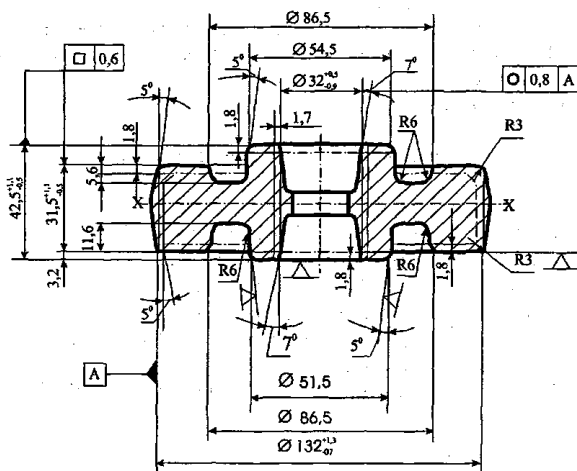


Рис. 3. Пример оформления поковки по ГОСТ 7505-89

#### Содержание отчета

1. Название работы, основные положения и расчеты по выбору конструктивных элементов поковки.

2. Эскиз (чертеж) поковки с указанием технических тре-

бований.

### 3. Результаты анализа качества заготовки и выводы.

## Лабораторная работа № 6 Разработка конструкции поковки для деталей типа «Основание»

Цель работы - приобретение и закрепление навыков технико-экономического обоснования выбора вида заготовки, которая может быть получена штамповкой на молоте, прессе, ГKM с помощью специальных процессов или из проката.

Основные положения

Область применения и особенности различных методов горячей штамповки

Краткая характеристика основных способов горячей штамповки приведена в табл. 5. Горячая штамповка выполняется на молотах и прессах в открытых и закрытых штампах выдавливанием, гибкой с последующими чеканкой, радиальным обжатием, раскаткой, высадкой, накаткой зубьев, поперечной прокаткой и некоторыми другими процессами.

Таблица 5

Характеристика методов горячей штамповки

Метод получения заготовок	Характеристика получаемых заготовок	Припуски и допуски	Преимущественно используемое оборудование
1	2	3	4
Штамповка в открытых штампах	Масса заготовок до 3т (в основном 50-100 кг), сложной формы. Углубления или отверстия в боковых стенках поковки невозможны	Припуски и допуски по ГОСТ 7505-89. Припуски на сторону для поковок, изготавливаемых на молотах, массой до 40 кг с размерами до 8000 мм от 0,6-1,2 до 3,0-6,4 мм	Кривошипные горячештамповочные прессы усилием 6,3-100 МН; штамповочные молоты с массой падающих частей; паровоздушные двойного действия - 0,5-35 т, гидравлические - до 2,5 т; с двусторонним ударом паровоздушные и гидравлические - до 60 т
Штамповка в закрытых штампах	Масса заготовок до 50-100 кг простой формы, преимущественно в виде тел вращения	Поле допусков соответственно от 0,7-3,4 до 1,6-11 мм. Для штампованных заготовок, изготавливаемых на кривошипных прессах, припуски на 0,1-0,6 мм меньше	Простого действия, паровоздушные, цепные - соответственно до 10; 5 и 8 т; винтовые фрикционные прессы усилием 0,4-60 МН; гидравлические штамповочные прессы усилием до 700 МН

1	2	3	4
Штамповка в закрытых штампах	Применяется для сокращения расхода металла и для сталей и сплавов с пониженной пластичностью	Допуски на вертикальные размеры поковки при штамповке в закрытом штампе составляют 0,5-0,7 от соответствующих допусков при штамповке в открытом штампе. Шероховатость поверхности Ra=80-40 мкм	
Штамповка на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ)	Масса до 100 кг, в виде стержней с головками или утолщениями различной формы, полые со сквозными или глухими отверстиями, фланцами и выступами. Предпочтительна форма тел вращения	Припуски и допуски по ГОСТ 7505-89. Припуск на 40-50 % меньше, чем при штамповке на молотах. Шероховатость поверхности Ra=80-40 мкм	Горизонтально-ковочные машины усилием 1-4 МН
Специальные процессы:			
Радиальное обжатие	Сплошные и полые прямые поковки удлиненной ступенчатой формы в виде тел вращения с цилиндрическими или коническими участками, ступенчатые или с заострениями квадратного или прямоугольного сечения диаметром от 0,4 до 500 мм	Припуск в случае надобности под шлифование. Допуск при обжатии соответствует 11-13-му качеству. Шероховатость поверхности Ra=2,5-0,63 мкм	Ротационные обжимные, радиальнообразные машины для обжатия прутков диаметром соответственно 4-100 и 10-260 мм, а также труб диаметром соответственно 10-200 и 10-320 мм



1	2	3	4
Раскатка	Типа колец диаметром 70-3000 мм при высоте 20-260 мм из заготовок, штампованных на молоте	Допуск для поковок колец шарикоподшипников диаметром 70-700 мм – по наружному диаметру и высоте 1-6 мм, по внутреннему 1,5-10 мм	Раскатные станы модели РМ с рабочим давлением в цилиндре 50-1000 МПа
Поперечная прокатка	Удлиненной формы типа ступенчатых валиков, а также втулок диаметром до 100 мм и длиной до 800 мм	Несколько меньше, чем при штамповке в открытых штампах. Так, для диаметров до 30 мм допуск + 0,1 мм, а для диаметров до 100 мм – +0,4 мм	Станы, работающие валковым инструментом типа АСК (максимальный диаметр изделия D=800 мм максимальная длина изделия L=500 мм); станы, работающие валково-сегментным инструментом типа С (максимальные диаметр и длина те же); плоско-клиновые станы типа UWQ (ГДР) (максимальная длина 400 мм, диаметр - 40 мм)

Область применения названных методов - серийное и массовое производство.

Штамповка на кривошипных прессах в два-три раза производительнее по сравнению со штамповкой на молотах, припуски и допуски уменьшаются на 20...30%, расход металла снижается на 10... 15 %. На рис. 18 показаны основные типы заготовок, штампуемых на молотах и прессах. При штамповке необходимо использовать профильный прокат или подкат, полученный на ковочных вальцах. Заготовки I и II групп, показанных на рис. 4, а также заготовки типа стаканов, вилок, рым-болтов и др. могут быть получены штамповкой в закрытых штампах. К преимуществам безоблойной штамповки относятся: снижение расхода металла до 20-25 % из-за отсутствия облоя и клещевины, уменьшения штамповочных уклонов и припусков, более точных размеров получаемой штамповки;

уменьшение усилия деформации за счет уменьшения площади контакта металла с инструментом и сопротивления металла деформированию в связи с отсутствием облоя и других факторов; значительное снижение себестоимости готовой штамповки и трудоемкости последующей обработки резанием.

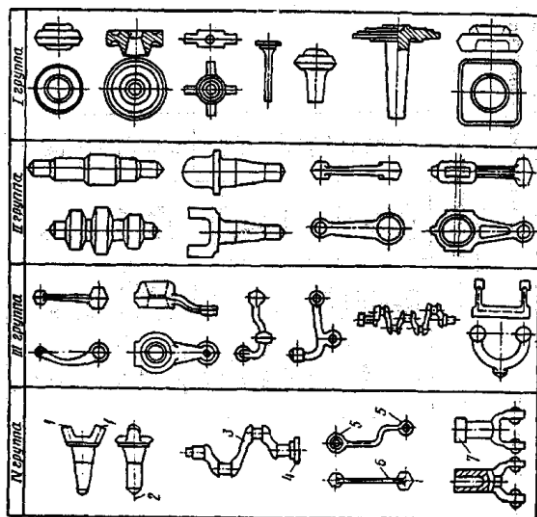


Рис. 4. Классификация поковок, штампуемых на молотах и горячештамповочных прессах: 1 – разъем на прессе, 2 – разъем на молоте, 3 – штамповка на прессе, 4 – фланец, штампуется на ГКМ, 5 – головки после штамповки на ГКМ штампованы на прессе, 6 – стержень согнут на горизонтально-гибочной машине, 7 – штамповка на молоте или прессе, высадка на ГКМ

Виды заготовок, штампуемых на ГКМ, показаны на рис.5. Штамповка на ГКМ является одним из производительных способов (до 400 поковок в час) и может быть рентабельной для определения вида заготовок, особенно в условиях массового производства. Характерными деталями, заготовки которых получают на ГКМ, являются конические валы-шестерни, валы с односторонним увеличением диаметров, ше-

стерни, втулки, кольца и др. Штамповка на ГКМ в связи с уменьшением штамповочных уклонов, повышением точности штамповки позволяет уменьшить вес заготовок по сравнению со штамповкой на прессах в среднем на 5-12 %.

Радиальное обжатие позволяет выполнять различные операции - получать изделия с разнообразной формой наружной поверхности, оформлять внутренние поверхности полых изделий, обжимать концы заготовок, комбинировать прутковый материал, осуществлять сборку изделий.

Сущность процесса радиального обжатия состоит в деформировании заготовки по периметру сечения сходящимися бойками, обеспечивающими всестороннее периодическое приложение давлений. Обработка может происходить с вращением или без вращения заготовки, с ее нагревом или без нагрева (для сплошных заготовок с диаметром до 80 мм и полых - до 100 мм).

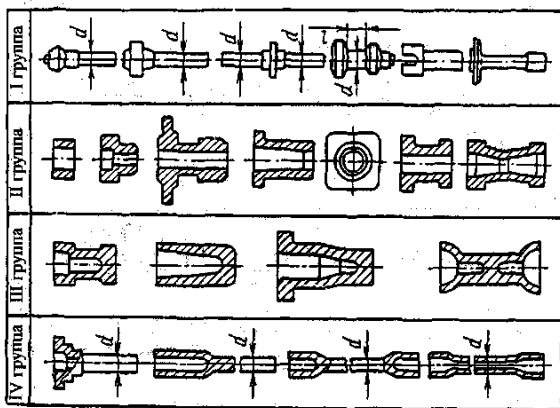


Рис. 5. Классификация поковок, штампуемых на горизонтально-ковочных машинах

При обработке без нагрева можно получить изделия 8-12-го качества точности с шероховатостью  $Ra = 0,08-0,32$  мкм; при обработке с нагревом - 11-14-го качества точности,  $Ra - 1,25-2,5$  мкм.

Преимущества радиального обжата заключаются в повышении прочностных свойств изделия после обжата, увеличении производительности в три-десять раз по сравнению с токарной обработкой заготовок из проката, экономии металла на 30-40 % при холодном обжате небольших изделий, на 20-60 % - при горячем обжате больших изделий (свыше 5 кг) по сравнению с заготовками из проката и на 10-20 % - по сравнению с заготовками, полученными штамповкой на молотах.

Особенно эффективно применение радиального обжата в мелкосерийном производстве взамен заготовок из проката или полученных горячей штамповкой в открытых штампах на молотах при общей серийности однотипных изделий от 100 до 80000 штук.

Процесс машинной раскатки, как правило, - наиболее рациональный способ получения Профильных кольцевых заготовок, а также крупногабаритных колец. Перевод производства колец сковки на раскатку позволяет снизить расход металла на 40-50 %; на эту же величину возрастает и коэффициент использования металла. Размеры заготовок под раскатку определяют из равенства объемов заготовки до и после раскатки; при этом предполагают, что высота кольца в процессе раскатки не изменяется. Снижение себестоимости кольцевых заготовок, повышение эксплуатационных характеристик изделий, экономия металла и ряд других преимуществ технологии машинной раскатки вызывают все более широкое распространение этого процесса.

В процессе поперечно-клиновой прокатки заготовку деформируют парой клиновых инструментов (рис. б), которые по мере движения перемещают очаг деформации вдоль оси заготовки в соответствии с углом наклона деформирующих клиньев. Заготовка при этом вращается под воздействием инструмента вокруг своей продольной оси, расположенной перпендикулярно движению клиньев.

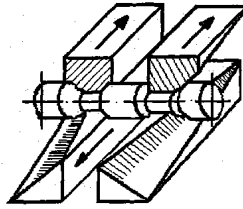


Рис. 6. Схема прокатки плоским клиновым инструментом

В результате обжатия и раскатывания металла наклонными гранями инструмента происходит уменьшение диаметра деформируемого участка заготовки и увеличение ее длины. Характерные виды заготовок, получаемых поперечно-клиновой прокаткой, показаны на рис. 7.

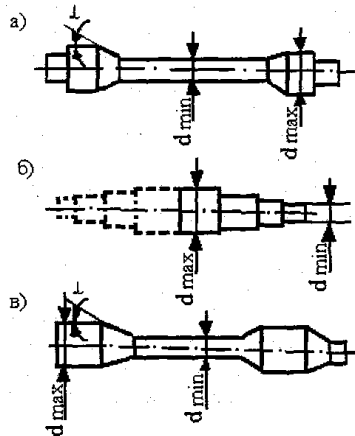


Рис. 7. Характерные виды заготовок, получаемых поперечно-клиновой прокаткой: а – симметричные по длине, б – несимметричные по длине с монотонным расположением ступеней, в - несимметричные по длине с немонотонным (произвольным) расположением ступеней

Плоскоклинковая прокатка применяется как для валь-

цовки заготовок под последующую штамповку (для деталей сложной формы), так и для получения заготовок непосредственно для механической обработки (обычно - токарной, иногда - шлифования). Ее преимуществами являются повышение производительности труда, точности заготовок, уменьшение их веса в среднем на 15 % по сравнению со штамповкой на прессах в открытых штампах, улучшение эксплуатационных свойств деталей. Основная область применения метода - крупносерийное и массовое производство.

Области применения заготовок из проката

Сортовой круглый горячекатаный прокат повышенной и нормальной точности (ГОСТ 2590-71) используют для изготовления ступенчатых валов с небольшим перепадом диаметров ступеней (до 7-10 мм), стаканов диаметром до 50 мм, втулок диаметром до 25 мм, рычагов, клиньев, осей, тяг.

Трубный прокат - стальной бесшовный горячекатаный, холодноотянутый и холоднокатаный (ГОСТ 8732-78, ГОСТ 8734-75) - служит для изготовления цилиндров, втулок, гильз, шпинделей, станков, роликов, пустотелых валов.

Периодические профили проката применяются для изготовления деталей симметричной формы или получения спаренных заготовок (для двух деталей). При этом используются профили продольной прокатки (ГОСТ 8319.0-75, ГОСТ 8319.13-75 и ГОСТ 8531-78), поперечно-винтовой прокатки (ГОСТ 8320.0-83, ГОСТ 8320.13-83), поперечной прокатки (ГОСТ 7524-83).

Механические свойства периодического проката выше, чем свойства гладкого проката, в связи с расположением волокон в соответствии с конфигурацией детали. Отклонения размеров проката от номинального обычно составляют по диаметру профиля  $\pm 0,1\%$  и по длине - не менее  $\pm 0,5\%$ .

Точность горячекатаного проката ориентировочно соответствует 12-14-му качеству, холодноотянутого - 2-12-му качеству. Точность горячекатаного сортового проката может быть повышена применением волочения через фильеру (точность 11-12-го качества) и в роликовой волоке (точность 9-

11-го качества).

Экономическое обоснование выбора заготовки

При сравнении возможных методов получения заготовки для вновь проектируемого технологического процесса изготовления детали, рассматриваемые варианты могут отличаться только технологией получения заготовки, но не механической обработки. В этом случае для выбора метода получения заготовки достаточно оценить ее себестоимость для каждого из вариантов и принять тот вариант, для которого себестоимость меньше. В противном случае при выборе метода получения заготовки необходимо для каждого варианта оценить суммарную себестоимость получения заготовки и отличающихся операций механической обработки.

Себестоимость заготовок из проката

$$S_{\text{заг}} = M + \sum C_{\text{аз}},$$

где  $M$  - затраты на материал заготовки, руб.;

$C_{\text{аз}}$  -технологическая себестоимость операций правки, калибрования прутков, резки на штучные заготовки:

$$C_{\text{аз}} = \frac{C_{\text{пз}} \cdot T_{\text{шт(шт-к)}}}{60 \cdot 100},$$

где  $C_{\text{пз}}$  - приведенные затраты на рабочем месте, руб./ч;

$T_{\text{шт(шт-к)}}$  - штучное или штучно-калькуляционное время выполнения заготовительной операции (правки, калибрования, резки и др.).

Предлагается взять. Приведенные затраты, приходящиеся на 1 ч работы оборудования, имеют следующие значения: резка заготовок диаметром до 55 мм на сортовых ножницах - 883 руб./ч, то же для заготовок диаметром до 140 мм -1629 руб./ч, резка дисковыми пилами на отрезных станках - 121 руб./ч, правка на автоматах - 200...250 руб./ч.

Затраты на материал определяются по массе проката, требующегося на изготовление детали, и массе сдаваемой стружки. При этой необходимо учитывать стандартную длину прутков и отходы в результате некратности длины заготовок этой стандартной длине.

$$M = QS - (Q - q) \cdot S_{отх},$$

где Q - масса заготовки, кг;

S - цена 1 кг материала заготовки, руб.; q - масса готовой детали, кг;  $S_{отх}$  - цена 1 кг отходов, руб.

Стоимость заготовок, получаемых горячей штамповкой различными методами, можно определить по формуле

$$S_{заг} = (C_i \cdot Q \cdot K_T \cdot K_c \cdot K_b \cdot K_m \cdot K_n) - (Q - q) \cdot S_{отх},$$

где Q — базовая стоимость 1 кг заготовок, руб.;

$K_T, K_c, K_b, K_m, K_n$  - коэффициенты, зависящие от класса точности, степени сложности, массы, марки материала и объема производства заготовок.

В качестве базовой стоимости заготовок, получаемых горячей штамповкой на молотах, прессах, ГМК, принимается  $Q = 373$  руб. (штамповка из конструкционной углеродистой стали массой 2,5.. 4 кг, нормальной точности по ГОСТ 7505-89, 3-й степени сложности, 2-й группы серийности.); для штамповки в закрытых штампах  $C_2 = 390$  руб.; для заготовок, получаемых радиальным обжатием,  $C_3 = 380$  руб.; для заготовок, получаемых раскаткой,  $C_4 = 320$  руб.; для заготовок, получаемых поперечной прокаткой,  $C_5 = 280$  руб. Коэффициенты выбираются по следующим данным:

а) в зависимости от точности штамповок по ГОСТ 7505-89 значения коэффициента  $K_T$  принимаются: повышенная точность - 1,05; нормальная - 1;

б) в зависимости от марки материала штамповки значения коэффициента  $K_m$  составляют: для углеродистой стали 08-85 - 1, стали 15Х-50Х - 1,13, стали 18ХГТ-30ХГТ - 1,21, стали ШХ15 - 1,77, стали 12ХНЗА-30ХНЗ А - 1,79.



Таблица 6

Значение коэффициентов  $K_c$  и  $K_b$ ,

$K_c$					
Материал штамповки	Группа сложности				
	1	2	3	4	
Сталь углеродистая 08-05	0,75	0,84	1	1,15	
Сталь 15Х-50Х	0,77	0,87	1	1,15	
Сталь 18ХГТ-30ХГТ	0,78	0,88	1	1,14	
Сталь ШХ15	0,77	0,89	1	1,13	
Сталь 12ХНЗА-30ХНЗА	0,81	0,9	1	1,1	

$K_b$					
Масса штамповки, кг	Материалы штамповок				
	Сталь 08-05	Сталь 15Х-50Х	Сталь 18ХГТ-30ХГТ	Сталь ШХ15	Сталь 12ХНЗА-30ХНЗА
Не более 0,25	2	2	1,94	1,82	1,62
0,25...0,63	1,85	1,64	1,61	1,52	1,42
0,63...1,6	1,33	1,29	1,29	1,3	1,25
1,6...2,5	1,14	1,14	1,15	1,14	1,11
2,5...4,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
4,0...10,0	0,87	0,89	0,89	0,88	0,9
10,0...25,0	0,8	0,8	0,79	0,76	0,8
25,0...63,0	0,73	0,73	0,74	0,71	0,75
63,0...163	0,7	0,7	0,72	0,65	0,7

Коэффициент  $K_{II}$  определяется из условия: если объем производства заготовок (годовая программа) больше значений, указанных в табл. 7, принимают  $K_{II} = 0,8$ , в остальных случаях  $K_{II} = 1,0$ . Степень сложности определяется по ГОСТ 7505-89.

Таблица 7

Объем производства штамповок, соответствующий 2-й группе серийности

Масса штамповки, кг	Объем производства, тыс. шт.
Не более 0,25	15...500,0
0,25...0,63	8...300,0
0,63...1,6	5...150,0
1,60...2,5	4,5...120,0
2,50...4,0	4...100,0
4,0...10,0	3,5...75,0
10,0...25,0	3...50,0
25,0...63,0	2...30,0
63,0...163,0	0,6...1,0

Экономический эффект для сопоставления способов получения заготовок, при которых технологический процесс ме-

ханической обработки не меняется, может быть рассчитан по формуле

$$\mathcal{E}_3 = (S_{\text{заг1}} - S_{\text{заг2}}) N,$$

где  $S_{\text{заг1}}$ ,  $S_{\text{заг2}}$  - стоимость заготовок, изготавливаемых сравнительными методами;

$N$ -годовой выпуск заготовок, шт.

Уровень технологичности каждого из методов получения заготовки может быть укрупнено оценен по коэффициенту использования материала:

$$K_{\text{им}} = \frac{q}{Q},$$

где  $Q$ ,  $q$  - масса заготовки и масса готовой детали, кг

Пример. Произвести предварительную оценку возможных методов получения заготовки одновенцового цилиндрического зубчатого колеса. Исходные данные: базовый метод получения заготовки - штамповка на прессе в открытом штампе, вес заготовки - 5,7 кг, вес готовой детали - 3,3 кг, годовой выпуск - 100000 штук, материал - сталь 18ХГТ, степень сложности - С2, класс точности - Т4 по ГОСТ 7505-89, тип производства - массовый.

Учитывая конструкцию обрабатываемой детали, тип производства и рекомендации, принимаем в качестве второго возможного метода получения заготовки безоблойную штамповку на прессе. Выполним укрупненный расчет стоимости заготовок, получаемых названными методами. Результаты приведены в табл. 8.

Принимаем второй вариант технологии получения заготовки, как более экономичный и технологичный.

Описанная методика позволяет выполнить предварительную оценку возможных методов получения заготовок. Для уточнения такой оценки необходимо более точно определить вес заготовки по ее чертежу для каждого из возможных методов ее получения.

## Сопоставление и выбор варианта технологического процесса получения заготовок

Вид заготовки	Штамповка на прессе в открытом штампе	Безоблойная штамповка на прессе
Наименование показателей	1-й вариант	2-й вариант
Степень сложности	2	2
Класс точности	T4	T3
Масса готовой детали, кг	3,3	3,3
Масса заготовки, кг	5,7	5,7-5,7-0,2=4,56
Стоимость 1кг заготовок, принятых за базу, руб.	373	390
Стоимость 1 кг стружки, руб.	28,0	28,0
$K_r$	1,0	1,0
$K_m$	1,21	1,21
$K_c$	0,88	0,88
$K_d$	0,89	0,89
$K_n$	1,0	1,0
Стоимость заготовки по формуле (3.7.3), руб.	1950	1620
Коэффициент использования материала	$3,3/5,7=0,58$	$3,3/4,56=0,72$
Экономический эффект	$\Xi_3=(1950-1620) \cdot 100000=33000000$ руб.	

## Порядок выполнения работы

1. Для предложенного варианта задания выбрать 1-2 возможных метода получения заготовки.

2. Рассчитать стоимость заготовки при использовании базового и предложенных методов ее получения, оценить технологичность указанных методов.

3. Дать анализ полученных результатов.

4. Составить отчет.

Содержание отчета

1. Название работы.

2. Исходные данные.

3. Расчет стоимости заготовки для предложенных методов ее изготовления.

## **Лабораторная работа № 7**

### **Разработка конструкции заготовки для деталей типа «Каретка»**

Цель работы - освоение проектирования заготовок, получаемых горизонтальным непрерывным или полунепрерывным литьем.

Технологический процесс получения заготовок методом горизонтального непрерывного литья (ГНЛ)

Технология ГНЛ представляет собой комплекс различных операций (рис. 8), обеспечивающих получение заготовок высокого качества. Горизонтальное литье является по-настоящему непрерывным процессом. Для своего осуществления оно требует такую организацию загрузки печи, плавления, легирования, обработки расплава рафинирующими реагентами, которая позволяет осуществить непрерывную подачу металла, начиная от заливки в металлоприемник и кончая непрерывным получением заготовок, их резкой, складированием и упаковкой.

Этот метод (рис. 9) заключается в том, что жидкий металл 1, предварительно залитый из плавильной печи в металлоприемник 2, непрерывно поступает из него в водоохлаждаемую горизонтальную изложницу - кристаллизатор 3, являющийся центральным теплообменным и формообразующим элементом машины горизонтального непрерывного литья (МГНЛ). Перед началом литья в кристаллизатор вводится специальная конструкция - затравка, которая закрывает его открытое выходное отверстие и служит для охлаждения первой порции жидкого металла. По мере затвердевания и сцепления металла с затравкой она удаляется из кристаллизатора 3, увлекая за собой сформировавшийся слиток 4. Этот слиток периодически (вытягивание - остановка) извлекается из кристаллизатора тянущей клетью 5. Таким образом, одновременно идет заливка, затвердевание и вытягивание слитка из формы. Процесс может идти непрерывно, а образующаяся отливка, пройдя

тянущую клеть, режется пилой 6 на определенные размеры по ходу процесса. Отрезанные заготовки скатываются в специальные поддоны и затем транспортируются на склад готовой продукции. Все технологические операции контролируются системой управления 7. Схема МГНЛ показана на рис. 10.

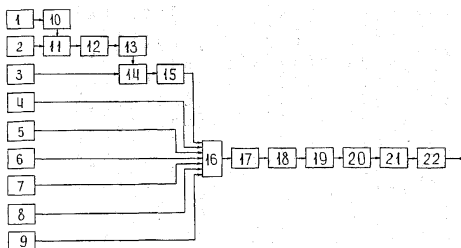


Рис. 8 Структура технологического процесса

горизонтального непрерывного литья: 1 – подготовка шихты к плавке, 2 – подготовка печи к плавке, 3 – подготовка металлоприемника к литью, 4 – подготовка кристаллизатора к литью, 5 – подготовка системы охлаждения, 6 – подготовка тянущей клетки, 7 – подготовка привода вытягивания слитка, 8 – подготовка затравки, 9 – подготовка пилы к работе, 10 – загрузка шихты в печь, 11 – плавка, 12 – поддержание теплового режима печи, 13 – корректировка химического состава расплава, 14 – заливка расплава в металлоприемник, 15 – поддержание теплового режима металлоприемника, 16 – литье в горизонтальный кристаллизатор, 17 – поддержание теплового режима кристаллизатора, 18 – вытягивание непрерывного слитка, 19 – поддержание заданного режима вытягивания слитка, 20 – отделение затравки от слитка, 21 – порезка слитка на мерные длины, 22 – вывоз готовых заготовок.

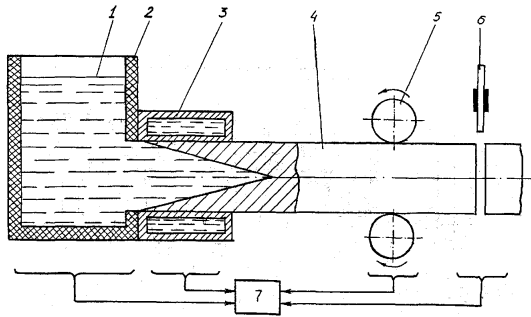


Рис. 9. Схема процесса горизонтального непрерывного литья

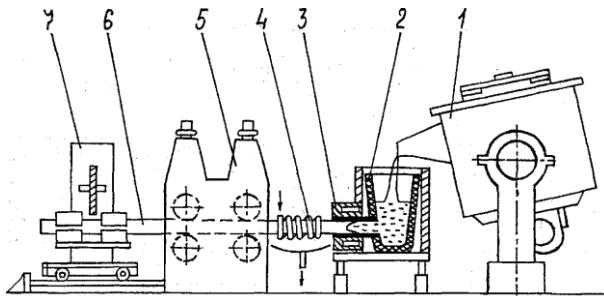


Рис. 10. Машина горизонтального непрерывного литья:  
 1 – плавильная печь, 2 – металлоприемник, 3 – кристаллизатор,  
 4 – устройство вторичного непрерывного охлаждения,  
 5 - механизм вытягивания, 6 – отливаемая заготовка,  
 7 – механизм резки

Материал заготовок, получаемых непрерывным литьем: алюминиевые, магниевые, медные сплавы, конструкционные углеродистые и низколегированные стали, чугуны.

Профиль заготовок: круг, прямоугольник, многогранник, труба, фасонный профиль.

Отливки, полученные непрерывным литьем, обладают: высокой химической однородностью; стабильной, плотной,

мелкозернистой структурой без пор и раковин; повышенными механическими свойствами; незначительной анизотропией механических свойств; более высоким коэффициентом использования металла.

В отливках не наблюдаются неметаллические включения, усадочная пористость, усадочные раковины.

К недостаткам ГНЛ можно отнести: дополнительные плавильные печи, которые должны работать круглые сутки; ограниченность размеров слитков, ограниченность толщин стенки труб; трудность обеспечения надежной непрерывной смазки поверхности металлических кристаллизаторов.

Разработка технологии ГНЛ заключается в определении оптимальных параметров: температуры жидкого металла в металлоприёмнике; скорости вытягивания заготовки; времени остановки; величины шага вытягивания; расхода воды на охлаждение кристаллизатора. ГНЛ применяют для получения накладных направляющих станков, гильз, втулок, подшипников скольжения, валов и осей и пр. Целесообразно использовать этот метод в том случае, когда общая масса всех отливок превышает несколько тонн.

Разработка чертежа заготовки

Разработка заготовки осуществляется в следующей последовательности: анализ технологичности конструкции детали, заготовки; выбор формы отливки; определение допусков, припусков, погрешностей формы отливки по ГОСТ 26645-85; формулирование технических требований на изготовление и Приемку заготовки; оформление чертежа заготовки.

Анализ технологичности конструкции детали, заготовки

По чертежу детали проверяют возможность получения заготовки, сравнивая размеры (с учетом припусков) и форму заданной детали с рекомендуемыми профилем и размерами получаемых ГНЛ (табл. 9, рис. 11).

Таблица 9

## Форма и размеры профилей отливок

Материал отливки	Профиль поперечного сечения отливки				
	Круг	Труба	Прямоугольник	Многогранный	Фасонный
1	2	3	4	5	6
Чугун	Ø25...Ø230 мм	Наружный диам. 10...300 мм, толщина стенки 4...30 мм	50...200 мм	Диам. описанной окружности 30...230 мм	Рис. 3.5.12
Сталь	Ø80...Ø200 мм	Толщина стенки 15-20 % наружного диам.	80...160 мм	Диам. описанной окружности 80...200 мм	
Медные сплавы	Ø30...Ø250 мм	Толщина стенки 10...40 мм	20...250 мм	Диам. описанной окружности 30...250 мм	
Алюминиевые сплавы	Ø15...Ø300 мм	Наружный диам. 40...300 мм минимальный диам. отверстия 30 мм минимальная толщина стенки 10 % от наружного диам.	20...300 мм	Диам. описанной окружности 20...300 мм	Рис. 3.5.12

## Примечания:

1. В заготовке можно получить пазы при условии  $c > 30$  мм или если  $c < 30$  мм, то  $d < c$ ;  $S < c$  (где  $c$  - ширина паза,  $d$  - глубина паза,  $S$  - толщина стенки).

2. Разница в толщине стенок в деталях с пазами и выступами не должна превышать 60... 80 мм.

Если заготовку возможно получить непрерывным литьём, то следует определить степень сложности отливки (табл. 10, рис. 12).

Таблица 10

## Распределение отливок по степени сложности

Степень сложности	Профиль					Соотношение сторон b:a
	Круг	Прямоугольник	Многогранный	Фасонный	Пустотелый	
1	+	+	+			≤ 0,5
2	+	+		+		> 0,5
3				+		> 0,5
4					+	



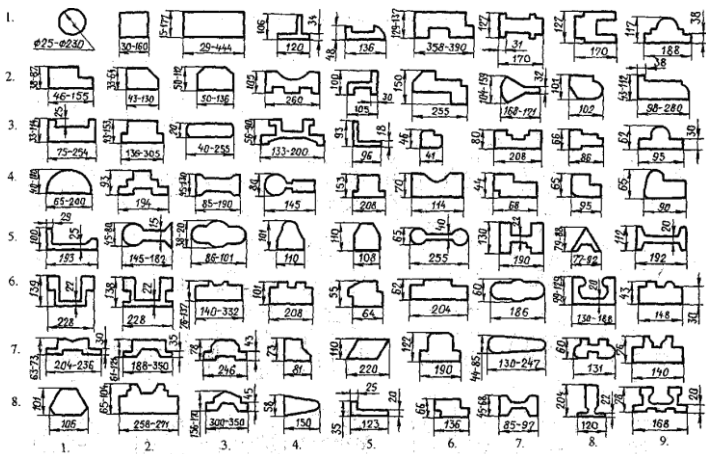


Рис. 11. Профили заготовок, получаемые методом ГНЛ

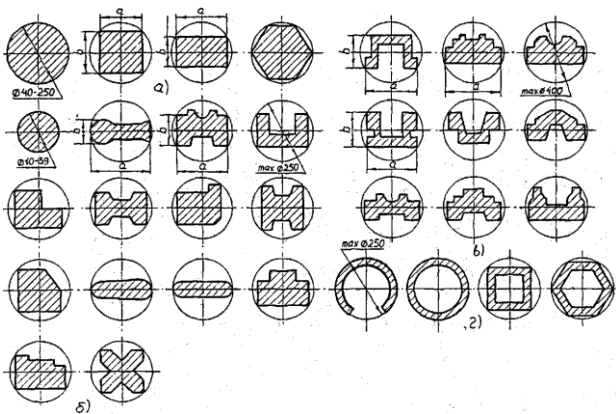


Рис. 12. Заготовки различной степени сложности

Выбор формы отливки осуществляют на основании анализа технологичности. Например, если размеры пазов не удовлетворяют размерам пазов, указанных в примечаниях к табл. 9, то в отливке выполнять такие пазы нежелательно.

Методические указания

Проектирование заготовки, получаемой непрерывным

литьем, рассмотрено на примере направляющей (рис. 13).

Анализ технологичности конструкции детали, заготовки. Конфигурация детали простая. Деталь имеет пазы шириной более 30 мм. Максимальная толщина стенки в детали - 47,5 мм, минимальная толщина стенки - 22 мм. Разница в толщине стенок не превышает допустимую. Форма и размеры детали соответствуют форме и размерам заготовки, приведенной на рис. 11 (столбик 7, строка 5). Деталь имеет технологичную конструкцию.

Отношение габаритных размеров

$$\frac{120}{180} = 0,66 > 0,5.$$

Следовательно, степень сложности отливки - 3 (табл. 10).

Определение конфигурации отливки. Конфигурация отливки такая же, как и у детали.

Определение допусков, припусков, погрешностей формы отливки. Допуски, припуски, погрешности формы определены по ГОСТ 26645-65 и сведены в произвольную таблицу (не показана). Тип производства - мелкосерийный.

При определении класса размерной точности, степени точности поверхности, класса точности массы принят технологический процесс литья - литье в облицованные кокили. Наибольший габаритный размер отливки - от 1600 до 4000 мм.

Отношение наименьшего размера элемента отливки к наибольшему.

$$\frac{\sim (32 + 10)}{2000} = 0,021.$$

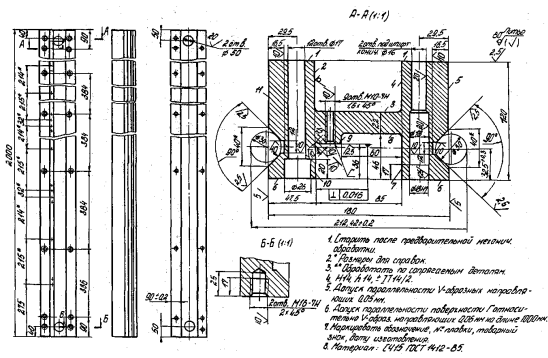


Рис. 13. Направляющая

Вид окончательной механической обработки для поверхностей выбран в соответствии с шероховатостью этих поверхностей.

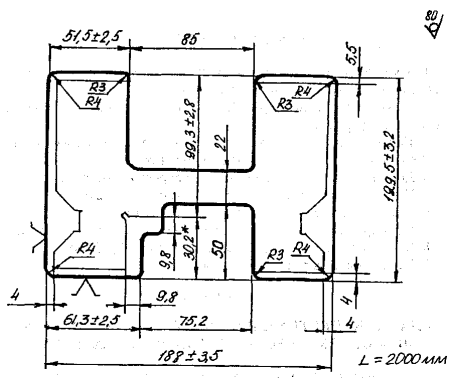


Рис. 14. Направляющая (отливка) чертеж заготовки

Порядок выполнения работы

1. Провести анализ технологичности детали.
2. Определить форму поперечного сечения отливки.
3. Определить допуски размеров, припуски, погрешности формы, размеры отливки.
4. Вычертить чертеж отливки.

Содержание отчёта

1. Название работы.
2. Чертеж детали.
3. Анализ технологичности конструкции детали.
4. Определение допусков размеров, припусков, погрешности формы, размеров отливки.
5. Чертеж отливки.

## **Лабораторная работа № 8**

### **Разработка конструкции заготовки для деталей типа «Фланец»**

Цель работы - освоение методики расчета размеров заготовки, рабочей полости прессинструмента при получении заготовок методом порошковой металлургии; приобретение практических навыков оценки их качества.

#### Общие положения

Основное преимущество металлокерамического производства перед обычным - малые потери материала (7... 10 %) на протяжении всего производственного цикла. Получение заготовок методом порошковой металлургии экономически оправдано при крупносерийном и массовом производстве. Высокие удельные давления прессования, низкая текучесть порошков ограничивают использование этого метода получения заготовок для деталей сложной формы небольших размеров. Именно поэтому наиболее характерным порошковым изделием стала деталь массой до одного килограмма.

Самый распространенный, простой и экономически целесообразный метод формирования порошковых материалов - метод холодного прессования в закрытых формах. Технологический процесс производства изделий состоит из следующих основных операций: получение металлического порошка или смеси порошков, прессование (формование), спекание (термообработка), окончательная обработка (механическая обработка, доводка, калибровка, термообработка).

При анализе технологичности производства порошковых изделий следует учитывать: размеры изделий; отношение длины к диаметру (не более 3...4); отношение высоты изделия к толщине стенки (не более 8... 10); наличие радиальных выступов, канавок, углублений резьбы, конусности, продольных и радиальных отверстий; вменения в сечениях деталей, требующую их плотность; величины допусков и шероховатость поверхностей; требования, предъявляемые по механическим и физико-химическим свойствам.

При выборе спеченного материала следует рассматривать плотность и пределы прочности при изгибе и растяжении материала детали и порошка. Химический состав и свойства порошков приведены в табл. 11.

Таблица 11

Химический состав и свойства порошков и конструкционных материалов на основе железа

Марка	Химический состав, %	Плотность, $\times 10^3$ кг/м <sup>3</sup> (г/см <sup>3</sup> )	Прочность на изгиб, 10 МПа (кг/см <sup>2</sup> )	Ударная вязкость, $\times 100$ кДж/м <sup>2</sup>	Твердость, НВ
1	2	3	4	5	6
Железный порошок ГОСТ 9849-74					
ИЖ4М2	Fe-98; C-0,12;	5,3...6,1			
ИЖ4М3	Si-0,25; Mn-0,5;				
	O <sub>2</sub> -1,0				
Мелкий порошок ГОСТ 4960-75					
ИМС-1	Fe-0,02; Cu-99,5;				
ИМС-2	PG-0,05; O <sub>2</sub> -0,3				
Никелевый порошок ГОСТ 9722-71					
ИНК-0Т2	Fe-0,015; C-0,15;				
	Ni-99,8				
ИНК-1Т2	Fe-0,010; C-0,3;				
	Ni-99,9				
Оловянный порошок ГОСТ 9723-73					
ПО1, ПО2	Fe-0,02; Cu-0,03;				
	Sn-99,1				
Конструкционные материалы на основе железа					
Ж-6,6	Fe-100	6,6	22	1,5	70
Ж-7,3	Fe-100	7,3	50	9,0	90
ЖГр0,5-7,3	Fe-основа;				
	C-0,4...0,6	7,3	60	1,0	100
ЖГр1-6,6	Fe-основа; C-0,6...1	6,6	35	0,4	80
ЖЛЗ-6,6	Fe-основа; Cu-2,5...3	6,6	30	0,6	70
ЖДЗН2-6,6	Fe-основа; Cu-2,5...3	6,6	40	1,7	80
	Ni-1,6...2,0				
ЖДЗН5-6,6	Fe-основа; Cu-4...5;	6,6	60	0,7	100
	Ni-4...5				
ЖД1703-6,9	Fe-основа; Cu-16...17;	6,9	55	1,0	80
	Sn-2,5...3,0				
ЖГр0,4	Fe-основа; C-0,4...0,6;	6,6	80	0,4	130
Д4НЗ-6,6	Cu-3,4...4,0;				
	Ni-2,5...3,0				
ЖЛЗ02-6,6	Fe-основа; Cu-2,5...3	6,6	25	0,3	80
	Sn-1,5...2,0				
ЖГр0,4	Fe-основа; C-0,4...0,6;	7,3	110	1,5	150
Д4НЗ-7,3	Cu-3,4...4,0				
	Ni-2,5...3,0				
ЖД2НМЗ-7,3	Fe-основа; Cu-2...2,5	7,3	90	2,5	150
	Ni-2,5...3,0				
	Mo-0,8...1,0				

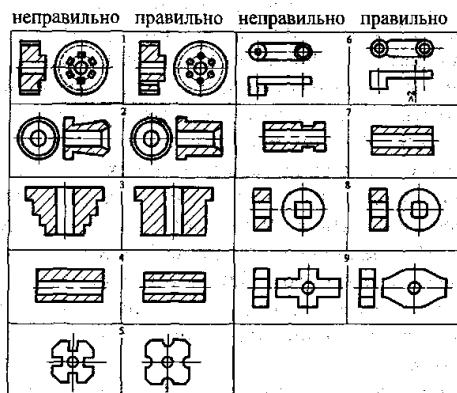


Рис. 15. Примеры конструирования металлокерамических заготовок

При конструировании заготовок следует придерживаться следующих рекомендаций (рис. 15):

1) прямозубые шестерни можно изготавливать прессованием, начиная с модуля более 0,8 мм; диаметр ступицы зубчатого колеса должен быть минимум на 2 мм меньше диаметра окружности впадин; отверстия должны быть по возможности круглыми, чтобы не прибегать к дорогому инструменту;

2) «обратная» конусность возможна только при введении обработки резанием;

3) из-за конструктивных ограничений пресса перепад ступеней по диаметру не должен быть менее 2 мм;

4) толщина стенки эксцентрично расположенного отверстия должна быть не менее 1 мм;

5) деталь должна иметь закругленные кромки;

6) переходы от ступицы к плечу рычага целесообразно выполнять так, как показано на рисунке;

7) изготовление канавки прессованием невозможно, необходима дополнительная обработка резанием.

Изделия, которые прежде изготавливались из малоуглеродистых сталей и чугунов, можно изготавливать либо из чистого железного порошка марки Ш14М2, Ш14М3, либо из железного порошка, содержащего до 1 % графита.

При проектировании заготовки следует максимально упростить форму детали. На рис. 15 приведены примеры необходимого упрощения формы деталей. При конструировании деталей 1, 5, 6, 8, 9 следует избегать выточек и отверстий с острыми углами. Детали 2, 3, 7 не могут быть спрессованы в окончательном виде. При сопряжении поверхностей следует предусматривать радиус закругления не менее 0,25 мм. При прессовании «глухих» отверстий фланец должен располагаться у дна. Разница между двумя рядом расположенными отверстиями (наружными поверхностями) должна быть не менее 2 мм. При наличии у деталей ребер, выемок, приливов их следует располагать как можно ближе к верхнему краю матрицы. Не рекомендуется прессовать изделия с тонкими лезвиями, узкими и глубокими шлицами клиновидного сечения, шпоночные канавки, тонкие шпильки и т. д.

При проектировании изделий с рельефным профилем необходимо определить направление наиболее выгодного прессования. При выборе направления прессования следует руководствоваться тем, что для изделий, имеющих ось вращения, усилие прессования должно быть направлено вдоль этой оси, а изделия, не имеющие оси вращения, должны прессоваться в таком положении, при котором они имеют Наименьшее количество переходов или изменений толщины.

Сложными для изготовления являются детали, имеющие различно расположенные по высоте внешние или внутренние фланцы, а также детали, имеющие отверстия. Для изготовления таких деталей применяются многопуансонные пресс-формы. Монолитным пуансоном прессуют только те изделия, сечение которых изменяется по высоте не более чем на 25 %. Изготовление отверстий любой формы (но размером не менее 2...3 мм), расположенных в направлении прессования, с помощью стержней не представляет каких-либо трудностей.

Схема пресс-формы для получения изделий простой цилиндрической формы с отношением высоты к диаметру меньше 1 односторонним прессованием приведена на рис. 16.

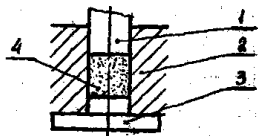
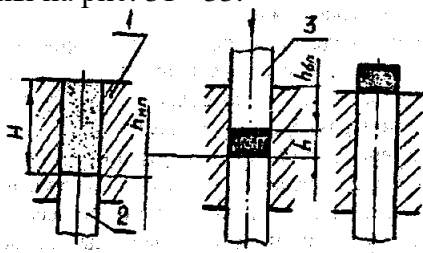


Рис. 16. Схема пресс-формы: 1 - верхний пуансон; 2 - матрица; 3 - нижний пуансон; 4 – порошок

При необходимости прессования изделий с отношением высоты к диаметру (поперечному размеру) более 1 или когда форма изделия такова, что одностороннее прессование не может обеспечить равномерную плотность по объему изделия, используют пресс-формы двустороннего прессования, схемы которых приведены на рис. 31 - 33.



заполнение матрицы  
порошком

прессование выталкивание  
брикета

Рис. 17. Схема пресс-формы с неподвижной матрицей для двустороннего прессования: 1 - матрица; 2 - нижний пуансон; 3 - верхний пуансон



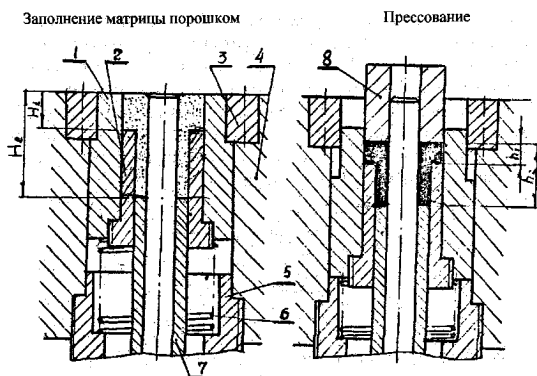


Рис. 18. Схема пресс-формы для прессования втулок с наружным верхним буртом: 1 - матрица; 2, 7 - составные элементы нижнего пуансона; 3 - кольцо; 4 - обойма; 5 — упор; 6 - пружина; 8 - верхний пуансон

В этом случае матрица может быть неподвижна (усилие прикладывается к верхнему и нижнему пуансонам) (рис. 17, 19), подвижна или «плавать», опираясь на пружину (усилие прикладывается к верхнему пуансону), рис. 18.

Для прессования изделий очень сложной формы применяют верхние и (или) нижние составные пуансоны с несколькими подвижными частями, количество которых соответствует количеству переходов (изменения размеров по высоте).

Основные размеры пуансонов и внутренние полости матрицы определяются размерами изделия с учетом технологических и физических свойств порошка, припусков на механическую обработку. Расчету подлежат высота и диаметр (поперечный размер) матрицы, формирующий наружный габаритный размер прессовки, диаметр стержня, формирующего отверстие детали или размеры составных пуансонов, а также высота верхнего и нижнего пуансонов.

При проектировании пресс-формы предварительно составляют ее эскизную схему с учетом направления и специфических особенностей прессования.

Высоту матрицы рассчитывают по формуле

$$H_{\text{матр}} = \frac{\gamma_n}{\gamma_H} \left( h_H \pm \frac{A_h}{2} + q_h - \Delta h_n \pm \Delta h_{yc} \right) + 2\ell,$$

где  $\gamma_n$  - плотность спрессованного изделия, кг/м<sup>3</sup>;

$\gamma_H$  - насыпная плотность порошка, кг/м<sup>3</sup>;

$h_H$  - номинальная высота готового изделия, мм;

$A_h$  - допуск на размер мм;

$q_h$  - припуск на дополнительную обработку, мм;

$\Delta h_n$  - величина упругого последействия, которая находится по

формуле

$$\Delta h_n = 0,005 h_H;$$

$\Delta h_{yc}$  - величина усадки, которая находится по формуле

$$\Delta h_{yc} = (0,01...0,02) h_H.$$

Причем величина усадки берется со знаком «+», если при спекании размер уменьшается, и со знаком «-», если этот размер увеличивается;

$l$  - высота заходной части матрицы под верхний или нижний пуансоны, принимаемая обычно равной 10... 15 мм. Размер полости матрицы рассчитывается по формуле

$$D_{\text{матр}} = D_H \pm \frac{A_D}{2} - \Delta l_n \pm \Delta l_{yc} + q_D,$$

где  $D_H$  - соответствующий номинальный размер наружной поверхности изделия, формирующийся в данной полости матрицы, мм;

$A_D$  - допуск на размер  $D_H$ , мм;

$\Delta l_n$  - величина упругого последействия по размеру  $D_H$ , мм; определяется

$$\Delta l_n = 0,003 D_H [4];$$

$\Delta l_{yc}$  - величина усадки при спекании по размеру  $D_H$ , мм; определяется  $l_{yc} = (0,01...0,02) D_H$ . Если при спекании размер уменьшается, то в расчете берется знак «+», если увеличивается, то знак «-»;

$q_D$  - припуск на дополнительную обработку.

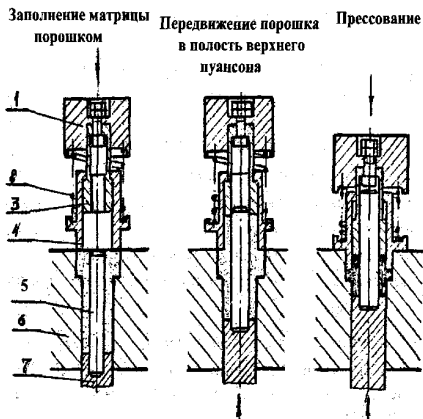


Рис. 19. Схема автоматической прессформы для прессования втулок с наружным буртом посередине: 1 – основание верхнего пуансона; 2 – пружина; 3 – неподвижная часть верхнего пуансона; 4 – подвижная часть верхнего пуансона; 5 – стержень; 6 – матрица; 7 – нижний пуансон

Формулу  $D_{\text{матр}}$  используют также для определения размера стержня ( $d_{\text{ст}}$ ), формирующего внутреннее отверстие изделия, причем за  $R_n$  принимают соответствующий размер отверстия. При расчете  $D_{\text{матр}}$  половину допуска  $A_{D/2}$  берут со знаком «-», при расчете  $d_{\text{ст}}$  половину допуска  $A_{D/2}$  берут со знаком «+».

Высоту пуансона, к которому прикладывают прессующее усилие и который одновременно служит для выталкивания изделия, можно определить по формуле

$$H_{\text{пуан}} = H_{\text{матр}} + L,$$

где  $L$  - либо высота, необходимая для крепления пуансона в пуансонодержателе, либо размер, равный 5... 10 мм, если пуансон не нужно крепить в пуансонодержателе.

Высота второго пуансона в этом случае должна быть равна высоте заходной части матрицы и составляет обычно 10... 15 мм. Если же пуансон, к которому прикладывается

прессующее усилие, не является одновременно и выталкивателем, то его высота определяется по формуле

$$H_{\text{пуан}} = H_{\text{матр}} - h - l + (5 \dots 10),$$

где  $H_{\text{матр}}$ ,  $h$ ,  $l$  — имеют значения, указанные в формуле нахождения  $H_{\text{матр}}$ , а высота второго пуансона, служащего для выталкивания, рассчитывается по формуле нахождения  $H_{\text{пуан}}$ .

Рекомендуются следующие посадки на сопрягаемые поверхности деталей пресс-форм: Н7/ф7, Н8/е8, Н9/е9.

Достижимая точность металлокерамических изделий - в пределах допусков 8, 9-го квалитетов, шероховатость  $Ra = 2,5 \dots 1,25$ ; рекомендуемая точность размеров - 10, II квалитет, шероховатость  $Ra = 5 \dots 1,25$ . При более высоких требованиях к точности металлокерамических изделий они калибруются (шлифуются или полируются). При этом достигается точность размеров в пределах 7-го квалитета, шероховатость  $Ra = 1,25 \dots 0,32$ .

В практической работе, припуск на калибровку рекомендуется оставлять  $0,25 \dots 0,5$  мм. Калибровка производится по высоте и диаметру. Наружные поверхности следует калибровать с большими припусками, а внутренние - с меньшими.

Правильность выбора навески прессуемого порошка - одно из важных условий изготовления деталей заданных размеров и формы. При расчете навески пользуются формулой

$$Q = \gamma_k \cdot V \cdot (1 - П) \cdot m_1 \cdot m_2,$$

где  $V$  - объем готового изделия,  $m^3$ ;

$\gamma_k$  - плотность беспористого материала,  $\gamma_k$  для стали равна  $7800 \text{ кг/м}^3$ ;

$П$  - достижимая пористость готового изделия;

$m_1$  - коэффициент, учитывающий потери порошка при прессовании;  $m_1 = 1,005 \dots 1,01$  (в зависимости от точности изготовления деталей пресс-формы);

$m_2$  - коэффициент, учитывающий потери веса при спекании в результате восстановления окислов и выгорания примесей;  $m_2 = 1,01 \dots 1,03$ .

При прессовании многокомпонентных материалов (по-

рошковых смесей) их плотность рассчитывается по правилу аддитивности:

$$\gamma_k = \frac{100}{\frac{a_1}{\gamma_1} + \frac{a_2}{\gamma_2} + \frac{a_3}{\gamma_3} + \dots + \frac{a_n}{\gamma_n}},$$

где  $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \dots, \gamma_n$  - плотность отдельных компонентов, кг/м<sup>3</sup>;

$a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$  - содержание отдельных компонентов в шихте, % (по массе).

Заготовки контролируются по следующим параметрам: внешний вид, геометрические размеры, плотность, твердость, химический состав готового изделия.

С помощью визуального осмотра выявляются такие виды брака; как сколы, трещины, задиры, окисление поверхности заготовки. Если дефекты незначительны, их устраняют в процессе дальнейшей механической обработки заготовки. Изделия с окисленными поверхностями подвергаются повторному спеканию или дополни-<sup>1</sup>тельному нагреву При температуре 800...900°С.

Геометрические размеры деталей контролируют с помощью стандартного измерительного инструмента (штангенциркуль, микрометр) с точностью до 0,01.. .0,1 мм. Если геометрические размеры детали превышают расчетные, но масса соответствует заданной деталь подвергают повторному пресованию.

Плотность спеченных изделий правильной геометрической формы определяется расчетным путем, который заключается в измерении детали, определении ее объема, взвешивании, расчете плотности. Плотность  $\gamma_{изд}$  определяется по формуле

$$\gamma_{изд} = \frac{m'}{V},$$

где  $m$ , - масса детали, кг;

$V$ - объем детали, м .

Наряду с плотностью важное значение имеет пори-

стоить  $\Pi$ , которая выражается формулой

$$\Pi_{\text{од}} = \left( 1 - \frac{\gamma_{\text{изд}}}{\gamma_{\text{к}}} \right) \cdot 100.$$

Плотность изделий сложной геометрической формы определяется методом гидростатического взвешивания. Твердость спеченных изделий измеряется с помощью приборов Бринелля или Роквелла.

Химический состав спеченных конструкционных изделий определяется с помощью химического анализа. В материалах на основе железа целесообразно контролировать лишь те компоненты, содержание которых может изменяться в процессе спекания (графит, сульфиды металлов и др.).

Методические указания

Методика выполнения работы рассматривается на следующем примере.

Втулка, показанная на рис. 20, должна иметь следующие технические характеристики: масса 0,032 кг; пористость 17...25 %;  $\sigma = 170$  МПа;  $a_{\text{к}} = 40$ , кДж/м<sup>2</sup>; твердость 90 НВ. Исходя из заданных свойств детали, выбирается материал детали. Для изготовления втулки выбирается ЖГр0,5-7,3. Относительная плотность спрессованного изделия 100 - (17...25) = 83 - 75(%), плотность спрессованного изделия, которую необходимо получить,  $\gamma_{\text{изд}} = 780(3 \times (0,83.. 0,75)) = 6800...5800$  кг/м<sup>3</sup>.

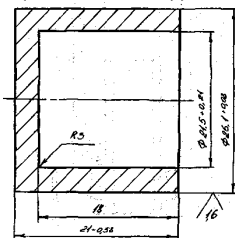


Рис. 20. Втулка

Деталь не имеет: изменений по диаметру, острых углов, выступов, конусности; толщина стенки - 2,3 мм, отношение длины к диаметру составляет 21:26,1=0,811, отношение высо-

ты к толщине стенки -  $18 : 2,3 = 7,8$ , что не превышает допустимого. Точность изготовления: поверхность диаметр 26,1  $-0,08$  h10, поверхность диаметром 21,5 $^{+0,21}$  - H12, остальные размеры по 14-му качеству, шероховатость рабочих поверхностей Ra = 1,6, остальные Ra = 3,2.

Деталь может быть спрессована в конечном виде без дополнительной обработки. С точки зрения порошковой металлургии она технологична. При прессовании усилие прессования должно быть направлено вдоль оси. С целью получения изделия с равномерной твердостью и плотностью применяется двустороннее прессование, которое осуществляется за счет приложения усилия прессования к верхнему пуансону, с принудительным опусканием матрицы («плавающая матрица»). Схема пресс-формы приведена на рис. 21.

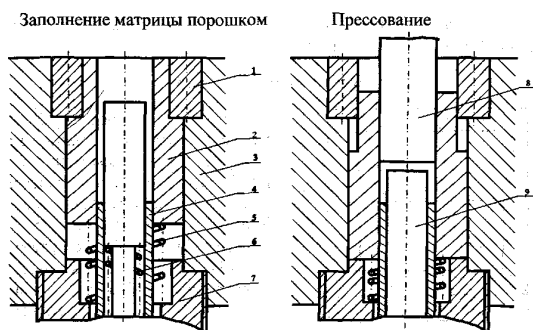


Рис. 21. Схема прессования: 1 – кольцо, 2 – матрица, 3 – обойма, 4 – нижний пуансон, 5, 6 – пружины, 7 – упор, 8 – верхний пуансон, 9 – стержень

Основные размеры рабочей полости пресс-формы:

$$H_{\text{матр}} = \frac{\gamma_n}{\gamma_n} \left( h_n + \frac{A_h}{2} + q_h - 0,005h_n + 0,02h_n \right) + 2l,$$

где  $\gamma_n = 7300 \text{ кг/м}^3$ ;

$\gamma_n = 2500 \text{ кг/м}^3$ ;

$h_n = 21 \text{ мм}$ ;

$A_h = 0,58 \text{ мм}$ ;

$q_h = 0$ ;

$l = 10 \text{ мм}$ .

Принимаем 81 мм.

$$H_{\text{прессовки}} = 21 + \frac{0,58}{2} + 0,02 \cdot 21 = 21,13 \text{ мм};$$

$$D_{\text{матр}} = D_n - \frac{A_D}{2} - 0,003 \cdot D_n + 0,02 \cdot D_n + q_D,$$

$$\text{где } D_{\text{матр}} = 26,1 - 26,1 \cdot 0,003 + 0,02 \cdot 26,1 - \frac{0,08}{2} = 26,504 \text{ мм}.$$

Принимаем 26,5 мм.

$$D_{\text{прессовки}} = 26,58;$$

$$d_{\text{стержня}} = d_n + \frac{A_D}{2} + 0,003d_n - 0,02d_n - q_d,$$

где  $d_n = 21,5 \text{ мм}$ ;  $A_D = 0,21 \text{ мм}$ ;  $q_d = 0$

$$d_{\text{ст}} = 21,5 + \frac{0,21}{2} + 0,003 \cdot 21,5 - 0,02 \cdot 21,5 = 21,24 \text{ мм}.$$

$$H_{\text{матр}} = \frac{7300}{2500} \cdot \left( 21 + \frac{0,58}{2} - 0,005 \cdot 21 + 0,02 \cdot 21 \right) + 20 = 80,97 \text{ мм}.$$

$$d_{\text{прессов}} = 21,17 \text{ мм}.$$

$$H_{\text{верх.туан.}} = H_{\text{матр}} - h - l + (5 \dots 10), \text{ мм}.$$

$$H_{\text{верх.туан.}} = 81 - 21 - 10 + 10 = 60 \text{ мм}.$$

$$H_{\text{стержня}} = H_{\text{матр}} + L;$$

$$H_{\text{стержня}} = 81 + 35 = 116 \text{ мм}$$

Масса навески втулки для прессования втулки

$$Q = \gamma_k \cdot V \cdot (1 - \Pi) \cdot m_1 \cdot m_2,$$



$$\text{где } \gamma_k = \frac{100}{\frac{a_1}{\gamma_1} + \frac{a_2}{\gamma_2}};$$

$$\gamma_k = \frac{100}{\frac{0,5}{2200} + \frac{99,5}{7800}} = 7740 \text{ кг/м}^3;$$

$$1 - \Pi = \frac{7300}{7800} = 0,93;$$

$$Q = 7740 \cdot 4,4 \cdot 10^{-6} \cdot 0,93 \cdot 1,01 \cdot 1,03 = 0,0329 \text{ кг.}$$

#### Порядок выполнения работы

1. Провести анализ технологичности детали, выбрать материал.

2. Выбрать схему прессования.

3. Определить схему рабочей полости прессинструмента.

4. Определить массу навески.

5. Вычертить чертеж прессовки.

6. Вычертить эскиз детали, выданной для оценки качества заготовок. Установить критерии оценки состояния поверхностей заготовок.

#### Содержание отчета

1. Название работы.

2. Чертеж детали, технические характеристики материала.

3. Анализ технологичности конструкции детали.

4. Определение размеров рабочей полости: высота, поперечный размер матрицы, пуансона, стержней.

5. Результаты расчета  $\gamma_{изд}$  и  $\Pi$ .

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. М.: Издательство стандартов., 1989 – 54с.
2. Медведев А.И. Сборник практических работ по технологии машиностроения. Уч. Пособие. / А.И. Медведев, В.А. Шкред, В.В. Бабук и др. под ред. И.П. Филонова. – Мн: БНТУ, 2003. - 486с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 5	1
Лабораторная работа № 6	13
Лабораторная работа № 7	26
Лабораторная работа № 8	34
Библиографический список	48

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ  
по дисциплине «Малоотходные технологии получения  
заготовок» для студентов направления подготовки  
бакалавров 150700.62 «Машиностроение» (профиль  
«Технологии, оборудование и автоматизация  
машиностроительных производств»)  
всех форм обучения

Часть 2

Составитель  
Симонова Юлия Эдуардовна

В авторской редакции

Компьютерный набор Ю.Э. Симоновой

Подписано к изданию 25.11.2015.  
Уч.–изд. л. 2,9. «С»

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический  
университет»  
394026 Воронеж, Московский просп., 14