Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

ОБЪЕМНАЯ ШТАМПОВКА

Методические указания к практическим работам по дисциплине
«Проектирование и производство заготовок» и «Технология и
оборудование заготовительного производства»
для студентов направления

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»

очной и заочной форм обучения

Энгельс 2025

Цель работы

Изучение технологических особенностей объемной облойной штамповки, ознакомление с принципами конструирования поковок и методом расчета усилия штамповки.

Содержание работы

1. Ознакомление с процессами объемной облойной и безоблойной штамповки.
2. Конструирование поковки по чертежу готовой детали.
3. Расчет исходной заготовки.
4. Расчет усилия штамповки.
5. Проведение эксперимента по объемной облойной штамповке.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОБЛОЙНОЙ И БЕЗОБЛОЙНОЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКЕ

Объемная штамповка является одним из широко распространенных методов обработки металлов давлением. При этом методе пластическая деформация металла происходит внутри специального инструмента, называемого штампом. Изделие, получаемое при объемной штамповке, называют поковкой.

В зависимости от характера течения металла в процессе штамповки различают облойную и безоблойную штамповку (рис. 1).

При облойной штамповке объем исходной заготовки берут большим, чем объем получаемой поковки. Деформируемый металл течет не только в рабочую часть штампа, соответствующую конфигурации поковки и называемую ручьем штампа, но и в зазор между подвижной и неподвижной частями штампа, образуя облой (заусенец). Впоследствии облой удаляется на вырубном штампе. В связи с существованием в процессе облойной штамповки между подвижной и неподвижной частями штампа переменного зазора, через который течет деформируемый металл, этот вид объемной штамповки также называют штамповкой в открытых штампах. Точность получаемых поковок здесь зависит от точности раскроя (отрезки) исходных заготовок, что позволяет не предъявлять высоких требований к точности заготовок по массе.

Безоблойная штамповка характеризуется тем, что полость штампа в процессе деформирования металла остается закрытой. Зазор между под-

вижной и неподвижной частями штампа при этом постоянный и небольшой, и он необходим главным образом для создания подвижности одной части штампа относительно другой (чтобы не было заклинивания между ними). Объем исходной заготовки равен объему получаемой поковки, образование облоя здесь не предусматривается, благодаря чему деформируемый металл расходуется более экономно.

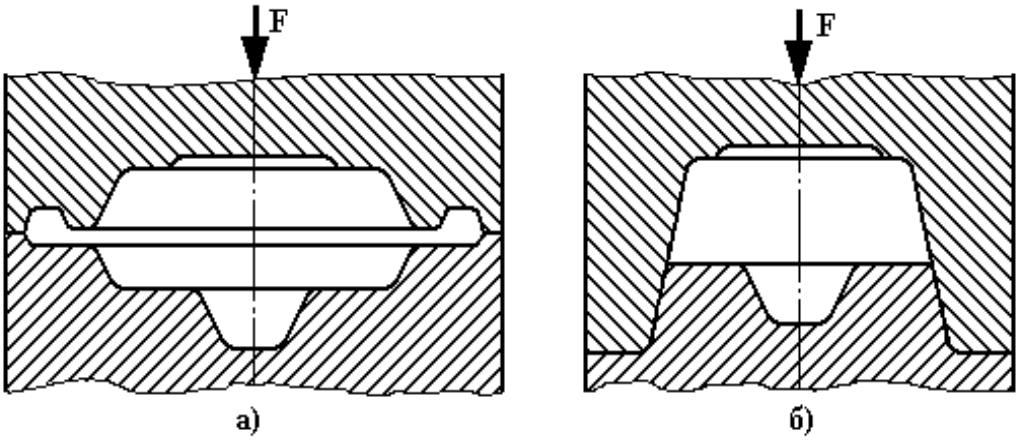

Рис. 1. Схемы объемной штамповки:
а) в открытых штампах; б) в закрытых штампах

В то же время отрезка исходных заготовок здесь должна выполняться с высокой точностью размеров. При недостаточном объеме заготовки поковки будут с неоформленными углами, а при завышенном объеме заготовок толщина поковок будет больше заданной чертежом. Срок службы закрытых штампов меньше, чем открытых, так как в них развиваются более высокие давления.

2. КОНСТРУИРОВАНИЕ ЧЕРТЕЖА ПОКОВКИ

Конструирование поковки производится на базе чертежа готовой детали (рис. 2) в соответствии с требованиями ГОСТ 7505–89. Контур готовой детали на чертеже (эскизе) вычерчивается штрихпунктирными линиями, а контур поковки должен быть вычерчен вокруг контура готовой детали сплошными линиями, как показано на рис. 3.

Номер варианта размеров готовой детали выбирается из табл. 12 по указанию преподавателя.

Конструирование поковки выполняется в следующем порядке:

1) определение класса точности поковки;
2) определение группы стали;
3) определение степени сложности поковки;
4) выбор конфигурации поверхности разъема штампа;
5) определение исходного индекса;

6) выбор припусков на механическую обработку;
7) определение допусков на размеры поковки;
8) выбор кузнечных напусков.

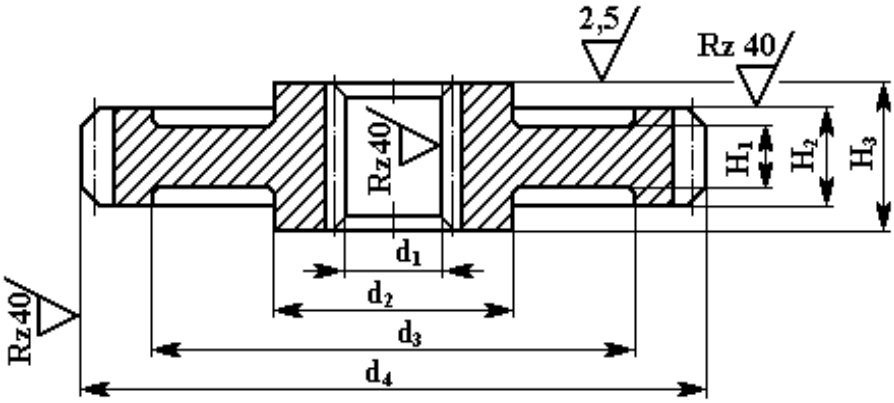

Рис. 2. Чертеж готовой детали

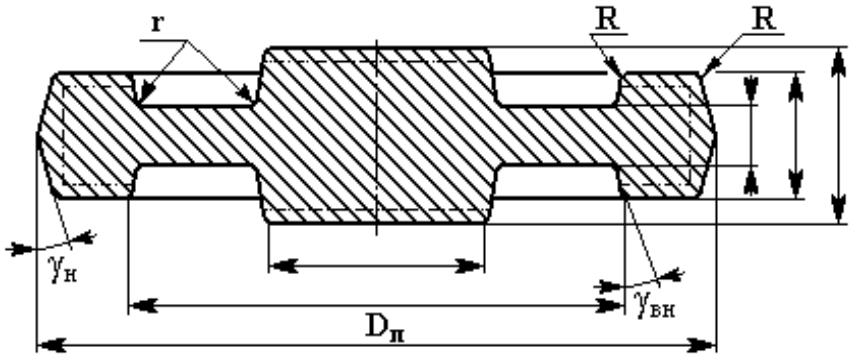

Рис. 3. Пример чертежа поковки

2.1. Определение класса точности поковки

Класс точности поковки устанавливается в зависимости от технологического процесса обработки давлением и оборудования, используемого для ее изготовления (табл. 1), а также исходя из требований, предъявляемых к точности размеров поковки.

Таблица 1. **Выбор класса точности поковок**

Основное деформирующее оборудование, технологические процессы	Класс точности				
	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5
Кривошипные горячештамповочные прессы:					
- открытая (облойная) штамповка				+	+
- закрытая штамповка		+	+		
- выдавливание			+	+	
Горизонтально-ковочные машины				+	+
Прессы винтовые, гидравлические				+	+
Горячештамповочные автоматы		+	+		
Штамповочные молоты				+	+

Калибровка объемная (горячая и холодная)	+	+			
Прецизионная штамповка	+				

При выборе класса точности поковки необходимо учесть, что при проведении данной лабораторной работы штамповка выполняется на гидравлическом прессе. В этом случае точность изготовления поковки должна соответствовать классу Т4 или Т5.

2.2. Определение группы стали, степени сложности поковки и конфигурации поверхности разъема штампа

В соответствии с ГОСТ 7505–89 эти характеристики определяются по табл. 2.

Т а б л и ц а 2 . **Определение конструктивных характеристик поковки**

Конструктивная характеристика поковки	Обозначение и определение конструктивных характеристик	Примечание
Группа стали	М1 – сталь с массовой долей углерода до 0,35 % включительно и суммарной массовой долей легирующих элементов до 2,0 % включительно; М2 – сталь с массовой долей углерода свыше 0,35 до 0,65 % включительно и суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 2,0 до 5,0 % включительно; М3 – сталь с массовой долей углерода свыше 0,65 % или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 5,0 %	При назначении группы стали определяющим является среднее массовое содержание углерода и легирующих элементов (Si, Mn, Cr, Ni, Mo, W, V)
Степень сложности	С1 – 1-я степень С2 – 2-я степень С3 – 3-я степень С4 – 4-я степень	–
Конфигурация поверхности разъема штампа	П – плоская; $И_с$ – симметрично изогнутая; $И_н$ – несимметрично изогнутая	–

Группа стали зависит от содержания углерода и легирующих элементов и устанавливается в соответствии с табл. 2.

Степень сложности штампованной поковки является одной из ее конструктивных характеристик, влияющих на величину назначаемых припусков и допусков на размеры поковки. В зависимости от степени сложности штампованные поковки подразделяют на 4 группы: С1, С2, С3 и С4.

Степень сложности поковки C определяют путем вычисления отношения массы (объема) поковки $M_п$ к массе (объему) $M_ф$ геометрической фигуры, в которую вписывается поковка:

$$C = M_п / M_ф.$$

Геометрическая фигура может быть шаром, параллелепипедом, цилиндром или прямой правильной призмой (рис. 4).

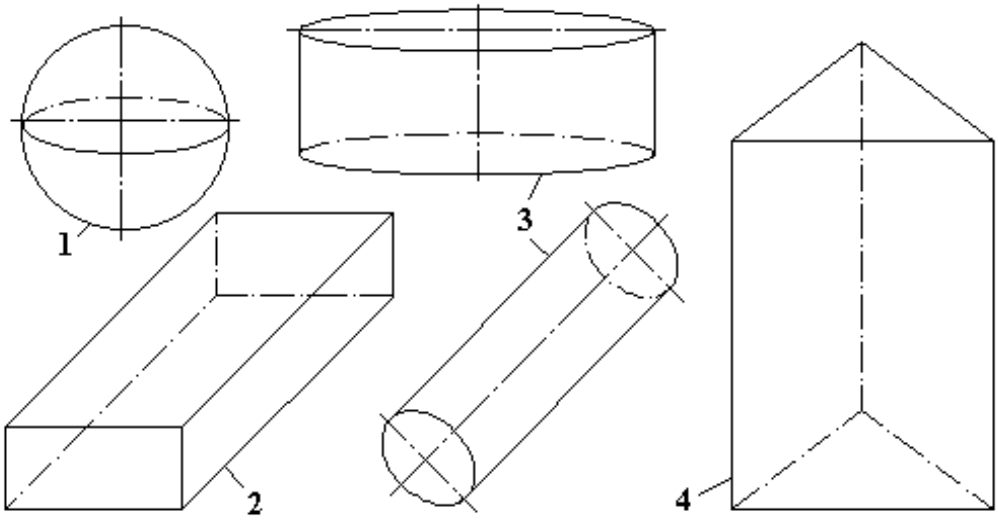

Рис. 4. Виды геометрических фигур, в которые вписываются поковки:
1 – шар; 2 – параллелепипед; 3 – цилиндр; 4 – призма

Различным степеням сложности поковок соответствуют следующие численные значения отношения $C = M_п / M_ф$: С1 – свыше 0,63; С2 – свыше 0,32 до 0,63 включительно; С3 – свыше 0,16 до 0,32 включительно; С4 – до 0,16 включительно.

Для определения массы поковки вначале необходимо рассчитать ее объем. При выполнении данной лабораторной работы необходимо условно разделить объем детали (см. рис. 2) на несколько простых фигур:

1) кольцо с наружным диаметром d_4, внутренним диаметром d_3 и высотой H_2;

2) кольцо с наружным диаметром d_3, внутренним диаметром d_2 и высотой H_1;

3) цилиндр с диаметром d_2 и высотой H_3.

После вычисления объема каждой из этих фигур (объем кольца определяется по формуле $V=\pi \cdot H \cdot ((D_{наружн})^2-(D_{внутр})^2)/4$, π=3,14) находится суммарный объем детали $V_д$. По известному объему детали с учетом массовой плотности стали (ρ=7,8 г/см^3=0,0078 г/мм^3) определяется масса детали $M_д$:

$$M_д = \rho \cdot V_д.$$

Затем определяется расчетная масса поковки $M_{пр}$. Расчетная масса поковки представляет собой массу металла, подвергаемого пластической деформации в процессе объемной штамповки. В эту массу не входит масса облоя. Расчетную массу поковки вычисляют по формуле

$$M_{пр} = M_{д} \cdot K_{р},$$

где $K_{р}$ – расчетный коэффициент, устанавливаемый согласно ГОСТ 7505–89 по табл. 3.

Таблица 3. **Значения расчетного коэффициента $K_{р}$**

Группа	Характеристика детали	Типовые представители	$K_{р}$
1 1.1 1.2	Удлиненной формы: - с прямой осью - с изогнутой осью	 Валы, оси, цапфы, шатуны Рычаги, сошки рулевого управления	 1,3–1,6 1,1–1,4
2 2.1 2.2 2.3	Круглые и многогранные в плане: - круглые - квадратные, прямоугольные, многогранные - с отростками	 Шестерни, ступицы, фланцы Фланцы, ступицы, гайки Крестовины, вилки	 1,5–1,8 1,3–1,7 1,4–1,6
3	Комбинированной конфигурации (сочетание элементов 1-й и 2-й групп)	Кулаки поворотные, коленчатые валы	1,3–1,8
4	С большим объемом необрабатываемых поверхностей	Балки передних осей, рычаги переключения коробок передач, буксирные крюки	1,1–1,3
5	С отверстиями, углублениями, поднутрениями, не оформляемыми в поковке при штамповке	Полые валы, фланцы, блоки шестерен	1,8–2,2

При выполнении данной лабораторной работы объемной штамповкой получают заготовку шестерни, поэтому принимается $K_{р}$ = 1,5.

Поверхностью разъема штампа называют поверхность, по которой соприкасаются между собой разъемные части штампа. Эта поверхность выбирается так, чтобы поковка свободно извлекалась из обеих половин штампа. С целью облегчения заполнения деформируемым металлом рабочей полости штампа желательно выбирать поверхность разъема штампа таким образом, чтобы внутренние полости штампа имели наименьшую глубину. При штамповке возможен сдвиг одной половины штампа относительно другой. Чтобы было легко обнаружить и контролировать этот сдвиг, поверхность разъема штампа должна пересекать вертикальную поверхность поковки.

Предпочтительнее поверхность разъема штампа иметь в виде плоскости. Криволинейная поверхность разъема нежелательна.

Учитывая характер конструкции поковки, получаемой в данной лабораторной работе (см. рис. 3), целесообразно выбрать плоский разъем штампа.

2.3. Определение исходного индекса

Исходный индекс, необходимый для последующего назначения припусков и допусков на размеры поковки, определяется в зависимости от массы поковки, группы стали, степени сложности и класса точности поковки.

Т а б л и ц а 4 . **Определение исходного индекса**

Масса Поковки, кг	Группа стали			Степень сложности поковки				Класс точности поковки					Исх. индекс
	М1	М2	М3	С1	С2	С3	С4	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	
До 0,5 включ.													1
Св. 0,5 до 1,0													2
Св. 1,0 до 1,8													3
Св. 1,8 до 3,2													4
Св. 3,2 до 5,6													5
Св. 5,6 до 10,0													6
Св. 10 до 20													7
Св. 20 до 50													8
Св. 50 до 125													9
Св. 125 до 250													10
													11
													12
													13
													14
													15
													16
													17
													18
													19
													20
													21
													22
													23

Т а б л и ц а 5 . **Примеры определения исходного индекса**

В соответствии с ГОСТ 7505–89 исходный индекс назначается по табл. 4, а методика пользования этой таблицей показана в табл. 5.

Для определения исходного индекса по табл. 4 в графе «Масса поковки» необходимо найти строку, соответствующую этой массе, и, смещаясь вправо по горизонтали или по утолщенным наклонным линиям вправо вниз, до пересечения с вертикальными линиями, соответствующими заданным величинам группы стали М, степени сложности поковки С и класса ее точности Т, определить величину исходного индекса (от 1 до 23).

В табл. 5 штрихпунктирными линиями со стрелками показаны два примера определения исходного индекса:

1. Для поковки массой 0,5 кг, группы стали М1, степени сложности С1, класса точности Т2 (величина исходного индекса – 3).

2. Для поковки массой 1,5 кг, группы стали М3, степени сложности С2, класса точности Т1 (величина исходного индекса – 6).

2.4. Выбор припусков на механическую обработку

Припуск – это слой металла, который будет удаляться при дальнейшей обработке поковки на металлорежущих станках с целью получения из нее готовой детали.

Таблица 6. **Основной припуск на сторону, мм**

Исх. индекс	Толщина детали, мм																	
	до 25			25 – 40			40 – 63			63 – 100			100 – 160			160 – 250		
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота детали, мм																	
	до 40			40 – 100			100 – 160			160 – 250			250 – 400			400 – 630		
	Шероховатость поверхности детали Rz (Ra), мкм																	
	100 (12,5) √	10 (1,6) √	(1,25) √	100 (12,5) √	10 (1,6) √	(1,25) √	100 (12,5) √	10 (1,6) √	(1,25) √	100 (12,5) √	10 (1,6) √	(1,25) √	100 (12,5) √	10 (1,6) √	(1,25) √	100 (12,5) √	10 (1,6) √	(1,25) √
1	0,4	0,6	0,7	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	–	–	–
2	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1

3	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2
4	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4
5	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5
6	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6
7	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8
8	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9
9	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0
10	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2
11	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,0	1,9	2,3	2,5
12	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7
13	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0
14	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3
15	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5

Припуск на механическую обработку включает основной, а также дополнительный припуск, учитывающий отклонения формы поковки. Все припуски назначаются на одну сторону номинального размера поковки. Это означает, что любой обрабатываемый наружный размер поковки увеличивается (внутренний уменьшается) по сравнению с соответствующим ему размером готовой детали на величину, равную двум припускам на сторону.

Основной припуск на сторону на механическую обработку в зависимости от исходного индекса, линейных размеров и шероховатости поверхности готовой детали определяется по табл. 6. Дополнительный припуск на сторону, учитывающий возможную изогнутость поковки и ее отклонения от плоскостности и прямолинейности, определяется по табл. 7.

Таблица 7. **Дополнительный припуск на сторону, мм**

Наибольший размер поковки, мм	Класс точности				
	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5
До 100 включ.	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4
Св. 100 до 160	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
Св. 160 до 250	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Св. 250 до 400	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
Св. 400 до 630	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
Св. 630 до 1000	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
Св. 1000 до 1600	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
Св. 1600 до 2500	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0

При работе с табл. 6 и 8 согласно ГОСТ 7505–89 под толщиной поковки понимают высотный размер геометрического элемента поковки, получаемого в обеих частях штампа. При выполнении данной лабораторной работы толщинами считаются размеры поковки, обозначаемые H_1, H_2, и H_3 (см. рис. 2). Размеры, обозначаемые d_1, d_2, d_3 и d_4 будут в данном случае считаться диаметрами.

2.5. Определение допусков на размеры поковки

Допуски на размеры поковки в зависимости от исходного индекса и размеров поковки назначаются по табл. 8.

Например, для диаметра поковки 30 мм при исходном индексе 4, наибольшей толщине 15 мм верхнее отклонение от номинального размера будет составлять +0,4 мм, нижнее отклонение равно –0,2 мм, а допуск этого размера поковки составляет 0,6 мм. Согласно ГОСТ 7505–89 разрешается округлять линейные размеры поковки с точностью до 0,5 мм. Допуски, взятые по табл. 8, для внутренних размеров поковки берутся с обратным знаком.

Т а б л и ц а 8 . **Допуски на линейные размеры поковок, мм**

Исх. индекс	Наибольшая толщина поковки, мм											
	до 40		40 – 63		63 – 100		100 – 160		160 – 250		св. 250	
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота поковки, мм											
	до 40		40 – 100		100 – 160		160 – 250		250 – 400		400 – 630	
	допуск	откл.	допуск	откл.	допуск	откл.	допуск	откл.	допуск	откл.	допуск	откл.
1	0,3	+0,2 –0,1	0,4	+0,2 –0,1	0,5	+0,3 –0,2	0,6	+0,4 –0,2	0,7	+0,5 –0,2	–	–
2	0,4	+0,3 –0,1	0,5	+0,3 –0,2	0,5	+0,4 –0,2	0,7	+0,5 –0,2	0,8	+0,5 –0,3	0,9	+0,6 –0,3
3	0,5	+0,3 –0,2	0,6	+0,4 –0,2	0,7	+0,5 –0,2	0,8	+0,5 –0,3	0,9	+0,6 –0,3	1,0	+0,7 –0,3
4	0,6	+0,4 –0,2	0,7	+0,5 –0,2	0,8	+0,5 –0,3	0,9	+0,6 –0,3	1,0	+0,7 –0,3	1,2	+0,8 –0,4
5	0,7	+0,5 –0,2	0,8	+0,5 –0,3	0,9	+0,6 –0,3	1,0	+0,7 –0,3	1,2	+0,8 –0,4	1,4	+0,9 –0,5
6	0,8	+0,5 –0,3	0,9	+0,6 –0,3	1,0	+0,7 –0,3	1,2	+0,8 –0,4	1,4	+0,9 –0,5	1,6	+1,1 –0,5
7	0,9	+0,6 –0,3	1,0	+0,7 –0,3	1,2	+0,8 –0,4	1,4	+0,9 –0,5	1,6	+1,1 –0,5	2,0	+1,3 –0,7
8	1,0	+0,7 –0,3	1,2	+0,8 –0,4	1,4	+0,9 –0,5	1,6	+1,1 –0,5	2,0	+1,3 –0,7	2,2	+1,4 –0,8
9	1,2	+0,8 –0,4	1,4	+0,9 –0,5	1,6	+1,1 –0,5	2,0	+1,3 –0,7	2,2	+1,4 –0,8	2,5	+1,6 –0,9
10	1,4	+0,9 –0,5	1,6	+1,1 –0,5	2,0	+1,3 –0,7	2,2	+1,4 –0,8	2,5	+1,6 –0,9	2,8	+1,8 –1,0
11	1,6	+1,1 –0,5	2,0	+1,3 –0,7	2,2	+1,4 –0,8	2,5	+1,6 –0,9	2,8	+1,8 –1,0	3,2	+2,1 –1,1
12	2,0	+1,3 –0,7	2,2	+1,4 –0,8	2,5	+1,6 –0,9	2,8	+1,8 –1,0	3,2	+2,1 –1,1	3,6	+2,4 –1,2
13	2,2	+1,4 –0,8	2,5	+1,6 –0,9	2,8	+1,8 –1,0	3,2	+2,1 –1,1	3,6	+2,4 –1,2	4,0	+2,7 –1,3
14	2,5	+1,6 –0,9	2,8	+1,8 –1,0	3,2	+2,1 –1,1	3,6	+2,4 –1,2	4,0	+2,7 –1,3	4,5	+3,0 –1,5
15	2,8	+1,8 –1,0	3,2	+2,1 –1,1	3,6	+2,4 –1,2	4,0	+2,7 –1,3	4,5	+3,0 –1,5	5,0	+3,3 –1,7
16	3,2	+2,1 –1,1	3,6	+2,4 –1,2	4,0	+2,7 –1,3	4,5	+3,0 –1,5	5,0	+3,3 –1,7	5,6	+3,7 –1,9

2.6. Выбор кузнечных напусков

Под кузнечным напуском понимают дополнительный объем или слой металла на обрабатываемых или необрабатываемых резанием частях поверхности поковки, необходимый для осуществления формообразующих операций штамповки.

Кузнечные напуски на поковке могут быть образованы штамповочными уклонами, радиусами закруглений углов поковки и перемычками наметок отверстий, которые получают при дальнейшей обработке резанием. Все кузнечные напуски назначают сверх припуска на обработку резанием. Это повышает отход металла при механической обработке и утяжеляет поковку.

2.6.1. Выбор штамповочных уклонов

Для облегчения заполнения рабочей полости штампа деформируемым металлом и извлечения из нее поковки на боковых поверхностях ручья штампа необходимы штамповочные уклоны. Они назначаются сверх припусков.

При горячей объемной штамповке эти уклоны для наружных поверхностей вследствие температурной усадки металла поковки назначаются меньшими, чем для внутренних поверхностей.

Необходимая величина штамповочных уклонов в соответствии с требованиями ГОСТ 7505–89 приведена в табл. 9.

Таблица 9. **Штамповочные уклоны, град**

Оборудование	Штамповочные уклоны	
	на наружной поверхности	на внутренней поверхности
Штамповочные молоты, прессы без выталкивателей	7	10
Прессы с выталкивателями, горизонтально-ковочные машины	5	7
Горячештамповочные автоматы	1	2

При конструировании поковки в данной лабораторной работе нужно учитывать, что объемная штамповка выполняется на гидравлическом прессе без выталкивателей.

2.6.2. Определение штамповочных радиусов

Все пересекающиеся поверхности поковок сопрягаются по радиусам. Это необходимо для лучшего заполнения внутренней полости штампа деформируемым металлом и предохранения его от преждевременного износа и поломок.

Различают внешние и внутренние радиусы скругления поковок. Внешние радиусы назначают в зависимости от массы поковки и глубины прилегающей рабочей полости штампа по табл. 10.

Так, например, при массе поковки 2 кг и высоте H_3=30 мм (см. рис. 2 и табл. 12) глубина полости ручья штампа составляет около 15 мм (H_3/2 без учета припуска на механическую обработку). Тогда величина внешнего штамповочного радиуса по табл. 10 равна 2 мм.

Величина внутренних штамповочных радиусов примерно в 3 раза больше соответствующих внешних радиусов.

Таблица 10. **Наружные штамповочные радиусы, мм**

Масса поковки, кг	Глубина полости ручья штампа, мм			
	до 10 включ.	10 – 25	25 – 50	св. 50
До 1,0 включ.	1,0	1,6	2,0	3,0
Св. 1,0 до 6,3	1,6	2,0	2,5	3,6
Св. 6,3 до 16	2,0	2,5	3,0	4,0
Св. 16 до 40	2,5	3,0	4,0	5,0
Св. 40 до 100	3,0	4,0	5,0	7,0
Св. 100 до 250	4,0	5,0	6,0	8,0

2.6.3. Подготовка наметки под прошивку отверстия

Если осуществляется конструирование поковки, в чертеже готовой детали которой имеются отверстия с диаметром не менее 30 мм, а оси этих отверстий параллельны направлению движения подвижной части штампа, то в местах расположения отверстий делают наметку.

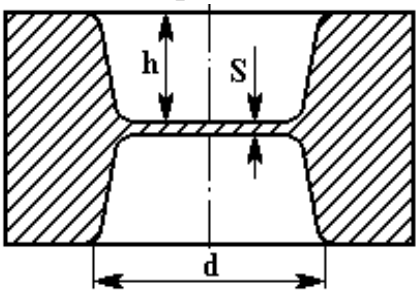

Рис. 5. Схема наметки отверстия

Под наметкой понимают два углубления высотой h, выштампованные в месте расположения отверстия и разделенные перемычкой небольшой толщины S (рис. 5). Толщина поковки в месте пробивки должна быть не больше диаметра пробиваемого отверстия. Перемычка впоследствии удаляется на пробивном штампе (эта операция называется прошивкой отверстия).

При выполнении данной лабораторной работы ввиду малого размера диаметра сквозного отверстия его наметка не предусматривается.

3. РАСЧЕТ ИСХОДНОЙ ЗАГОТОВКИ

3.1. Определение размеров облойной канавки

При конструировании облойной канавки необходимо рассчитать высоту заусенца h_3 в мм. Она определяется по эмпирической зависимости $h_3=0{,}018\sqrt{F_n}$, где F_n – площадь проекции поковки на плоскость разъема штампа, мм^2. В данной лабораторной работе F_n определится как площадь круга с диаметром, равным максимальному диаметру поковки D_n (см. рис. 3).

После расчета величины h_3 по ней выбирается один из четырех вариантов облойной канавки согласно табл. 11. F_3 – площадь поперечного сечения облойной канавки. Размеры облойной канавки показаны на рис. 6.

Например, если расчетное значение h_3 примерно равно 1 мм, выбирается третий вариант облойной канавки (F_3 =80 мм^2).

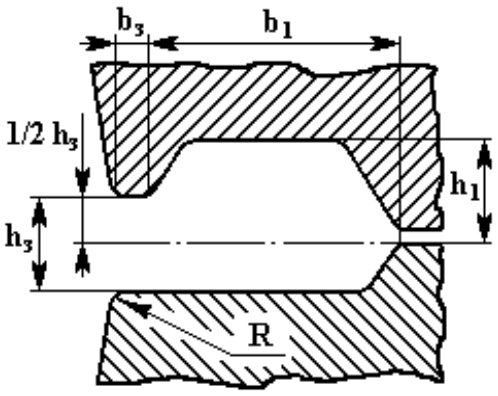

Рис. 6. Схема облойной канавки

Таблица 11. **Размеры облойной канавки**

№ варианта	h_3, мм	h_1, мм	R, мм	b_3, мм	b_1, мм	F_3, мм^2
1	0,6	3	1	5	18	52
2	0,8	3	1	5	20	69
3	1	3	1	5	22	80
4	1,5	5	1	5	22	102

3.2. Определение формы и размеров исходной заготовки

Форма исходной заготовки может быть различной и зависит от сложности формы получаемой поковки, используемого оборудования и штампового инструмента.

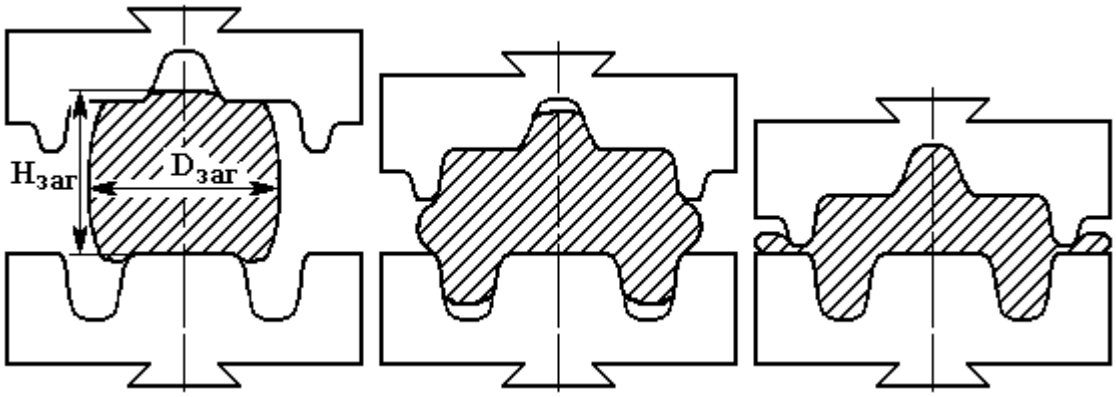

Рис. 7. Пример формообразования поковки из исходной заготовки

При выполнении данной лабораторной работы методом объемной облойной штамповки изготовляется заготовка шестерни, поэтому в качестве исходной заготовки принимается цилиндр, имеющий высоту $H_{заг}$ и диаметр $D_{заг}$ (рис. 7).

Для определения размеров исходной заготовки необходимо рассчитать ее объем:

$$V_{заг}=(V_{пок}+V_{отх}) \cdot n,$$

где n – коэффициент, учитывающий угар металла при горячей штамповке (при нагреве заготовки в пламенной печи n=1,02, при нагреве в электрической печи n=1,01. В данной лабораторной работе принимаем n=1,01); $V_{пок}$ – объем поковки, рассчитанный по ее чертежу, мм^3; $V_{отх}$ – объем отходов металла в мм^3, равный сумме объемов заусенца $V_З$ и перемычки $V_{пер}$:

$$V_{отх}=V_З+V_{пер}.$$

Объем заусенца определяется по формуле

$$V_З=\pi \cdot k \cdot F_З \cdot D_п,$$

где k=0,6 – коэффициент заполнения деформируемым металлом облойной канавки штампа; $F_З$ – площадь поперечного сечения облойной канавки (см. табл. 11), мм^2; $D_п$ – максимальный диаметр поковки, мм (см. рис. 3).

Объем перемычки принимается равным:

$$V_{пер}=(1/4) \cdot V_З.$$

После определения объема исходной заготовки $V_{заг}$ рассчитывается ее диаметр:

$$D_{заг} = 1{,}08 \cdot \sqrt[3]{V_{заг} / m},$$

где $m=H_{заг}/D_{заг}$.

Известно, что во избежание возникновения продольного изгиба при осадке цилиндра в торец величина коэффициента m должна быть не более 1,5 ... 1,8. Принимая при выполнении лабораторной работы заданное значение коэффициента m=1,5, рассчитывается сначала диаметр $D_{заг}$, а затем при известном значении m высота цилиндра $H_{заг}$ исходной заготовки.

4. РАСЧЕТ УСИЛИЯ ШТАМПОВКИ

Расчет усилия, возникающего в процессе объемной штамповки, проводится с целью выбора оборудования, оптимально удовлетворяющего условиям процесса штамповки.

Необходимое усилие штамповки для получения заданной поковки определяется по формуле

$$P = \sigma_S \left[\left(1{,}5 + 0{,}5 \cdot \frac{b_З}{h_З} \right) \cdot F_З + \left(1{,}5 + \frac{b_З}{h_З} + 0{,}08 \cdot \frac{D_п}{h_З} \right) \cdot F_п \right],$$

где σ_S – напряжение текучести металла (для свинца $\sigma_S \approx 25$ МПа); $b_З$ – толщина перемычки, мм (см. табл. 11); $h_З$ – толщина заусенца, мм (см. табл. 11); $F_п$ – площадь проекции поковки на плоскость разъема штампа, мм^2 (см. п. 3.1); $F_З$ – площадь поперечного сечения облойной канавки, мм^2 (см. табл. 11).

При проведении эксперимента по объемной облойной штамповке в данной лабораторной работе вместо горячей объемной штамповки низкоуглеродистой стали проводится холодная штамповка заготовки из свинца. Такая замена допустима, поскольку пределы текучести указанных материалов при соответствующих температурах имеют близкие значения.

5. ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОБЛОЙНОЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКЕ

Штамповка проводится на гидравлическом прессе ПГ-150. Во время эксперимента необходимо снять показания измерительного прибора пресса и затем по ним определить действительное усилие штамповки.

6. СРАВНЕНИЕ РАСЧЕТНОГО И ДЕЙСТВИТЕЛЬНОГО УСИЛИЙ ШТАМПОВКИ

Погрешность расчетного значения усилия штамповки $P_р$ определяется сравнением с действительным значением усилия $P_д$, полученным по показаниям прибора пресса. Относительная погрешность определяется в процентах по формуле

$$\eta = \frac{P_д - P_р}{P_д} \cdot 100\%.$$

7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

В отчете должны быть представлены:

- краткие сведения (конспект) о процессах облойной и безоблойной объемной штамповки (см. п. 1);
- эскиз готовой детали (см. рис. 2) с указанными на нем буквенными обозначениями и численными значениями всех размеров (например: d_1=20) по одному из вариантов, указанному преподавателем (табл. 12);
- эскиз поковки с указанными на нем численными значениями всех размеров (см. рис. 3);
- последовательность конструирования чертежа поковки по методике, изложенной в настоящих указаниях (см. п. 2), с указанием всех определяемых параметров;
- расчет исходной заготовки (см. п. 3) с указанием всех определяемых параметров;
- расчет усилия штамповки (см. п. 4) и его сравнение с фактическим значением усилия штамповки (см. п. 5, 6).

Таблица 12. **Исходные данные, мм**

Вариант	d_1	d_2	d_3	d_4	H_1	H_2	H_3
1	6	14	35	40	4	10	14
2	7	16	36	42	5	12	16
3	8	18	37	45	6	14	18
4	9	20	40	47	7	14	19
5	10	22	43	50	8	15	20
6	11	23	43	53	8	15	22
7	12	25	44	57	8	16	24
8	13	26	45	60	8	16	25

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем состоит отличие объемной штамповки от свободной ковки?
2. Что такое ручей штампа?
3. Чем облойная объемная штамповка отличается от безоблойной?
4. Каково соотношение величин объемов исходной заготовки и получаемой поковки при облойной штамповке?
5. Что такое облойная канавка штампа?
6. Изменяется ли размер зазора между подвижной и неподвижной частями штампа в процессе облойной штамповки?

7. В чем состоит основное отличие объемной штамповки в открытых штампах от объемной штамповки в закрытых штампах?

8. Что такое штамповочный уклон и для чего он необходим?

9. При каком виде объемной штамповки (облойной или безоблойной) деформируемый металл используется более экономно?

10. Что такое припуск на механическую обработку поковок?

11. При каком виде объемной штамповки (облойной или безоблойной) раскрой (нарезка) исходной заготовки должен производиться с большей точностью?

12. Как назначаются штамповочные уклоны поковки: за счет припусков на механическую обработку или сверх этих припусков?

13. Для чего нужен небольшой (символический) зазор между подвижной и неподвижной частями штампа при безоблойной штамповке?

14. Для чего нужна наметка отверстий в поковке?

15. На каких поверхностях поковки при горячей объемной штамповке назначается больший штамповочный уклон: наружных или внутренних, и почему?

16. Для чего необходимы радиусы скругления между пересекающимися поверхностями поковок?

17. Как удаляют облой (заусенец), полученный при облойной штамповке?

18. Как называют металлические изделия, получаемые при объемной штамповке и свободной ковке?

19. Каково соотношение объемов исходной заготовки и получаемого изделия при проведении объемной штамповки в закрытом штампе?

20. Как удаляют перемычку наметки отверстия?

21. Объясните точный смысл понятия «штамповка»: что это – процесс деформирования металлической заготовки или название изделия, получаемого при деформации металла в штампе?

Библиографический список

1. ГОСТ 7505–89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – М.: Госкомитет СССР по управлению качеством продукции и стандартами, 1990. – 53 с.

2. Обработка металлов давлением: Методические указания к лабораторным работам / Сост. П. И. Лаптев. – Омск: СибАДИ, 1989. – 30 с.

3. Ковка и объемная штамповка стали: Справочник / Под ред. В. М. Сторожева. – М.: Машиностроение, 1967. – 436 с.

4. Семенов Е. И. Ковка и объемная штамповка. – М.: Высшая школа, 1972. – 354 с.

5. Плотников В. А. Разработка технологического процесса изготовления штампованной заготовки / В. А. Плотников, М. Я. Швец. – Омск: СибАДИ, 1987. – 28 с.

6. Дальский А. М. Технология конструкционных материалов: Учебное пособие для вузов / А. М. Дальский, В. С. Гаврилюк, Л. Н. Бухаркин и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие сведения об облойной и безоблойной объемной штампов-ке..... 3
2. Конструирование чертежа поковки..... 4
2.1. Определение класса точности поковки..... 5
2.2. Определение группы стали, степени сложности поковки и конфигурации поверхности разъема штампа..... 6
2.3. Определение исходного индекса..... 8
2.4. Выбор припусков на механическую обработку..... 10
2.5. Определение допусков на размеры поковки..... 11
2.6. Выбор кузнечных напусков..... 12
2.6.1. Выбор штамповочных уклонов..... 13
2.6.2. Определение штамповочных радиусов..... 13
2.6.3. Подготовка наметки под прошивку отверстия..... 14
3. Расчет исходной заготовки..... 14
3.1. Определение размеров облойной канавки..... 14
3.2. Определение формы и размеров исходной заготовки..... 15
4. Расчет усилия штампов-ки..... 16
5. Проведение эксперимента по облойной объемной штамповке.. 17
6. Сравнение расчетного и действительного усилий штамповки. 17
7. Содержание отчета по лабораторной работе..... 17
Контрольные вопросы..... 18
Библиографический список..... 19

ОБЪЕМНАЯ ШТАМПОВКА

Методические указания к практическим работам по дисциплине
«Проектирование и производство заготовок»
для студентов направлений 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»,