

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

КОВКА МЕТАЛЛОВ

Цели работы

1. Исследовать влияние условий трения на процесс пластической деформации при осадке на прессе.
2. Освоить методику выбора оборудования для операции осадки.

Оборудование и материалы: гидравлический ковочный пресс; заготовки из прессованного круглого прутка алюминиевого сплава; смазка – машинное масло или графит; измерительный инструмент – штангенциркуль.

Краткие теоретические сведения

Наиболее распространенной операциейковки является *осадка* – операция уменьшения высоты заготовки при увеличении площади ее поперечного сечения. Осадку применяют для получения поковок с большими поперечными размерами при относительно малой высоте (зубчатые колеса, диски и т. п.). Особенностью процесса является неравномерность деформации, внешне выражающаяся в формировании у осаженой заготовки бочкообразной формы.

При давлении бойков на заготовку между заготовкой и инструментом возникает контактное трение $F_{\text{тр}}$, препятствующее свободному перемещению металла. На торцах заготовки цилиндрической формы в вертикальном сечении образуют конусы (рис. 4.1, а) неподвижного металла, а при ковке граничных заготовок – пирамиды (рис. 4.1, б).

Фигуры, образуемые неподвижными частями поковки, называют *конусами скольжения*. Металл, находящийся в пределах конуса скольжения, не может выйти из него, и поэтому пластическая деформация осуществляется за счет металла, находящегося вне конусов скольжения. Действие конусов скольжения при этом подобно действиям силовых клиньев, внедряющихся в массу металла и тем самым деформирующих его, поэтому металл течет из объемов, где в данный момент действуют конусы скольжения.

Соотношение высоты и диаметра заготовки определяет геометрическую форму и качество поковки после осадки. При большой высоте заготовки ($H > 2D$), когда вершины конусов относят далеко друг от друга, заготовка деформируется в двух местах, образуя двойную бочку (рис. 4.1, в). При высоте заготовки $H \leq D$, но недостаточной пластичности металла после встречи конусов может происходить их внедрение друг в друга, сопровождающееся постепенным разрушением конусов с вершин (рис. 4.1, г) или скольжением одного конуса по другому (рис. 4.1, д). Сближающиеся конусы приводят к образованию трещин или разрушению заготовки.

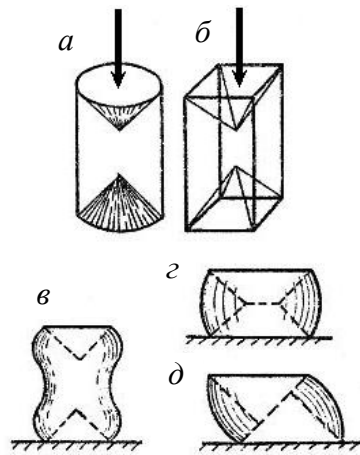


Рис. 4.1. Схема возникновения неравномерной деформации при осадке:
 а, б – в заготовках различной формы; в – в заготовке большой высоты;
 г, д – в заготовках из металла недостаточной пластичности

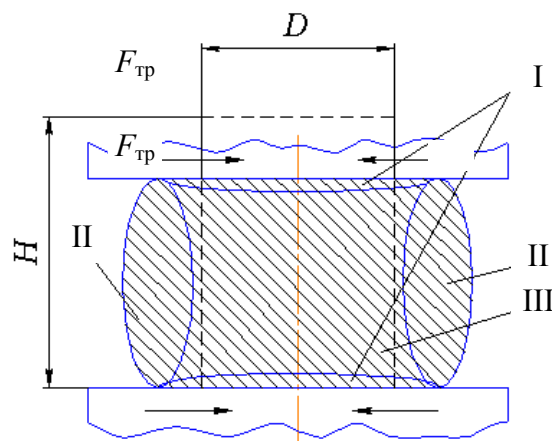


Рис. 4.2. Неравномерность деформации при осадке

Наиболее часто на практике зоны затрудненной деформации, расклинивающие металл, имеют форму куполов I (рис. 4.2). Выделяются также зоны II и III. Зона II выходит на боковые поверхности заготовки, интенсивность деформации в ней больше, чем в зоне I, и меньше, чем в зоне III. Здесь возникают растягивающие напряжения, которые могут являться причиной образования трещин и ограничивают величину деформации при осадке. Зона III – зона наиболее интенсивной деформации, она располагается в осевом сечении заготовки и может частично выходить на торцы и боковые поверхности заготовки.

Для уменьшения коэффициента трения контактные поверхности бойков должны иметь незначительную шероховатость. Бочкообразованию способствует также переохлаждение торцов нагретой заготовки из-за контакта с более холодными бойками. В этом случае подогревают бойки или осадочные плиты. Для уменьшения коэффициента трения и получения более равномерной осадки применяются смазочные материалы: сухие древесные опилки, графит с машинным маслом, водный раствор коллоидного графита и жидкого стекла и др.

С увеличением общей степени деформации разница местных деформаций

ций у торцевых поверхностей и в центре возрастает. При степени деформации 60 % в зоне I ([рис. 4.2, а](#)) металл будет деформирован на величину около 10 %, а в центре зоны III деформация составляет более 90 %. Поэтому степень закрытия дефектов по объему осаживаемой заготовки будет различной. Для закрытия дефектов, находящихся в зоне I, требуется повышенная степень деформации, что достигается правильным подбором конфигурации бойков и осадочных плит.

Выбор оборудования для осадки

Ковочные молоты работают по принципу ударного действия, при котором мощность удара определяется главным образом массой падающих частей молота. Металл деформируется за счет энергии, накопленной падающими (подвижными) частями молота к моменту их соударения с заготовкой.

В номинальную массу падающих частей молота входят массы бабы, штока, поршня, верхнего бойка и других сопряженных с ними деталей. Мощность молота принято выражать массой падающих частей в тоннах (т) и килограммах (кг).

Ориентировочные данные для выбора ковочных молотов в зависимости от формы и размера заготовки приведены в [табл. 4.1](#).

Расчет размеров и массы заготовки. Массу исходной заготовки при ковке из проката определяют по формуле

$$m_z = m_{\text{п}} + m_{\text{о}},$$

где $m_{\text{п}}$ – масса поковки, кг; $m_{\text{о}}$ – масса отходов на обсечки и угар, кг.

Если поковку обрабатывают резанием, то подсчет массы металла проводят по номинальным размерам поковки без учета допусков. Если поковка механически не обрабатывается, то подсчет массы металла проводят с учетом максимальных значений допусков, т. е. по максимальным размерам поковки.

Таблица 4.1

Данные для выбора массы падающих частей ковочных молотов

Масса падающих частей молота, кг	Максимальное сечение заготовки – сторона квадрата или диаметр исходной заготовки, мм	Примерная масса поковок, кг	
		гладких	фасонных
50	40	До 8	До 1,5
80	50	8–12	1,5–2
160	65	12–15	2–5
250	75	15–35	5–8
400	100	35–60	8–18
630	125	60–120	18–30
1000	160	120–125	30–70

Массу поковки подсчитывают по формуле

$$m_{\text{п}} = V_{\text{п}}\rho,$$

где $V_{\text{п}}$ – объем металла поковки, см^3 ; ρ – плотность; для стали $\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$.

Массу отходов на обесечки и угар берут обычно в процентах от массы поковки. Ее значение составляет 1,5–2,5 % (зубчатые колеса – 8–10 %; гладкие валы, бруски – 5–7 %; валы и вилки с уступами, болты – 7–10 %; гаечные ключи, шатуны – 15–18 % и др.).

Таблица 4.2

Механические характеристики сплавов при ковочных температурах

Марка сплава	Температураковки, °С	σ_{02}	$\sigma_{\text{в}}$	δ	Ψ
		МПа		%	
Ст3сп	900	39	66	84	100
	1000	25	44	79	100
	1100	19	32	80	100
	1200	14	25	84	100
30	800	—	100	49	98
	900	—	79	53	100
	1000	—	49	56	100
	1100	—	31	58	100
	1200	—	21	64	100
45	800	65	115	58	98
	900	55	77	62	100
	1000	35	51	72	100
	1100	22	35	81	100
	1200	15	27	90	100
У7	800	—	96	65	100
	900	—	64	60	100
	1000	—	37	62	100
	1100	—	22	65	100
	1200	—	17	92	100
У10	800	—	92	52	100
	900	—	56	59	100
	1000	—	30	70	100
	1100	—	18	78	100
	1200	—	16	86	100
Амг2	300	65	120	32	80
	400	—	100	43	88
	450	—	50	60	97
АК4	300	—	100	23	70
	400	—	50	73	87
	450	—	27	100	92

Примечание. σ – относительное удлинение; ψ – относительное сужение.

Площадь поперечного сечения исходной заготовки определяют исходя из площади поперечного сечения детали, характера обработки и степени уковки. Если основной операцией при ковке является вытяжка, то площадь поперечного сечения исходной заготовки F_3 находят по формуле

$$F_3 = F_n K,$$

где F_n – площадь поперечного сечения поковки, см^2 ; K – степень уковки, равная для проката 1,3–1,5, для слитка – 1,5–2.

Длину исходной заготовки L_3 , см , можно определить из формулы

$$L_3 = \frac{V_n + V_0}{F_3} = \frac{V_3}{F_3},$$

где V_0 – объем отходов, см^3 ; V_3 – объем заготовки, см^3 .

Для облегчения расчетов объемы сложных деталей разбивают на объемы элементарных фигур. По [табл. 4.2](#) выбирают массу падающих частей молота.

В ы б о р п р е с с а. Для выбора пресса нужно определить величину усилия, обеспечивающего процесс деформации.

Усилие пресса (МН), необходимое для осадки заготовки круглого или квадратного сечения, можно определить по формуле

$$P = k (1 + 0,17 D_{\text{ср}} / H_1) \sigma_{\text{в}} F \cdot 10^{-6},$$

где k – масштабный коэффициент, $k = 0,75$; $D_{\text{ср}}$ – средний диаметр поковки после осадки, $D_{\text{ср}} = D \sqrt{H / H_1}$, мм ; $\sigma_{\text{в}}$ – предел прочности сплава при температуре осадки, приближенно равный пределу текучести сплава $\sigma_{\text{т}}$ или σ_{02} при той же температуре ([табл. 4.2](#)); F – площадь поперечного сечения поковки после осадки, $F = \frac{\pi D_{\text{ср}}^2}{4}$, мм^2 .

Таблица 4.3

Основные параметры ковочных гидравлических прессов

Параметр	Норма						
Номинальное усилие пресса, МН	2	3,15	5	8	12,5	20	31,5
Наибольший ход подвижной траверсы (рамы), мм	450	560	710	900	1250	1600	2000
Расстояние между столом и подвижной траверсой (рамой) в ее верхнем положении, мм	1400	1600	1800	2120	2650	3150	4000
Размер рабочей зоны в свету поперек осиковки, мм	1060	1180	1250	1500	1900	2240	2650
Размеры выдвижного стола, мм:							
ширина	500	630	800	1000	1250	1600	2000
длина, не менее	560	710	900	1250	1600	2120	2500

Полученное значение усилия прессы используют для выбора кузнечно-го оборудования ([табл. 4.3](#)).

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с основным инструментом и операциями свободнойковки, достоинствами и недостатками процессаковки, областью применения.
2. Изучить принцип действия гидравлического прессы и пневматического молота.
3. Взять у учебного мастера две цилиндрические заготовки из деформируемого алюминиевого сплава. Представить эскизы, измерить высоту H и диаметр D заготовок, проставить размеры и занести в [табл. 4.4](#).

Таблица 4.4

Результаты осадки заготовок из цветных сплавов

Обозначение размеров	Размер исходной заготовки	Размер поковки после осадки	
		с применением смазки	без применения смазки
H			
D			
$У$			
E_H			

4. На торцы одной заготовки нанести смазку в виде машинного масла или суспензии графита в масле.

Осадить заготовки на гидравлическом прессе без предварительного нагрева.

5. Замерить размеры поволоков после осадки со смазкой и без смазки ([рис. 4.3](#)).

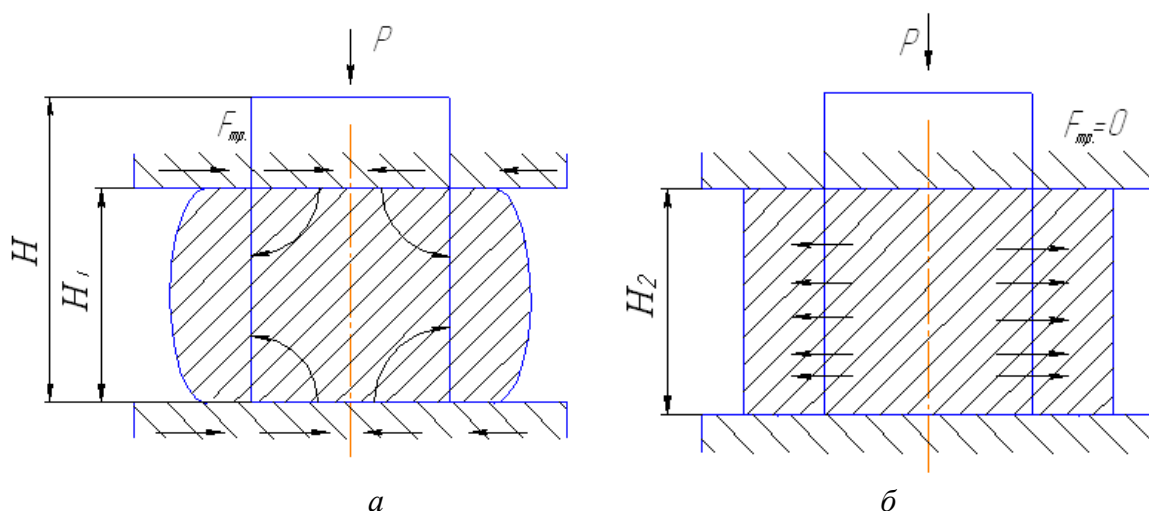


Рис. 4.3. Эскизы поволоков после осадки: a – без смазки; b – со смазкой

6. Определить для каждой из поковок величину уковки

$$y = \frac{H}{H_1}$$

и степень деформации

$$E_H = \frac{H - H_1}{H} \cdot 100 \text{ \%}.$$

7. Выбрать оборудование для осадки заготовок из алюминиевых сплавов или стали, получив у преподавателя данные о марке сплава, температурном режимековки.

8. Сделать выводы.

Содержание отчета

1. Зарисовать схемы операций свободнойковки.
2. Зарисовать заготовку из деформируемого алюминиевого сплава.
3. Зарисовать поковки после осадки со смазкой и без смазки.
4. Указать размеры заготовки и поковок на эскизе ([рис. 4.3](#)) и занести их в [табл. 4.4](#).
5. Определить для каждой из поковок величину уковки Y и степень деформации E_H . Полученные значения занести в [табл. 4.4](#).
6. Сделать расчет параметров оборудования для осадки, получив у преподавателя данные.
7. Зарисовать схему оборудования, выбранного дляковки.

Контрольные вопросы

1. Что такое коэффициент уковки? Каковы его величины при ковке слитка и прокатанной заготовки?
2. Зарисуйте операциюковки отрубкаи применяемый при этом кузнечный инструмент.
3. Схема устройства и работа пневматического молота.
4. Схема устройства и работа гидравлического прессы дляковки металла.
5. Изложите технологию изготовления поковки шестерни. Какие при этом выполняются операции?
6. Зарисуйте схему операции прошивки для получения отверстий большого диаметра.
7. Чем объясняется неравномерная деформация при выполнении осадки?