

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (СГАУ)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Электронные методические указания
к практическим занятиям

Самара
2013

УДК 621.98 (075)
Т 384

Автор-составитель: **Ненашев Валерий Юлианович**

Технологические процессы кузнечно-штамповочного производства
[Электронный ресурс]: электрон. метод. указания к практ. занятиям /
Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац.
исслед. ун-т); авт.-сост. В. Ю. Ненашев. – Электрон. текстовые и граф. дан.
(1,52 Мбайт). - Самара, 2013.

Приведены основные понятия и определения технологического процесса изготовления кузнечно-штамповочного оборудования (КШО). Изложены данные о влиянии технологических параметров на качество мехобработки. На примере типовых деталей КШО и штампов рассмотрены современные методы и способы их изготовления.

Указания предназначены для студентов инженерно-технологического факультета, обучающихся по направлению подготовки 150400.62 «Металлургия», изучающих дисциплину «Технологические процессы кузнечно-штамповочного производства» в 7 семестре.

Подготовлено на кафедре обработки металлов давлением.

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

1. Определение размеров заготовки.....	4
2. Технологические режимыковки	19
3. Определение параметров оборудования	27

1. Определение размеров заготовки

Масса исходного слитка,

$$G_{сл} = G_{пок} + G_{пр} + G_{д} + G_{у} + G_{о} + G_{в},$$

где $G_{пок}$ - масса поковки, кг; $G_{пр}$ - масса прибыльной части слитка, кг; $G_{д}$ - масса донной части слитка, кг; $G_{у}$ - масса угара (окалины), кг; $G_{о}$ - масса обсечек и обрубков, кг; $G_{в}$ - масса выдры, кг.

Масса поковки,

$$G_{пок} = V_{пок} \rho = (V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n) \rho,$$

где $V_{пок}$ - объем поковки; V_1 ; V_2 ; V_3 и т.д.- объемы элементарных частей поковки; ρ - плотность металла, для стали $\rho = 7850 \text{ кг / м}^3$.

Потери металла: от прибыльной части 20-25% массы слитка для углеродистой стали с утепленной прибылью, 25-30%- для легированной конструкционной стали; от донной части слитка 5-7% массы слитка для углеродистой стали с утепленной прибылью и 7-10%- для легированной конструкционной стали; на угар за первый вынос 2% массы слитка, а за каждые последующие 1-1,25% для поковок сплошного сечения и 1,25-1,5% для поковок пустотелых; на обсечки 0-5% массы слитка. Массу обсечек определяют для конкретных условий ковки; на обрубки:

Минимальная масса концевых обрубков, кг:

для круглых сечений диаметром D :

при ковке под молотом $G_o = 0,23 D^3 \rho$;

при ковке под прессом $G_o = 0,21 D^3 \rho$;

для прямоугольных сечений размерами B (ширина) и H (высота):

при ковке под молотом $G_o = 0,3 B^2 H \rho$;

при ковке под прессом $G_o = 0,28 B^2 H \rho$

Длина обрубка,

$$L_o = V_o / F_o,$$

Где v_o - объем обрубка; F_o - площадь сечения обрубка.

Масса выдры при прошивке пустотелым прошивнем:

$$G_B = 1,15 \frac{\pi d_{BH}^2}{4} H_o \rho ,$$

Где d_{BH} - внутренний диаметр пустотелого прошивня; H_o - высота прошиваемой заготовки;

сплошным прошивнем при применении подкладного кольца:

$$G_B = 0,75 \frac{\pi d^2}{4} H_o \rho ,$$

где d - диаметр прошивня;

сплошным прошивнем, без применения подкладного кольца,

$$G_B = 0,25 \frac{\pi d^2}{4} H_o \rho .$$

Масса слитка,

$$G_{сл} = \frac{(G_{пок} + G_{отх})}{\eta_{доп}} 100 ,$$

где $G_{пок}$ - масса поковки, кг; $G_{отх}$ - масса технологических отходов (обрубки, обсечки, выдра и т.п.), кг; $\eta_{доп}$ - допустимое использование металла слитка на поковку, %.

Допустимое использование металла, %

$$\eta_{доп} = 100 - (\eta_{пр} + \eta_{д} + \eta_{у}) ,$$

где $\eta_{пр}$ - отходы с прибыльной части слитка, %; $\eta_{д}$ - отходы с донной части слитка, %; $\eta_{у}$ - потери на угар, %.

Фактический выход годного, %,

$$\eta_{г} = \frac{G_{пок}}{G_{сл}} 100 .$$

Если поковку изготавливают протяжкой, то площадь сечения исходного слитка определяют из условий возможности получения необходимой уковки по следующей формуле:

$$F_{сл} = \gamma F_{пок\ макс} ,$$

где Y - уковка; $F_{\text{пок макс}}$ - максимальная площадь сечения поковки. Общая уковка при протяжке за несколько нагревов равна произведению уковок за каждый нагрев:

$$V_{\text{общ}} = Y_1 Y_2 Y_3 \dots Y_n .$$

Уковку для слитков обычной конструкции из углеродистой и среднелегированной сталей принимают $\geq 2,5-3$, а для удлиненных слитков ≥ 2 .

Для поковок изготовляемых осадкой, $H_{\text{исх}} / D_{\text{исх}} = 1,6 \div 2,5$.

При $(H_{\text{исх}} / D_{\text{исх}}) > 2,5$ осадка заготовки, как правило, сопровождается продольным изгибом со складкообразованием.

Объем горячекатаной заготовки, предназначенной дляковки,

$$V_{\text{исх}} = V_{\text{пок}} + V_{\text{отх}} + V_{\text{у}},$$

где $V_{\text{отх}}$ - объем технологических отходов, см^3 ; $V_{\text{у}}$ - объем угара.

Объем поковки,

$$V_{\text{пок}} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n ,$$

где V_1, V_2, V_3 и т.д. – объемы отдельных частей поковки, представляющие простые геометрические фигуры.

Объем отходов,

$$V_{\text{отх}} = V_o + V_B ,$$

где V_o - объем обсечек и обрубков; V_B - объем выдры.

При выборе заготовок из сортового проката потери металла в отходы и на угар определяют таким же способом, как и при выборе слитка.

Объем исходной заготовки с учетом технологических отходов и угара,

$$V_{\text{исх}} = (V_{\text{пок}} + V_{\text{отх}}) \frac{100 + \delta_{\text{у}}}{100},$$

где $\delta_{\text{у}}$ - угар металла, %.

Масса поковки,

$$G_{\text{пок}} = V_{\text{пок}} \rho ,$$

Масса исходной заготовки,

$$G_{исх} = V_{исх} \rho$$

Для приблизительного расчета массы исходной заготовки (при ковке из блюмов, слябов и прутков) суммарные потери металла учитывают расходным коэффициентом $k_p > 1$, тогда необходимое количество металла

$$G_{исх} = k_p G_{пок} ,$$

где k_p - расходный коэффициент, определяемый по таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Расходные коэффициенты k_p при изготовлении поковок из горячекатаного металла

Категория поковок	Способ изготовления поковок	k_p
1	Без обрезки (фланцы глухие, круглые, овальные, пластины, кубики)	1,02-1,03
2	Протяжкой с последующей гибкой в специальных приспособлениях (скобы, вилки)	1,03
3	Осадкой, с последующей разгонкой полотна или осадкой кольцом (шестерни, фланцы, муфты, крышки)	1,03
4	С помощью клиновых накладок (клинья, шпонки)	1,05-1,09
5	Протяжкой, длинноосные одинакового сечения по длине (валы, бруски, планки, стержни)	1,06-1,08
6	Протяжкой с односторонними уступами (двухступенчатые валы, валы с фланцами, болты)	1,07-1,09
7	Протяжкой с двухсторонними уступами (многоступенчатые валы, прямоугольные бруски с уступами)	1,08-1,1
8	Осадкой с последующей прошивкой, раскаткой, протяжкой на оправке (кольца, втулки, обечайки)	1,10-1,12
9	С обрезкой краев (секторы, державки, кулисы, собачки)	1,09-1,12

Для поковок, изготовляемых протяжкой, площадь поперечного сечения исходной катаной заготовки находят из соотношения

$$F_{исх} = \gamma F_{пок\ max} .$$

Для блюма принимают уковку $У=1,3\div 1,5$, а для обычного проката $У=1,1\div 1,3$. Ее предусматривают для устранения крупнозернистости структуры, вызываемой нагревом металла перед ковкой.

Диаметр исходной катаной заготовки,

$$D_{исх} = \sqrt{\frac{4F_{исх}}{\pi}} = 1,13 \sqrt{F_{исх}} .$$

При расчетах может оказаться, что полученные данные не позволяют подобрать необходимый диаметр исходной заготовки по сортаменту ГОСТа. Тогда берут ближайший больший размер диаметра по ГОСТу. Например, вместо расчетного $D_{исх} = 49,2$ мм принимают фактический размер по ГОСТу $D_{исх} = D_{заг} = 50$ мм(0,05м).

Длина исходной заготовки,

$$L_{исх} = V_{исх} / F_{заг} = V_{исх} / F_{сорт} ,$$

где $F_{сорт}$ - площадь сечения исходной заготовки, принятой по сортаменту ГОСТа.

Для поковок, изготавливаемых осадкой,

$$L_{исх} / D_{исх} = H_0 / D_0 = 1,6 + 2,5,$$

где D_0 и H_0 - начальные диаметр и высота заготовки до осадки.

Учитывая это соотношение, объем исходной осаживаемой заготовки составит

$$V_{исх} = \frac{\pi D_{исх}^2}{4} L_{исх} = \frac{\pi D_{исх}^2}{4} (1,6 + 2,5) D_{исх} .$$

Отсюда для круглой заготовки

$$D_{исх} = (0,8 + 1,0) \sqrt[3]{V_{исх}} ,$$

а для квадратной заготовки сторона квадрата

$$A_{исх} = (0,75 + 0,90) \sqrt[3]{V_{исх}} .$$

Средний диаметр осаженой заготовки, см:

$$D_k = D_0 \sqrt{\frac{H_0}{H_k}} ,$$

где H_k - высота осажженной заготовки, см.

Диаметр круглой заготовки для изготовления поковки прямоугольного сечения, если $\frac{B_{пок}}{H_{пок}} > 2$,

$$D_0 = \frac{2B_{пок} + H_{пок}}{3},$$

где $B_{пок}$ и $H_{пок}$ - соответственно ширина и высота сечения поковки, мм.

Припуски, напуски и допуски регламентированы ГОСТ 7829-70; ГОСТ 7062-67.

Припуск - предусмотренное превышение размеров поковки против номинальных размеров детали или предварительно ободранной заготовки, обеспечивающее после обработки резанием требуемые чертежом размеры детали (ободранной заготовки) и шероховатость ее поверхности.

Напуск - слой металла (увеличение припуска), упрощающее конфигурацию поковки ввиду невозможности или нерентабельности изготовления поковки по контуру детали.

Допуск на кузнечную обработку - разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами поковки.

$$\delta = \delta_{\min} + \frac{\Delta}{2};$$

H'_{\min} - наименьший размер поковки,

$$H'_{\min} = H + \delta_{\min};$$

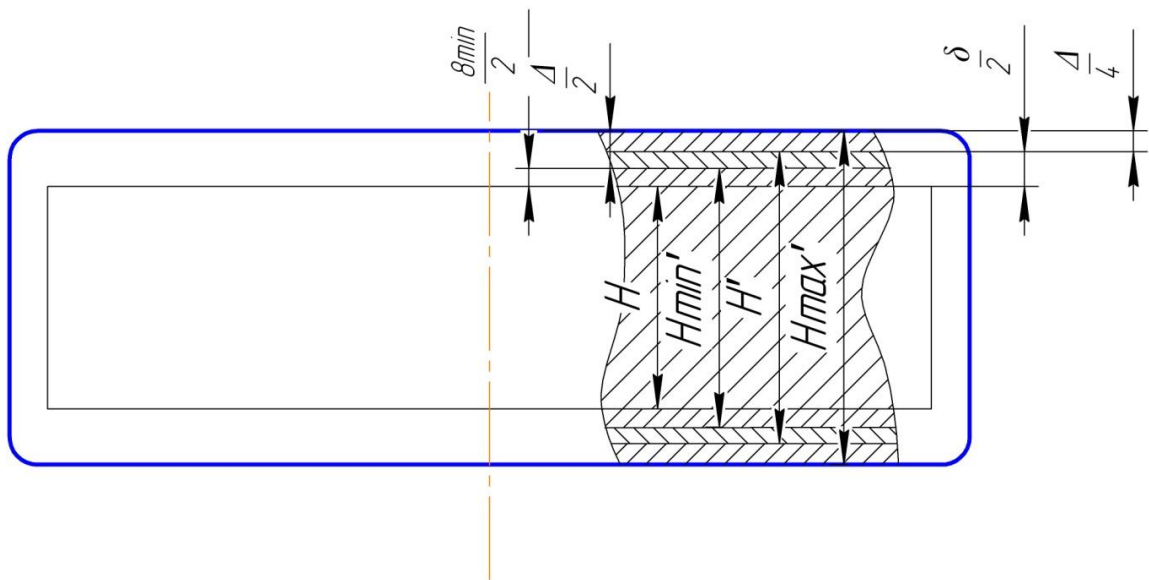


Рисунок 1.1 – Схема расположения припусков, назначаемых на наружные размеры детали, и предельных отклонений от номинальных размеров поковки: H - обдирочный размер заготовки или номинальный размер детали; δ_{min} - наименьший припуск на размер H ; δ - номинальный припуск на размер H

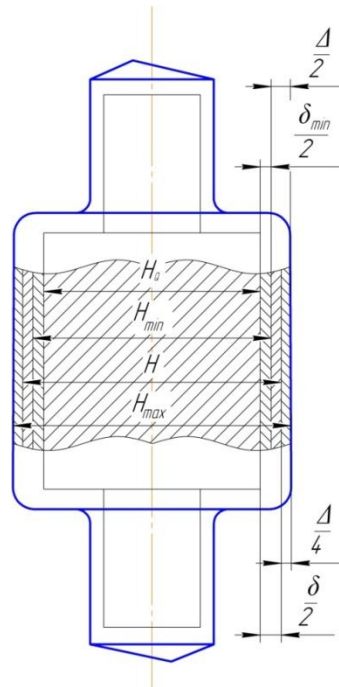


Рисунок 1.2 – Схема расположения припусков и допусков на наружный размер детали

H' - номинальный (расчетный) размер поковки,

$$H' = H + \delta = H + \delta_{\min} + \frac{\Delta}{2};$$

H'_{\max} - наибольший размер поковки,

$$H'_{\max} = H + \frac{\Delta}{2} = H + \delta_{\min} + \Delta,$$

где Δ - поле предельных отклонений размера поковки,

$$H'_{\max} - H'_{\min} = \Delta.$$

Схема расположения припусков и допусков на наружный размер детали по ГОСТ 7062-67 приведена на рис.5 (ковка на прессах):

H_0 - обдирочный размер заготовки или номинальный размер детали;

H_{\min} - наименьший размер поковки,

$$H_{\min} = H_0 + \delta_{\min};$$

H - номинальный (расчетный) размер поковки,

$$H = H_0 + \delta;$$

H_{\max} - наибольший размер поковки,

$$H_{\max} = H + \frac{\Delta}{2} = H_0 + \delta_{\min} + \Delta;$$

δ_{\min} - наименьший припуск на размер H_0 ,

$$\delta_{\min} = H_{\min} - H_0;$$

δ - номинальный припуск на размер H_0 ,

$$\delta = H - H_0 = \delta_{\min} + \frac{\Delta}{2};$$

Δ - поле допуска, $\Delta = H_{\max} - H_{\min}$; $\frac{\Delta}{2}$ - наибольшее отклонение от

номинального размера поковки,

$$\frac{\Delta}{2} = H_{\max} - H = H - H_{\min}.$$

Некоторые размеры слитков, выплаваемых на отечественных заводах, представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2- Типовые размеры слитков

Масса, т	Отходы, %		Размеры, мм							
	донной части	прибыльной части	d_1	d_2	d_3	d_4	$L_{ст}$	L_0	$D_{cp} = \frac{d_2 + d_4}{2}$	$\frac{L_0}{D_{cp}}$
1,2	0,8	22	325	455	140	345	1410	1000	400	2,5
2	0,8	22,5	430	550	200	380	1610	1160	465	2,5
3	0,8	21,6	500	630	200	450	1860	1350	540	2,5
6,5	2,6	21,2	630	795	296	580	2265	1650	687	2,4
9	2,4	20,2	720	895	397	670	2530	1825	782	2,3
15	2,0	20,6	875	1070	397	870	2830	2030	970	2,1
26	2,2	20	1040	1265	542	1000	3574	2420	1132	2,1
52	2,0	20,9	1325	1600	623	1330	4250	3060	1465	2,1
85	1,7	19	1576	1880	623	1580	4990	3600	1730	2,1
130	1,75	21,4	-	2164	628	1820	5750	4150	1992	2,1
170	1,9	21	1975	2360	800	1960	6460	4525	2160	2,1
250	3,1	21,4	2280	2700	770	2230	7745	5100	2465	2,1
350	2,8	18,3	2350	3265	1200	2660	8190	6000	2957	2,0

Таблица 1.3 - Сталь горячекатаная круглого и квадратного сечений. Сортамент

Диаметр, сторона квадрата, мм	Масса 1 м, кг		Диаметр, сторона квадрата, мм	Масса 1 м, кг		Диаметр, сторона квадрата, мм	Масса 1 м, кг	
	Круг	Квадрат		Круг	Квадрат		Круг	Квадрат
5	0,154	0,196	32	6,31	8,04	70	30,21	38,46
5,5(круг)	0,186	-	33	6,71	8,55	72(круг)	31,96	-
6	0,222	0,283	34	7,13	9,07	75	34,68	44,16
6,3(круг)	0,245	-	35	7,55	9,62	78(круг)	37,51	-
6,5(круг)	0,260	-	36	7,99	10,17	80	39,46	50,24
7	0,302	0,385	37	8,44	10,75	82(круг)	41,46	-
8	0,395	0,502	38	8,90	11,24	85	44,55	56,72
9	0,499	0,636	39	9,38	11,94	90	49,94	63,58
10	0,616	0,785	40	9,86	12,56	93(квадрат)	-	97,90

11	0,746	0,95	41	10,36	13,20	95	55,64	70,85
12	0,888	1,13	42	10,88	13,85	100	61,65	-
13	1,04	1,33	43(круг)	11,40	-	105	67,97	-
14	1,21	1,54	44(круг)	11,94	-	110	74,60	-
15	1,39	1,77	45	12,48	15,90	115	81,54	-
16	1,58	2,01	46	13,05	16,61	120	88,78	-
17	1,78	2,27	47(круг)	13,75	-	125	96,33	-
18	2,0	2,54	48	14,20	18,09	130	104,20	-
19	2,23	2,82	50	15,42	19,62	135	112,36	-
20	2,47	3,14	52	16,67	21,23	140	120,84	-
21	2,72	3,46	53(круг)	17,32	-	150	138,72	-
22	2,98	3,80	54(круг)	17,65	-	160	157,83	-
23	3,26	4,15	55	18,65	23,75	170	178,18	-
24	3,55	4,52	56(круг)	19,33	-	180	199,76	-
25	3,85	4,91	58	20,74	26,40	190	222,57	-
26	4,17	5,30	60	22,19	28,26	200	246,62	-
27	4,50	5,72	62(круг)	23,70	-	210(круг)	271,89	-
28	4,83	6,15	63	24,47	31,16	220(круг)	298,40	-
29	5,18	6,60	65	26,05	33,17	230(круг)	326,15	-
30	5,55	7,06	67(круг)	27,68	-	240(круг)	355,13	-
31	5,92	7,54	68(круг)	28,51	-	250(круг)	385,34	-

Помимо слитков, указанных в табл. 2, при ковке применяют слитки удлиненные (с соотношением $L_0/D_{cp} = 3 \div 5$), малоприбыльные (с коэффициентом выхода годного при ковке 0,84-0,87), бесприбыльные (с недоливом изложницы для полых поковок) и с повышенной конусностью (до 12° вместо обычных 5°).

Сортамент на прокат: ГОСТ 103-76 полоса стальная горячекатаная; ГОСТ 2590-71 сталь горячекатаная круглая; ГОСТ 2591-71 сталь горячекатаная квадратная; ГОСТ 4693-77 заготовка стальная квадратная горячекатаная.

Полосу стальную горячекатаную изготавливают шириной 11 - 200 мм и толщиной 4-60 мм; прутки стальной горячекатаный круглый диаметром 5 -

250 мм, а квадратный (табл.3) - со стороной 5 - 200 мм; заготовку квадратную (табл.4) - со стороной 40 - 250 мм. Кроме обычного сортового проката - круглого и прямоугольного сечений, в кузнечных цехах применяют (преимущественно для штамповки) профильный прокат (сложного сечения), прокат периодического профиля (с неодинаковыми поперечными сечениями по длине) и бесшовные трубы. Торговая длина проката колеблется в пределах 2 - 9 м. Наиболее распространен прокат длиной 2 - 4 м.

Таблица 1.4 - Заготовка стальная квадратная горячекатаная. Сортамент

Сторона	Радиус	Предельное отклонение	Площадь поперечного	Масса 1 м, кг	Сторона	Радиус	Предельное отклонение	Площадь поперечного	Масса 1 м, кг
40			15,58	12,23	115			129,46	101,63
45	7	1,2	19,83	15,56	120	18	2,7	141,21	110,85
50			24,58	19,29	125			153,46	120,47
55			29,55	23,20	130			165,21	129,69
60			35,30	27,71	140	21	3,2	192,21	150,88
65	9	1,5	41,55	32,62	150			221,21	173,65
70			48,30	37,92					
75			55,01	43,18	160			250,62	196,74
80			62,76	49,27	170	25	3,9	283,62	222,64
85	12	2,0	71,01	55,74	180			318,62	250,12
90			79,76	62,61					
95			88,32	69,33	190			353,26	277,31

100	15	2,4	98,06	76,98	200	30	4,5	392,26	307,92
105			108,32	85,03					
110	18	2,7	118,21	92,80	210			430,46	337,92
					220			473,47	371,67
					240	35	5,2	565,46	443,89
					250			614,46	482,36

Задачи и упражнения

1. Найти массу выдры, получающейся при прошивке отверстия пустотелым прошивнем. Внутренний диаметр пустотелого прошивня 100 мм, а толщина поковки 200 мм, а высота прошиваемой заготовки 600 мм. Ответ 170 кг.

2. Поковка прошивается сплошным прошивнем и с применением подкладного кольца. Диаметр прошивня 100 мм, а толщина поковки 150 мм. Чему равен объем выдры? Ответ 883см^3 .

3. Найти минимальную массу отхода при прорубке круглого конца прессовой поковки диаметром 400 мм. Ответ 105,4 кг.

4. Определить минимальную длину отхода при прорубке квадратного кольца молотовой поковки. Сторона квадрата поковки 50 мм, масса отхода 88,2 г. Ответ 15 мм.

5. Найти расход металла, необходимого для изготовления из слитка поковки массой 2000 кг. Отходы металла при ковке следующие: с прибыльной части 20% массы слитка, с донной части 5%. Ответ 3000 кг.

6. Заготовка диаметром 900 мм и высотой 1400 мм осажена до высоты 800 мм. Определить средний диаметр осаженной заготовки. Ответ 1190 мм.

7. Определить диаметр заготовки, необходимой для изготовления поковки прямоугольного сечения шириной 180 мм и высотой 60 мм. Ответ 140 мм.

8. Масса исходного круглого прутка диаметром 130 мм равна 260,5 кг, а масса 1 м этого же прутка равна 104,2 кг. Найти длину исходного прутка. Ответ 2,5 м.

9. Масса стальной заготовки 789 кг. Определить диаметр и высоту заготовки при условии, что отношение высоты ее к диаметру равно двум. Ответ $D_0=400$ мм; $H_0=800$ мм.

10. Найти припуск и предельные отклонения по ГОСТу на диаметр гладкого цилиндрического вала. Номинальные диаметр и длина вала соответственно равны 80 и 700 мм. Поковку изготавливают на молоте. Материал исходной заготовки - горячекатаная сталь. Ответ $9; \pm 3$ мм.

11. Определить припуск и наибольшие отклонения по ГОСТу на длину гладкого цилиндрического вала. Номинальные диаметр и длина вала соответственно 530 и 2300 мм. Поковку изготавливают на прессе по II группе точности. Исходная заготовка - слиток из стали 40. Ответ $84; \pm 30$ мм.

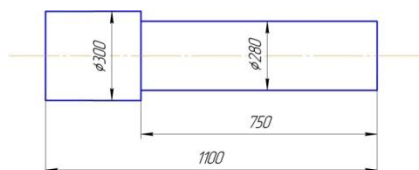


Рисунок 1.3 – Вал с уступом

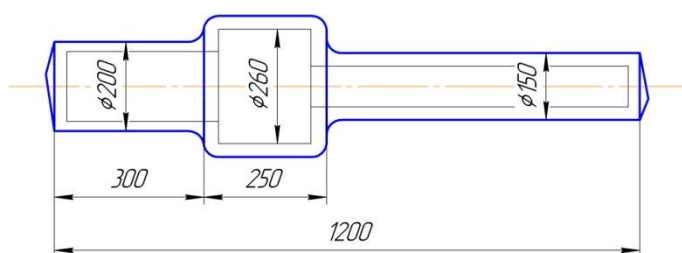


Рисунок 1.4 – Поковка вала с уступами

12. Поковку для вала с уступом (рис.36) изготавливают из бьюма на гидравлическом прессе. Материал - сталь 40. Поковка имеет напуск. Чему равны припуски и наибольшие отклонения на диаметр и длину поковки по ГОСТу, если ее изготавливают по I группе точности? Ответ на диаметр $17; \pm 4$ мм; на длину $51; \pm 12$ мм.

13. Найти номинальный (расчетный) диаметр поковки круглого гладкого вала, изготавливаемого на молоте из проката, если номинальный диаметр детали 150 мм, а ее длина 1100 мм. Ответ 162 мм.

14. Определить наименьший припуск на сторону квадрата 125 мм гладкой поковки квадратного сечения, если номинальный припуск на размер составляет 14 мм, а предельные отклонения равны ± 4 мм. Ответ 10 мм.

15. Раскатное кольцо изготавливают на молоте из горячекатаной стали. Размеры обработанного раскатного кольца следующие: наружный диаметр 350 мм, высота 120 мм. Пользуясь ГОСТом, найти с учетом припусков и предельных отклонений поковочные размеры раскатного кольца. Ответ $D=498 \pm 6$ мм; $d=327 \pm 6$ мм; $H=134 \pm 5$ мм.

16. Для получения цилиндрического гладкого вала диаметром 180 мм предусмотрен припуск 12 мм на обработку резанием поковки вала с учетом ее изготовления на молоте, а предельные отклонения ± 3 мм. Определить нижний предельный диаметр поковки вала, при котором ее считают годной. Ответ 189 мм.

17. При изготовлении на прессе стального гладкого вала диаметром 200 мм и длиной 2000 мм в соответствии с ГОСТом на обработку по диаметру принимают припуск, равный 18 мм. Во сколько раз увеличится припуск, если диаметр вала будет в 3 раза больше? Группа точностиковки нормальная. Ответ 1.6 раза.

18. Определить массу поковки вала с уступами, показанной на рис.4. Материал - сталь 20. Ответ 268.2 кг.

19. Найти массу поковки шестерни с отверстием, представленной на рис.37. Материал поковки - низкоуглеродистая сталь. Ответ 196.3 кг.

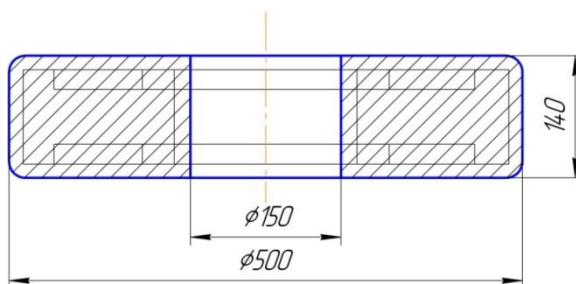


Рисунок 1.5 – Поковка шестерни с прошитым отверстием

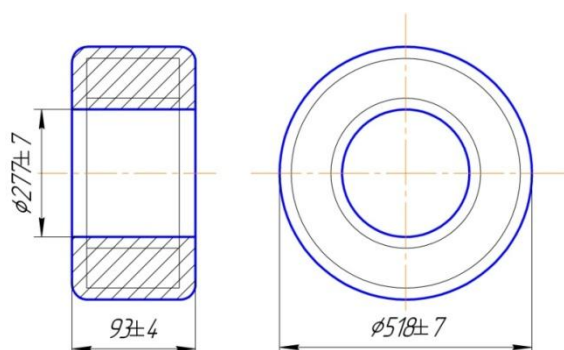


Рисунок 1.6 – Поковка кольца с припусками и допусками
масса исходной катаной заготовки

20. При расчете круглой заготовки получили диаметр 82,5 мм и длину 180 мм. Подобрать по ГОСТу ближайший больший диаметр проката и пересчитать длину заготовки. Ответ $D = 85$ мм; $L = 170$ мм.

21. Для изготовления поковки требуется заготовка со стороной квадрата 33,4 мм и длиной 70 мм. Подобрать по ГОСТу ближайший больший размер квадрата заготовки и пересчитать длину заготовки. Ответ $A = 34$ мм; $h = 67.6$ мм.

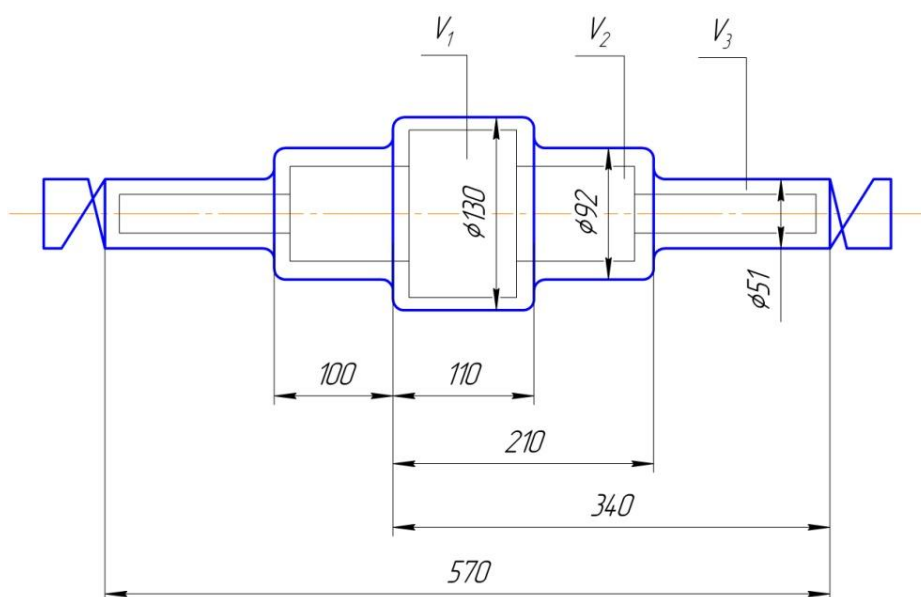


Рисунок 1.7 – Поковка ступенчатого вала

2. Технологические режимыковки

Относительные нормальные деформации по трем направлениям

$$\varepsilon_{0H} = \frac{H_0 - H_k}{H_0}; \varepsilon_{0L} = \frac{L_k - L_0}{L_k}; \varepsilon_{0B} = \frac{B_k - B_0}{B_k},$$

где H_0, L_0, B_0 - соответственно исходные высота, длина и ширина заготовки; H_k, L_k, B_k - соответственно конечные высота, длина и ширина заготовки после очередной операции или в концековки.

Коэффициенты нормальных деформаций: по высоте $K_H = H_0 / H_k$; по длине $K_L = L_k / L_0$; по ширине $K_B = B_k / B_0$. Коэффициент K_L , называемый коэффициентом уковки, используют при расчете операции протяжки, а коэффициенты K_H и K_B - осадки и разгонки.

Степень деформации при осадке (степень осадки) на плоских бойках (рис. 43)

$$\varepsilon_{0H} = \frac{H_0 - H_k}{H_0} = \frac{\Delta H}{H_0}.$$

Коэффициент деформации при осадке (или величина осадки)

$$K_H = H_0 / H_k = F_k / F_0,$$

где F_0 - площадь поперечного сечения заготовки до осадки, F_k - средняя площадь сечения заготовки после осадки (т.е. без учёта бочкообразования).

Расчет высоты H_k и диаметра D_k заготовки при осадке без учета бочкообразования

$$\frac{\pi D_0^2}{4} H_0 = \frac{\pi D_k^2}{4} H_k; \frac{D_k^2}{D_0^2} = \frac{H_0}{H_k};$$

$$H_k = H_0 \frac{D_0^2}{D_k^2}; D_k = D_0 \sqrt{\frac{H_0}{H_k}},$$

где D_0 и D_k - диаметр заготовки соответственно до и после осадки; $\frac{H_0}{D_0}$

$= 1.6 \div 2.5$ при $\frac{H_0}{D_0} > 2.5$ возможен профильный изгиб заготовки.

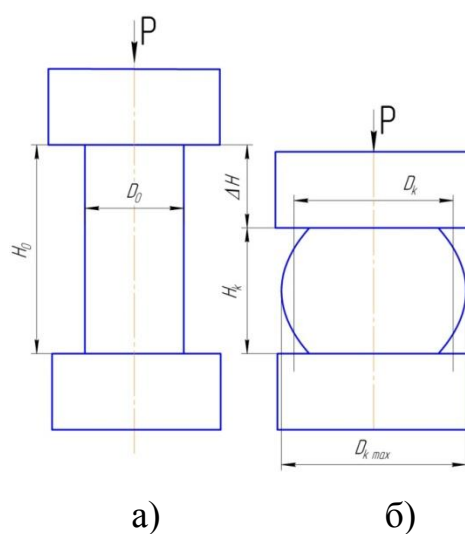
Уменьшение высоты заготовки при протяжке на плоских бойках за каждое n -е нажатие (рис. 44)

$$\Delta H = H_{n-1} - H_n.$$

Относительное обжатие при протяжке (степень деформации по высоте заготовки) за каждое n -е нажатие

$$\varepsilon_n = \frac{H_{n-1} - H_n}{H_{n-1}} = \frac{\Delta H}{H_{n-1}},$$

где H_{n-1} и H_n - высота заготовки соответственно до и после нажатия.



а – до осадки; б – после осадки

Рисунок 2.1 – Схемы осадки на плоских бойках

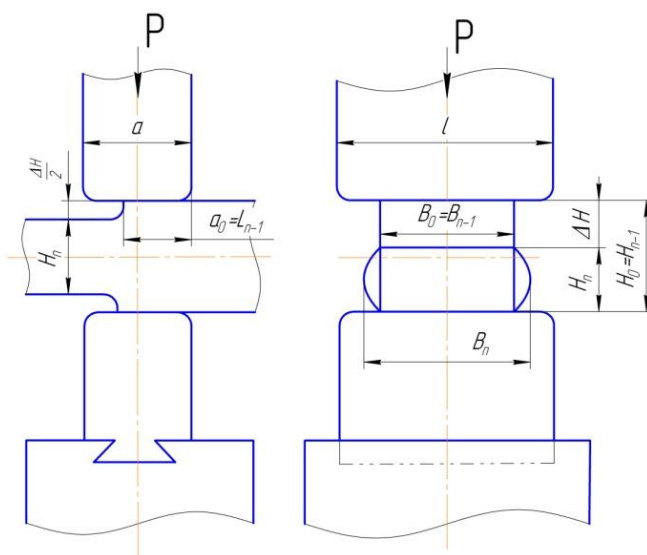


Рисунок 2.2 – Схема протяжки на плоских бойках

Относительное уширение при протяжке (степень деформации по ширине заготовки) за каждое n-е нажатие

$$\varepsilon_B = \frac{B_n - B_{n-1}}{B_{n-1}} = \frac{\Delta B}{B_{n-1}},$$

где B_n и B_{n-1} ширина заготовки соответственно после и до нажатия.

Относительное удлинение при протяжке (степень деформации по длине заготовки) за каждое n-е нажатие

$$\varepsilon_L = \frac{L_n - L_{n-1}}{L_{n-1}} = \frac{\Delta L}{L_{n-1}},$$

где L_n и L_{n-1} ширина заготовки соответственно после и до нажатия.

Коэффициент интенсивности уширения при протяжке

$$f = \frac{B_k - B_0}{B_0} : \frac{H_0 - H_k}{H_k} \leq 1.$$

При $f = 0$ уширение не наблюдается и обжатия вызывают только удлинение заготовки, что интенсифицирует протяжку. При $f = 1$, наоборот, обжатия приводят только к уширению заготовки.

Коэффициент интенсивности удлинения при протяжке

$$q = \frac{L_k - a_0}{a_0} : \frac{H_0 - H_k}{H_k},$$

где a_0 - величина подачи заготовки при протяжке, $a_0 = (0,6 \div 0,8) a$, здесь a - ширина бойка.

Зависимость между коэффициентами интенсивности уширения f и интенсивности удлинения q

$$q = 1 - fK_L.$$

Уковка для расчета операций протяжки

$$y = K_L = \frac{L_k}{L_0} = \frac{F_0}{F_k} = \frac{1}{1 - \varepsilon_{0H} (1 - f)}.$$

За несколько проходов уковка равна произведению уковок за каждый проход:

$$y = y_1 y_2 \dots y_n$$

Коэффициент перехода при протяжке

$$\varphi \leq 2 \div 2,5.$$

Уковка для случая протяжки поволоков типа гладких труб на оправке

$$y = \frac{F_0}{F_k} = \frac{D_0^2 - d_0^2}{D_k^2 - d_k^2} = \frac{L_k}{L_0},$$

где D_0 и d_0 - исходные диаметры заготовки (внешний и внутренний), см; D_k и d_k - конечные диаметры поковки (внешний и внутренний), см; L_k - конечная длина готовой поковки, см; L_0 - исходная длина заготовки, см.

Уковка при раскатке поволоков типа колец на оправке

$$y = \frac{F_0}{F_k} = \frac{H_0 L_0}{H_k L_k},$$

где H_0 и H_k - соответственно исходная и конечная толщина стенки заготовки, см.

Относительное обжатие при полной раскатке

$$\varepsilon_H = \frac{H_0 - H_k}{H_0}.$$

При прошивке отверстий (рис.46) средний D_{cp} и максимальный D_{max} диаметры поковки определяют по формулам

$$D_{cp} = 1,13 \sqrt{\frac{1}{H_k} [V + f(H_k - h)]},$$

где $f = \frac{\pi d^2}{4}$; $V = \frac{\pi D_0^2}{4} H_0$;

$$D_{max} = 1,13 \sqrt{\frac{1,5}{H_k} [V + f(H_k - h)] - 0,5 F_0},$$

где

$$F_0 = \frac{\pi D_0^2}{4}.$$

Диаметр осадочной плиты, мм,

$$d = 2 D_0 = (1,2 \div 1,5) D_k,$$

где D_0 и D_k - соответственно диаметр исходной и осажённой заготовки,

мм.

Высота верхней и нижней плиты, мм,

$$h_n = (0,25 \div 0,35) d.$$

Диаметр отверстия под хвостик, мм,

$$d_0 = (1,1 \div 1,15) d_1,$$

где d_1 - диаметр хвостовика осаживаемого слитка, мм. Радиус сферической выемки, мм,

$$r_{cp} = (2 \div 2,5) d.$$

Наибольшая глубина выемки, мм,

$$h_B = (0,1 \div 0,2) h_n.$$

Число ходов траверсы прессы или бабы молота при протяжке $n = L_0 / a_0$.

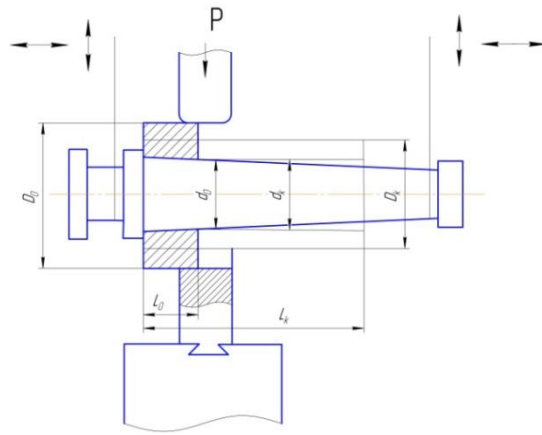


Рисунок 2.3 - Схема протяжки с оправкой

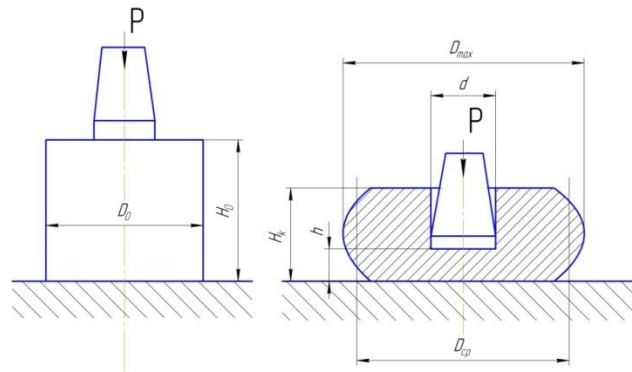


Рисунок 2.4 – Схема прошивки

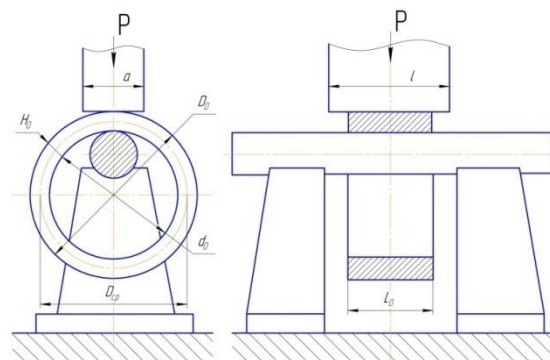
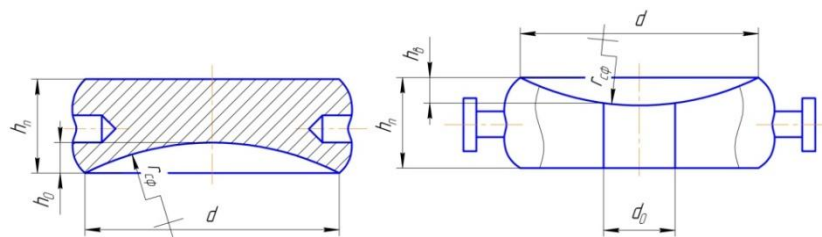


Рисунок 2.5 – Схема раскатки колец на оправке



а)

б)

а) – верхняя; б) - нижняя

Рисунок 2.6 – Осадочные подкладные плиты

Задачи и упражнения

1. Круглую заготовку высотой 900 мм подвергают осадке до высоты 700 мм. Определить степень и величину деформации при осадке. Ответ степень деформации 0.22; величина деформации 1.29.

2. Определить конечную высоту заготовки после осадки (без учета ее бочкообразности) если диаметр исходной заготовки 160 мм, а конечный 192 мм. Высота заготовки до осадки 300 мм. Ответ 208мм

3. Заготовку прямоугольного сечения высотой 200 мм подвергали обжатию прессом, после чего высота ее уменьшилась до 170 мм. Определить относительное обжатие заготовки. Ответ 0.15.

4. Прямоугольная заготовка сечением 200x200 мм перекована на сечение 100x100 мм. Найти уковку металла. Ответ 4.

5. Круглую заготовку длиной 800 мм с прошитым отверстием протягивали на оправке до длины 1400 мм. Определить уковку металла. Ответ 1.75.

6. При раскатке поковки с прошитым отверстием на оправке площадь сечения ее уменьшилась с 2250 до 1250 см^2 . Определить уковку металла. Ответ 1.8.

7. После протяжки прессом бьюма поперечным сечением 200x200 мм ширина его стала 240 мм, а высота 160 мм. Определить коэффициент переходаковки. Ответ 1.5.

8. Поковку диаметром 300 мм и высотой 200 мм прошивают прошивнем диаметром 100 мм. Конечная высота поковки после прошивки равна 150 мм, а толщина перемычки 50 мм. Определить средний и максимальный диаметры поковки после прошивки. Ответ $D_{cp} = 357\text{мм}$, $D_{max} = 382\text{мм}$.

9. Найти наибольший размер глубины выемки осадочной плиты, если диаметр осаженной заготовки 600 мм. Ответ 63мм.

10. Определить коэффициент интенсивности уширения заготовки, если до и после протяжки ширина ее соответственно равна 200 и 250 мм, а высота - 180 и 120 мм. Ответ 0.5.

11. Определить число ходов ползуна прессы при минимальной подаче металла под бойки, если ширина бойков 230 мм. Исходная длина заготовки 1380 мм, протягивают ее с кантовкой. Ответ 20 ходов.

3. Определение параметров оборудования

Усилие гидравлического ковочного пресса, необходимое для осадки заготовки круглого и квадратного сечений,

$$P = \psi \left(1 + 0,17 \frac{D_k}{H_k}\right) \sigma_{Bt} F_k,$$

где ψ - масштабный коэффициент (таблица 3.1) ; D_k - средний диаметр заготовки после осадки; H_k - высота заготовки после осадки, мм ; σ_{Bt} - предел прочности при растяжении стали при температуре осадки (таблица 3.1) ; F_k - площадь поперечного сечения заготовки после осадки; $F_k = \pi D_k^2 / 4$.

Таблица 3.1 – Масштабный коэффициент ψ при осадке слитков разной массы.

Масса слитка, т	0,5	6,0	20	50	100
ψ	0,8	0,7	0,6	0,55	0,5

Масса падающих частей молота, необходимая для осадки заготовки круглого и квадратного сечений

$$G = 1,5 \left(1 + 0,17 \frac{D_k}{H_k}\right) \sigma_{Bt} \varepsilon_H V_{заг} \cdot 10^{-3},$$

где ε_H - степень деформации за последний удар, $\varepsilon_H = 0,025$ для крупных и $\varepsilon_H = 0,06$ для мелких поковок; $V_{заг}$ - объем заготовки.

Таблица 3.2 - Предел прочности при растяжении стали при ковочных температурах

σ_B при комнатной температуре, МПа	σ_{Bt} МПа, при ковочной температуре, °С					
	800	900	1000	1100	1200	1300
400	66	45	30	22	19	14
600	111	75	54	36	22	20
800	165	111	75	51	36	24
1000	230	159	109	68	50	30

Усилие гидравлического ковочного пресса, необходимое для протяжки заготовки, кгс (МН):

$$P = \psi^{\nu} (1 + 0,17 \frac{a_0}{H_0}) \sigma_{Bt} B_0 a_0,$$

где ν - коэффициент, учитывающий увеличение удельного усилия при изменении формы бойков ; для плоских бойков $\nu = 1$, для вырезных $\nu = 1,25$; a_0 - величина подачи; H_0 и B_0 - высота и ширина заготовки до протяжки; при протяжке круглой заготовки в круглых вырезных бойках принимают $H_0 = B_0 = D_0$, где D_0 - диаметр заготовки; σ_{Bt} - предел прочности стали при температуре протяжки (таблица 3.2).

Масса падающих частей молота, необходимая для протяжки заготовки, кг

$$G = 1,5^{\nu} (1 + 0,17 a_0 / H_0) \sigma_{Bt} \varepsilon_H H_0 B_0 a_0,$$

где ε_H - степень деформации, принимаемая за один удар (выше критической для данной стали, но не более 0,3).

Работа деформации при осадке за последний удар бойка молота:

$$A_d = p \varepsilon_H V_{заг},$$

где p - удельное усилие в конечный момент:

$$p = \omega (1 + 0,17 D_k / H_k) \sigma_{Br} ,$$

ω - скоростной коэффициент, учитываемый при осадке под молотом,
 $\omega = 3$.

Энергия удара молота, соответствующая работе A_d

$$Q_{уд} = A_d / \eta_{уд} ,$$

где $\eta_{уд}$ - коэффициент полезного действия удара, $\eta_{уд} \approx 0,8$

Энергия удара молота (кгс·м) находится в следующей зависимости от массы падающих частей G по ГОСТ 9752-75:

$$Q_{уд} = 2,5 \cdot 10^3 G .$$

Отсюда работа деформации при осадке:

$$A_{II} = 2,5 \cdot 10^3 G \eta_{уд} = p \varepsilon_H V_{заг} .$$

Полная работа деформации при осадке

$$A_{II} = \omega \cdot 10^{-3} \left[\ln \frac{H_0}{H_k} + \frac{1}{9} \left(\frac{D_k}{H_k} - \frac{D_0}{H_0} \right) \right] V_{заг} \sigma'_{Br} ,$$

где σ'_{Br} - предел прочности при растяжении для средней температуры за весь процесс осадки

Средняя температура осадки, °С:

$$t = \frac{t_0 + t_k}{2} ,$$

где t_0 и t_k - соответственно температура начала и конца осадки.

Число ударов бойка молота

$$n = \frac{A_{II}}{\eta_{уд} Q_{уд}} .$$

Усилие открытой прошивки (усилие, необходимое для получения отверстия сплошным прошивнем)

$$P = \left(1 + 0,17 \frac{d}{h} + 1,1 \ln \frac{D_0}{d} \right) \sigma_{Br} \frac{\pi d^2}{4} ,$$

где d - диаметр прошивня, мм; h - толщина доньшка заготовки под прошивнем, мм ; D_0 - диаметр прошиваемой заготовки.

Последняя формула рекомендуется для $\frac{D_0}{d} < 5$.

Усилие, необходимое для скручивания цилиндрического участка поковки на любой угол

$$P = \frac{\pi d_c^3 \sigma_{Br}}{24 l \cos \beta},$$

где d_c - диаметр в месте скручивания, мм ; l - длина плеча вилки ; β - угол поворота вилки от горизонтальной плоскости, градусы.

Крутящий момент

$$M_k = \sigma_{Br} W',$$

где W' - момент сопротивления сечения металла.

После определения усилия гидравлического пресса или массы падающих частей молота подбирают оборудование. Усилие или массу выбирают по таблицам ГОСТов, принимая ближайшее большее значение. Номинальная масса падающих частей пневматических молотов (по ГОСТ 712-75): 50; 80; 160; 250; 400; 630 и 1000 кг (энергия удара в пределах 0,8-28 кДж). Номинальная масса падающих частей ковочных паровоздушных молотов двойного действия составляет (по ГОСТ 9752-75): 1000; 2000; 3150; 5000 и 8000 кг (энергия удара в пределах 25-200 кДж). Усилие ковочных гидравлических прессов (по ГОСТ 7284-70): 200; 315; 500; 800; 1250; 2000; 3150 тс (1,96-30,9 МН).

Ковочные приводные пневматические молоты, предназначены для изготовления ковкой поковок малой массы из прокатанных заготовок. Допускают также ковку в подкладных штампах. Масса фасонных поковок, получаемых ковкой, колеблется в пределах 0,3-70 кг, а гладких валов - 7,5-250 кг в зависимости от номинальной массы падающих частей молота.

Ковочные паровоздушные молоты двойного действия предназначены для изготовления поковок средней массы преимущественно из прокатанных заготовок, а также дляковки в подкладных штампах. Масса фасонных поковок, получаемых ковкой, колеблется в пределах 20-1300 кг, а гладких

валов - 250-2500 кг в зависимости от номинальной массы падающих частей молота.

Таблица 3.3 - Основные параметры и размеры ковочных пневматических молотов

Параметры и размеры	Номинальная масса падающих частей, кг						
	50	80	160	250	400	630	1000
Энергия удара, кДж (кгс·м), не менее	0,8	1,4	3,15	5,6	10	16	28
Число ударов в минуту	(80)	(140)	(315)	(560)	(1000)	(1600)	(2800)
Высота рабочей зоны в свету, мм	224	212	190	150	132	112	95
Размеры зеркала бойков (длина, ширина), мм	100x56	130x63	190x75	210x80	250x90	320x130	360x140

Ковочные гидравлические прессы предназначены для изготовления ковкой поковок преимущественно из слитков, а также дляковки в подкладных штампах. Масса слитков, подвергаемых ковке, колеблется в пределах 0,65-98 т в зависимости от номинального усилия прессы. На более мощных прессах, усилием 10000 и 15000 тс (98 и 147 МН), можно отковывать поковки максимальной массой до 200 т.

Задачи и упражнения

1. Определить усилие гидравлического ковочного прессы, необходимое для осадки стальной заготовки круглого сечения. Диаметр и высота

заготовки до осадки соответственно 550 и 1200 мм. Высота заготовки после осадки составляет 500 мм. Заготовкой является слиток массой 3 т, $\sigma_B = 600$ МПа. Температура окончания осадки 1000°C . Ответ 29.5 МН, принимаем 32 МН.

2. Найти массу падающих частей молота, необходимую для осадки стальной круглой заготовки размерами $D_0 = 100$ мм и $H_0 = 200$ мм [$\sigma_B = 400$ МПа]. Осадку произвести до высоты $H_k = 80$ мм. Температура окончания осадки 900°C . Степень деформации за последний удар молота принять $\varepsilon_H = 0,06$. Ответ 850 кг.

3. Рассчитать усилие гидравлического ковочного пресса, необходимое для протяжки стальной заготовки в плоских бойках, если высота и ширина исходной заготовки соответственно составляют 500 и 400 мм. Величина подачи металла при протяжке равна 300 мм. Масса металла, находящегося под бойками, при каждом нажиме $\sim 0,5$ т. Протяжку выполняют при температуре 1000°C . Предел прочности металла 600 МПа. Ответ 570 тс.

4. Определить массу падающих частей молота, необходимую для протяжки стальной круглой заготовки в круглых вырезных бойках. Заготовка диаметром 180 мм. Величина подачи металла при протяжке равна 100 мм. Предел прочности металла $\sigma_B = 800$ МПа, температура протяжки 1100°C . Степень деформации металла за один удар составляет 0,15. Ответ 5100 кг.

5. Найти число ударов молота, необходимое для осадки стальной заготовки размерами $D_0 = 100$ мм и $H_0 = 150$ мм [$\sigma_B = 40$ кгс/мм² (392 МПа)]. Осадку выполнить до высоты $H_k = 80$ мм. Температура начала осадки 1100°C , а окончания 900°C . Принять степень деформации за последний удар молота $\varepsilon_H = 0,06$. Ответ 10 ударов.

6. Рассчитать усилие открытой прошивки стальной заготовки при следующих условиях : для холодного материала $\sigma_B = 600$ МПа, температура прошивки 1000°C , диаметр прошивня 100 мм, толщина доньшка заготовки

под прошивнем 80 мм, диаметр прошиваемой заготовки 499,5 мм. Ответ 126 тс.

7. Определить усилие, необходимое для скручивания цилиндрического участка стальной поковки, если материал в холодном состоянии имеет $\sigma_B = 400$ Мпа. Скручивание выполняют при температуре 1100 °С на угол 30 ° с помощью вилки, имеющей плечо длиной 2000мм. Диаметр скручиваемого участка 60мм.

8. Определить усилие гидравлического ковочного пресса, необходимое для осадки стальной заготовки размерами $D=700$ мм, $H=1400$ мм, из слитка массой 7т (σ_B в холодном состоянии равно 60кГ/мм²) Осадку произвести до высоты $H_1=500$ мм. Температура окончания осадки равна 1100°С

Решение. При $t=1100^\circ\text{C}$ $\sigma_B = 36$ Мпа.

Из таблицы 3.1 $\Psi = 0,7$.

Средний диаметр после осадки

$$D_k = D \sqrt{\frac{H}{H_1}} = 700 \sqrt{\frac{1400}{500}} = 1180 \text{ мм};$$

$$F_k = \frac{\pi \cdot 1180^2}{4} = 1080000 \text{ мм}^2$$

Усилие пресса по формуле

$$P = \Psi \left(1 + 0.17 \frac{D_k}{H_k} \right) \sigma_{Bt} F_k = 0.7 \left(1 + 0.17 \frac{1180}{500} \right) \cdot 3,6 \cdot 108000 = 3800 \text{ т}$$

9. Определить массу падающих частей молота и количество ударов для осадки стальной заготовки размерами $D = 110$ мм и $H = 180$ мм (σ_B в холодном состоянии равно 400 Мпа. Осадку произвести до высоты $H_k = 90$ мм. Температура начала осадки 1200°С, температура окончания осадки 900°С.

Решение. При $t = 1200^\circ\text{C}$ $\sigma_{Bt} = 20$ Мпа, а при $t = 900^\circ\text{C}$.

Средний диаметр после осадки

$$D_k = D \sqrt{\frac{H}{H_k}} = 110 \sqrt{\frac{180}{90}} = 155 \text{ мм.}$$

Объем заготовки

$$V_{\text{заг}} = \frac{\pi \cdot 110^2 \cdot 180}{4} = 1720000 \text{ мм}^3$$

Величину ε определяют в пределах от 0,025 до 0,06, причем для мелких поковок берут большие величины, а для крупных – меньшие. Принимаем $\varepsilon = 0.06$.

Масса падающих частей по формуле

$$\begin{aligned} G &= 1.5 \left(1 + 0.17 \frac{D_k}{H_k} \right) \sigma_{B1} \varepsilon_H V_{\text{заг}} \\ &= 1.5 \cdot 10^{-3} \cdot 4.5 \left(1 + 0.17 \frac{155}{90} \right) 0.06 \cdot 1720000 = 880 \text{ кг}; \end{aligned}$$

Выбираем молот с массой падающих частей $G = 1000$ кг и с энергией удара $L = 2800$ кГ*м

Полную работу деформации определяем при средней температуре осадки

$$t = \frac{1200 + 900}{2} = 1050^\circ\text{C}$$

При этом $\sigma_B = 3 \text{ кГ/мм}^2$ (30 Мпа), скоростной коэффициент $\omega=3$

Имеем

$$\begin{aligned} A_{\text{п}} &= \omega \cdot 10^{-3} \left[\ln \frac{H_0}{H_k} + \frac{1}{9} \left(\frac{D_k}{H_k} - \frac{D_0}{H_0} \right) \right] V_{\text{заг}} \sigma_B \\ &= 3 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \left[\ln \frac{180}{90} + \frac{1}{9} \left(\frac{155}{90} - \frac{110}{180} \right) \right] 1720000 \\ &= 12650 \text{ кГ} \cdot \text{м} (124 \text{ кДж}). \end{aligned}$$

Количество ударов определяем по формуле

$$n = \frac{A_n}{n_{\text{уд}} Q_{\text{уд}}} = \frac{12650}{0.8 \cdot 2500} = 6.3 \text{ т. е. } 7 \text{ ударов.}$$