

Министерство высшего и среднего специального
образования РСФСР

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева

ЗАДАНИЯ ПО ТЕОРИИ ПРЕССОВАНИЯ
И ВОЛОЧЕНИЯ

Утверждено
редакционно-издательским
советом института
в качестве
методических указаний

Куйбышев 1984

УДК 621.777.01

Методические указания являются приложением к лекционному курсу "Теория и технология прессования". Приведены основные формулы и определения, задачи и указания к их решению.

Указания предназначены для студентов металлургического факультета, обучающихся по специальности 0408.

Составитель В.Р.Каргин

Рецензенты: Ю.В.Юров, Е.К.Малов

1. ПОКАЗАТЕЛИ ДЕФОРМАЦИИ

Коэффициент вытяжки

$$\lambda = \frac{F_K}{F_{U3\partial}},$$

где F_K - площадь поперечного сечения контейнера,

$F_{U3\partial}$ - площадь поперечного сечения прессизделия.

$$F_K = \frac{\pi D_K^2}{4},$$

где D_K - диаметр внутренней втулки контейнера.

Интегральный показатель деформации

$$i = \ln \lambda.$$

Степень деформации при прессовании (обжатие)

$$\varepsilon = \frac{F_K - F_{U3\partial}}{F_K} 100\%.$$

Средняя скорость деформации

$$\dot{\varepsilon} = \frac{\varepsilon}{\tau},$$

где τ - время нахождения металла в очаге пластической деформации

$$\tau = \frac{W_{0.\partial}}{W_C},$$

W_C - секундный объем, вытекающий из отверстия в матрице

$$W_C = F_{U3\partial} V_{np}.$$

Скорость прессования (у входа в очаг пластической деформации)

$$V_{np} = \frac{1}{\lambda} V_{истм},$$

где $V_{истм}$ - скорость истечения (у выхода из очага пластической деформации)

$W_{0.\partial}$ - объем очага пластической деформации при прессовании прутка

$$W_{0.\partial} = \frac{\pi}{12} \frac{1 - \cos \alpha}{\sin^3 \alpha} (D_K^3 - D_H^3),$$

где α - угол конуса матрицы,

D_H - наружный диаметр выпрессованного прутка (трубы).

При прессовании фасонных профилей D_H рассчитывают как приведенный диаметр

$$D_H = \sqrt{4 F_{U3\partial} / \pi}.$$

При прессовании полых изделий из полого слитка с иглой

$$W_{0,0} = 0,4(D_K^2 - 0,75d_{и2}^2)^{3/2} - (D_H^2 - 0,75d_{и2}^2)^{3/2} - 0,5(D_K^3 - D_H^3),$$

где $d_{и2}$ - внутренний диаметр иглы.

При прессовании полых изделий из слитка сплошного сечения через комбинированную матрицу с выступающим рассекателем

$$W_{0,0} = 0,275D_K^3 + 0,108D_K^2D_H - 0,08D_KD_H^2 - 0,025D_H^3 + \frac{0,063D_K^3}{\lambda}.$$

ЗАДАЧИ

I.1. Записать формулы для вычисления коэффициента вытяжки при прессовании трубы: а) из сплошной заготовки; б) из поллой заготовки.

I.2. Записать формулу для коэффициента вытяжки при прессовании через многоканальные матрицы.

I.3. Толщина линий координатной сетки равна 1 мм. Определить минимально возможную толщину координатных линий после прессования. В расчетах принять: диаметр контейнера 50 мм, диаметр прутка 20 мм.

I.4. Вывести формулу для вычисления коэффициента вытяжки при прессовании труб с переменной толщиной на конической игле. Построить график изменения λ в зависимости от текущего радиуса иглы. Нарисовать возможные схемы изготовления таких труб методами прессования.

I.5. Определить диаметр контейнера для прессования квадратного прутка размером 35 мм с коэффициентом вытяжки $\lambda = 25$.

I.6. Найти связь между степенью деформации \mathcal{E} и коэффициентом вытяжки λ при прессовании; для $\mathcal{E} = 92\%$, найти λ .

I.7. Определить среднюю скорость деформации при прессовании прутка диаметром 10 мм из контейнера диаметром 50 мм со скоростью истечения 5 м/мин. Принять $\alpha = 60^\circ$.

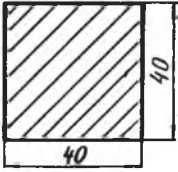
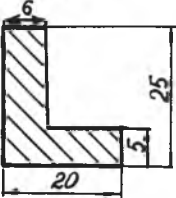
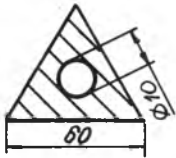
I.8. Найти среднюю скорость деформации при прессовании трубы с размерами 60x40 из контейнера диаметром 150 мм со скоростью 3 м/мин: а) из поллой заготовки через коническую матрицу; $\alpha = 75^\circ$; б) из сплошной заготовки через комбинированную матрицу с выступающим рассекателем.

I.9. При прессовании заготовки на длину 150 мм был получен профиль длиной 2250 мм. Определить коэффициент вытяжки.

Указание. Использовать условие постоянства объема.

I.10. Определить значения $\bar{\mathcal{E}}$ по данным табл. I.

Т а б л и ц а I

№ вариан- та	Размеры сечения прессизделий	D_K , мм	$V_{\text{пр}}$, м/мин	α , °
I		100	2	30
2		115	5	60
3		130	I	60

2. РАЗМЕРЫ ЗАГОТОВКИ

Длина заготовки

$$L = \frac{[(\ell_{\text{изд}} + \Delta)m + \ell_{\text{к.о.}}]n F_{\text{изд}}}{F_{\text{заг}}} + H\lambda_p,$$

где $\ell_{\text{изд}}$ - длина готового изделия; Δ - припуск на длину, $\Delta = 100-300$ мм; m - кратность изделий в прессовке, $m = 1, 2, 3, \dots$; $\ell_{\text{к.о.}}$ - длина концевой обрезки, $\ell_{\text{к.о.}} = 350-600$ мм; n - число каналов на зеркале матрицы, $n = 1, 2, 3, \dots$; H - высота прессостатка, при прямом методе $H = (0,15-0,2)D_K$;обратном - $H = (0,07-0,10)D_K$; $F_{\text{заг}}$ - площадь сечения заготовки, $F_{\text{заг}} = \pi D^2/4$; λ_p - коэффициент распрессовки, $\lambda_p = F_K/F_{\text{заг}}$.

Определяем

$$m = \frac{L_{ст. пресса}}{L_{зад.}}$$
,
 где $L_{ст. пресса}$ - длина стола пресса, $L_{ст. пресса} = (12-20)M$;
 D - диаметр заготовки, $D = (0,965-0,975)D_k$.

Выход годного (коэффициент использования металла, (КИМ)).

$$\eta = 1 - \frac{\Sigma V_{отх.}}{V_{заг.}}$$

Находим

$$\Sigma V_{отх.} = V_n + V_{вык.} + V_{utm.} + V_{обр.} + 2V_{захв.},$$

где, V_n - отходы на прессостанок;

$V_{вык.}, V_{utm.}$ - отходы на обрезку выходных и утяжных концов;

$V_{обр.}$ - отходы на образцы под механические испытания;

$V_{захв.}$ - отходы на захваты для растяжной правильной машины;

$V_{заг.}$ - объем заготовки, $V_{заг.} = \pi/4 \cdot D^2 L$.

Размеры горячей заготовки

$$L_p = L(1 + \alpha T_H), \quad D_p = D(1 + \alpha T_H),$$

где α - коэффициент линейного расширения;

T_H - температура нагрева заготовки перед прессованием.

ЗАДАЧИ

2.1. Определить относительное увеличение диаметра заготовки из сплавов АД31 при нагреве от 0° до температуры 500°С.

Принять $\alpha = 25 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹.

2.2. При постоянном объеме заготовки $V_{заг.} = const$ найти отношение L/D , при котором боковая поверхность заготовки (включая и площади торцов) будет минимальной.

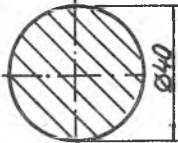
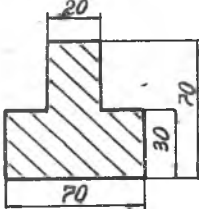
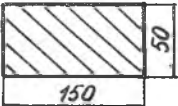
2.3. Даны следующие размеры заготовок: $L/D = 2$, $L/D = 3$, $L/D = 4$. Принимая диаметр заготовки постоянным и равным 100 мм, выбрать оптимальное соотношение L/D , если сумма всех отходов составляет 460 см³.

2.4. Определить размеры заготовки для прессования сплошных профилей в одноканальные матрицы по данным табл.2.

2.5. Показать, при каком методе (прямом или обратном) при одинаковых режимах прессования выход годного будет наибольшим.

2.6. Определить размеры полой заготовки для прессования трубы диаметром 60 мм и толщиной стенки 15 мм, если $\lambda = 20$, сдаваемая длина кратна 2000 мм, длина стола пресса равна 15 м.

Т а б л и ц а 2

№ варианта	Сечение профиля	D_k , мм	$l_{изд}$, мм	$l_{ст.пресса}$, м
1		200	1500	15
2		150	2000	17
3		300	3000	12

2.7. На горизонтальном гидравлическом прессе усилием 3000 т.с. применяют контейнеры следующих диаметров: 225 мм; 250 мм; 270 мм. Требуется выбрать оптимальный диаметр контейнера для прессования прутка диаметром 75 мм и длиной 6000 мм.

2.8. Определить количество прессизделий, получаемых без учета отходов при прессовании слитка с размерами $D = 150$ мм, $L = 450$ мм, если сечение прессизделия представляет собой равносторонний треугольник со стороной 50 мм, а сдаваемая длина кратна 3000 мм.

2.9. Рассчитать число каналов в матрице для прессования прутков диаметром 10 мм с коэффициентом вытяжки $\lambda = 22,5$ из заготовки диаметром 150 мм.

2.10. Определить размеры заготовки без учета отходов, если нужно получить профиль с сечением в форме квадрата со стороной 40 мм и длиной 15 м. В расчетах принять коэффициент вытяжки $\lambda = 25$.

2.11. Найти длину заготовки для прессования прутка диаметром 20 мм и длиной 7500 мм из контейнера диаметром 100 мм. В расчетах пренебречь отходами.

3. СИЛОВЫЕ УСЛОВИЯ

Усилие прессования (формула И.Л.Перлина)

$$P = R_M + T_{кр} + T_M + T_n,$$

где R_M - усилие деформации без учета трения; $T_{кр}$, T_M , T_n - усилия преодоления сил трения о контейнер, матрицу и калибрующий поясok соответственно. Определяем:

$$R_M = [0,785(i + i_{доп})/\cos^2\alpha/2] D_K^2 S_{г.с.},$$

$$T_{кр} = \pi D_K (L - h_{y.z.}) \mu_{кр} S_{г.кр.},$$

$$T_M = [0,785/\sin\alpha] \mu_M D_K^2 i S_{г.с.},$$

$$T_n = \lambda F_n \mu_n S_{г.к.},$$

где $S_{гн}$, $S_{гк}$, $S_{гс} = \sqrt{S_{гн} S_{гк}}$ - сопротивление деформации металла, соответственно начальное, конечное, среднее;

$S_{г.кр}$ - сопротивление деформации металла по контейнеру;

$S_{г.кр} = 1,5 S_{гн}$ - в условиях полного охватывания, при смазке $S_{г.кр} = S_{гн}$

$h_{y.z.}$ - высота упругой зоны очага деформации,

$$h_{y.z.} \approx 0,64 (D_K - D_n)/2;$$

α - угол наклона образующей канала матрицы к ее оси (при $\alpha > 60^\circ$ принимают $\alpha = 60^\circ$);

$\mu_{кр}$, μ_M , μ_n - коэффициенты трения на контактных поверхностях контейнера, матрицы и пояска соответственно (табл.3.).

F_n - поверхность трения калибрующего пояска.

$$F_n = \pi l,$$

где πl - периметр и высота калибрующего пояска;

$i_{доп}$ - интегральный показатель дополнительной деформации,

$$i_{доп} = \ln \sqrt[4]{\frac{F_{изд}}{a_{ср.изд}}},$$

где $a_{ср.изд}$ - средняя толщина профиля, разбитого на "n" участков приблизительно равной ширины, $a_{ср.изд} = (a_1 + a_2 + \dots + a_n)/n$.

Т а б л и ц а 3

Значения коэффициентов трения

Условия прессования	μ_M	μ_n	$\mu_{кр}$
со смазкой	0,15	0,10	0,12
без смазки	0,45	0,20	0,50

Повышение температуры в результате деформационного разогрева, °С

$$\Delta T_{\epsilon} = K S_{g.c} L / \rho c J,$$

где K - коэффициент выхода тепла, $K = 0,8-1,0$;

ρ - плотность;

V - объем деформируемого слитка;

c - теплоемкость металла;

J - механический эквивалент теплоты, $J = 427$ кгм/ккал;

Повышение температуры поверхности заготовки в результате трения о стенки контейнера калибрующего пояска

$$\Delta T_{\tau} = \frac{S_g}{4\rho c} \sqrt{\frac{V_{ucm} L}{a}}.$$

Глубина прогревания заготовки, контейнера и калибрующего пояска

$$\delta \approx \sqrt{\frac{a L \lambda}{V_{ucm}}}$$

ЗАДАЧИ

3.1. Определить среднюю температуру прессизделия при выходе из матрицы, если коэффициент вытяжки $\lambda = 60$, сопротивление деформации $S_{g.c} = 80$ МПа и начальная температура заготовки $T_0 = 420$ °С. В расчетах принять $c = 0,22$ кал/г·град, $\rho = 2,7$ г/см³.

3.2. При прессовании профилей из идеально-пластического металла ($S_{g.c} = 50$ МПа из контейнера диаметром 130 мм усилие, необходимое для преодоления сил трения по контейнеру, составило 2,0 МН. Найти приближенное значение коэффициента трения $\mu_{кр}$, если слиток имел длину 400 мм.

3.3. Найти предельно допустимую вытяжку при прессовании без трения в одноканальную матрицу с углом конусности 60° по данным табл. 4.

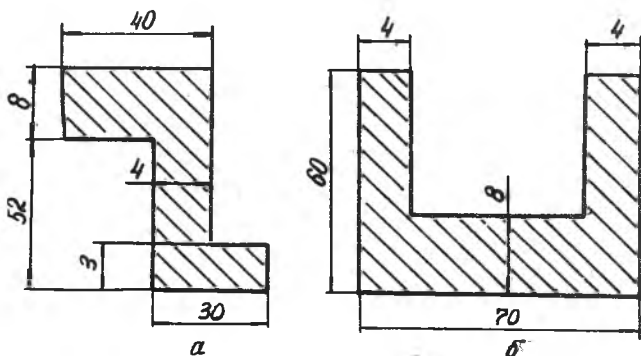
Т а б л и ц а 4

№ варианта	Диаметр прутка, мм	$S_{g.c}$ МПа	Пресс, МН
1	30	20	12,0
2	40	30	15,0
3	50	40	20,0
4	60	50	30,0

3.4. Из индикаторной диаграммы для прямого метода прессования заготовки диаметром 200 мм и длиной 600 мм были получены следующие значения: максимальное усилие - 210 МН, минимальное усилие - 130 МН. Определить величину напряжения трения по контейнеру.

3.5. С увеличением угла конусности матрицы α сдвиговые деформации возрастают, что приводит к увеличению составляющей полного усилия R_M , но одновременно уменьшается контактная поверхность и соответственно составляющая T_M . Найти зону оптимальных углов конусности матрицы при прессовании профиля с площадью поперечного сечения 300 мм², если сопротивление деформации постоянно по объему заготовки и равно 60 МПа коэффициент трения $\mu = 0,2$; $\lambda = 20$; $L = 3D$.

3.6. Определить усилие, необходимое для осуществления дополнительной деформации при прессовании профилей сложной конфигурации из контейнера диаметром 130 мм, если сопротивление деформации металла равно 50 МПа, угол конуса матрицы 30°.



Р и с. I.

3.7. Определить минимальную температуру нагрева заготовки при прессовании без смазки по данным табл. 5.

Т а б л и ц а 5

№ варианта	Диаметр прутка, мм	Сплав	$V_{ист}$, м/мин	Пресс, МН	Длина прутка, м
1	30	АДЗ1	20	120	15
2	45	АМгЗ	5	200	10
3	60	Д16	2	300	12
4	30	Д1	2	150	14
5	45	Д16	2	200	16
6	60	Д1	2	300	10

Указать вид прессования: горячее, теплое, холодное.

3.8. Определить предельно допустимые коэффициенты вытяжки по данным задачи 3.7.

3.9. Прессование прутков ведут с вытяжкой $\lambda = 30$. Определить максимальную длину слитка при прессовании без смазки по данным приложения (см.стр. 21).

4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРЕССОВОГО ИНСТРУМЕНТА

Матрица. Длины калибрующих поясков матриц находят из формулы Матвеева-Журавского

$$\frac{l_{F_1} \Pi_{F_1}}{F_1} = \frac{l_{F_2} \Pi_{F_2}}{F_2} = \dots = \frac{l_{F_i} \Pi_{F_i}}{F_i} = \dots const,$$

где $l_{F_1}, l_{F_2}, \dots, l_{F_i}$ - длина калибрующего участка на участках площадью F_1, F_2, \dots, F_i

$\Pi_{F_1}, \Pi_{F_2}, \dots, \Pi_{F_i}$ - периметры участков.

Расчет консольного участка матрицы на изгиб

$$\sigma_{изг.} = \frac{M}{W} \ll [\sigma] \approx 0,7 \sigma_B,$$

где M - изгибающий момент.

$$M = Ql,$$

где Q - усилие, приложенное к центру тяжести консольного участка матрицы

$$Q = p F_{конс.},$$

где p - удельное давление в контейнере при максимальном усилии прессы,

$$p = (0,6 - 0,8) \frac{P_{прессы}}{F_k},$$

где l - плечо, равное расстоянию от центра приложения силы до основания консоли;

$F_{\text{конс.}}$ - площадь консольного участка матрицы;

W - момент сопротивления изгибу.

Определяем

$$W = \frac{b h^2}{6},$$

где b - ширина основания консольного участка матрицы;

h - толщина матрицы, $h = (0,3 - 0,4) D_k$.

Исполнительные размеры канала матрицы

$$A_c = A_n + M + (K_y + K_p + K_T) A_n,$$

где A_n - номинальный размер сечения профиля;

M - плюсовой допуск, $M = (0,008 - 0,01) A_n$;

K_y - коэффициент утягивания размера сечения (табл.4);

K_p - коэффициент уменьшения размера при правке растяжением (табл. 6);

K_T - коэффициент температурной усадки;

$$K_T = T - T_1 \alpha_1,$$

где T и T_1 - температуры нагрева заготовки и матрицы;

α и α_1 - коэффициенты линейного расширения соответственно прессуемого металла и материала матрицы.

Т а б л и ц а 6

Значения коэффициентов K_y и K_p

Размер элемента, мм	K_y	K_p
1 - 3	0,020	0,020
4 - 20	0,010	0,010
2I - 40	0,006	0,008
4I - 60	0,005	0,008
6I - 80	0,004	0,006
8I - 120	0,003	0,005
12I - 200	0,002	0,004

Прессштемпель. Суммарное напряжение

$$\sigma^{\Sigma} = \sigma' + \sigma'' \ll [\sigma] \approx \sigma_f,$$

где σ' - напряжение сжатия;

$$\sigma' = \frac{P_{\text{пресса}}}{F \varphi},$$

где F - площадь поперечного сечения прессштемпеля;

φ - коэффициент запаса прочности;

$$\varphi = \frac{\mu L_n}{i},$$

где μ - коэффициент Пуассона материала;

L_n - длина рабочего стержня прессштемпеля, $L_n = (4-5)D_n$;

D_n - диаметр прессштемпеля;

i - радиус сечения (для круга $i = D_n/4$) ;

σ'' - изгибающее напряжение;

$$\sigma'' = \frac{M}{W},$$

где M - изгибающий момент,

$$M = P_{\text{пресса}} \ell;$$

W - момент сопротивления пресса изгибу, $W = 0,1 D_n^3$ (для круга)

ℓ - эксцентриситет, $\ell = (D_k - D_n)/4$, $D_k - D_n = (10-75)$ мм.

Контейнер. Число втулок контейнера определяют по табл. 7. исходя из отношения $\rho/[\sigma]$

Т а б л и ц а 7

№	1	2	3	4	5	6
Марка стали	4Х4НМВФ	4Х4НМВФ	3Х2Н2МВФ	5ХНМ3	5ХНВ	5ХНВ
$\sigma_s/\tau=450^\circ\text{C}$	140-145	140-145	100-105	85-90	75-80	75-80
$\frac{\rho}{[\sigma]}$	0,3	0,3-0,55	0,56-0,75	0,76-1,0	1,0-1,2	1,2-1,4

$$[\sigma] = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [\sigma]_i, \quad [\sigma]_i = \frac{\sigma_{si}}{K_i}, \quad K_i = 1,1 \div 1,5.$$

Геометрические размеры i - втулки $z_{Hi} = z_{\delta i} / T_i$,

где z_{Hi} ; $z_{\delta i}$ - наружный и внутренний радиусы;

T_i - коэффициент толстостенности, $T_i = \sqrt{\frac{[\sigma]}{[\sigma]_i} - \frac{2\rho}{N[\sigma]_i}}$.

Напряжения в i - втулке

$$\sigma_{zi} = \frac{\rho_{\delta i} z_{\delta i}^2 - \rho_{Hi} z_{Hi}^2}{z_{Hi}^2 - z_{\delta i}^2} + \frac{(\rho_{\delta i} - \rho_{Hi}) z_{\delta i}^2 z_{Hi}^2}{(z_{Hi}^2 - z_{\delta i}^2) \rho^2},$$

где ρ - текущий радиус (индекс "Н" относится к наружной поверхности, "δ" - к внутренней).

Контактное давление $P_{\rho j}$ при посадке j -й втулки на блок внутренних $j-1$

$$\rho_{nj} = \frac{1 - T_j^2}{2} \sigma_{эkvj}, \quad j = N, N-1, \dots, 1,$$

где $\sigma_{эkvj}$ - эквивалентное напряжение в j -й втулке

$$\sigma_{эkvN} = [\sigma]_N - (\sigma_t^p - \sigma_z^p)_N$$

$$\sigma_{эkvN-1} = [\sigma]_{N-1} - (\sigma_t^p - \sigma_z^p)_{N-1} - (\sigma_t^{p_{NN}} - \sigma_z^{p_{NN}})_{N-1}$$

(индекс p - от внутреннего давления прессования, p_n - от контактных давлений при посадке).

Натяг на радиус при посадке, обеспечивающий контактное давление

$$\sigma_j = \rho \frac{\rho_{nj}}{E} \left(\frac{\rho^2 + z_1^2}{\rho^2 - z_1^2} + \frac{1 + T_j^2}{1 - T_j^2} \right).$$

Температурный перепад для осуществления натяга

$$\Delta T_j = \frac{\sigma_j}{\rho} \frac{1}{\alpha} + (100 - 150)^\circ\text{C},$$

где E - модуль упругости, для стали $E = 2 \cdot 10^5$ МПа

α - коэффициент линейного расширения, $\alpha = 12,5 \cdot 10^{-6}$ град $^{-1}$.

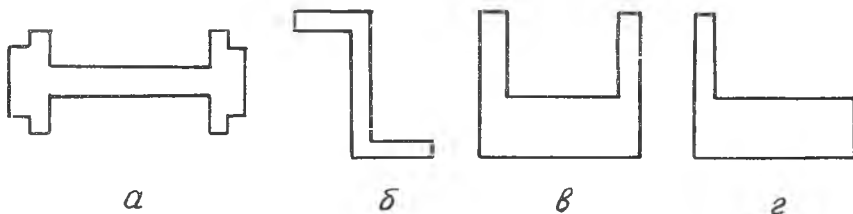
$$\sigma_{эkv_i} = \sigma_{t_i}^\Sigma - \sigma_{z_i}^\Sigma \ll [\sigma]_i,$$

где

$$\sigma_{t_i}^\Sigma = \sigma_{t_i}^p + \sum \sigma_{t_i}^{p_n}, \quad \sigma_{z_i}^\Sigma = \sigma_{z_i}^p + \sum \sigma_{z_i}^{p_n}.$$

ЗАДАЧИ








4.1. Найдите рациональное положение канала на зеркале матрицы для профилей с сечениями, как показано на рис.2.



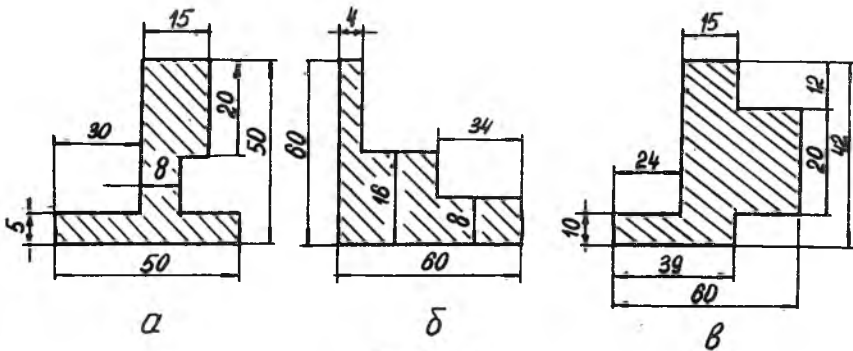
Р и с. 2.

4.2. Определить рациональное расположение каналов в матрице для многониточного прессования асимметричных профилей, обеспечивающее их симметрию относительно центра матрицы по табл. 8.

Таблица 8

Вариант	1	2	3	4	5	6	7
Сечение							
Число каналов	2,4	2,4	3	2	6	2	2

4.3. Разбить сечение профилей на несколько элементов равной ширины как показано на рис.3, среди них найти элементы с наибольшим и наименьшим удельным периметром.


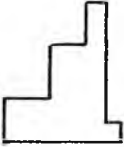




Р и с. 3.

4.4. Для профилей по задаче 4.3 рассчитать по формуле Матвеева-Журавского длины калибрующих участков, обеспечивающих равномерность скоростей истечения. Дать развертку калибрующих поясков по периметру профиля.

4.5. Выбрать способы выравнивания скоростей истечения отдельных элементов сечения профиля, представленных в табл. 9.

Т а б л и ц а 9

Вариант	1	2	3	4
Сечение				

4.6. Провести расчет консольного участка матрицы на изгиб для прессования прутка $\varnothing 20$ мм при $p = 750$ МПа, $l_{к.п.} = 5$ мм, диаметре выходной части $\varnothing = 24$ мм.

4.7. Провести расчет консольных элементов матриц на изгиб и срез по данным задачи 4.3, если удельное давление в очаге пластической деформации $p = 600$ МПа, $D_k = 100$ мм.

4.8. Указать факторы, определяющие исполнительные размеры очка матрицы. Определить исполнительные размеры для профилей, представленных в задаче 4.3.

4.9. При прессовании прутка диаметром 20 мм с коэффициентом вытяжки 50 на прессе усилием 15,0 МН, матрица вышла из строя из-за пластической деформации калибрующего пояска. Матрица была изготовлена из стали 5ХНМ с $\sigma_{0,2} = 800$ МПа. Диаметр выходной части канала равен 26 мм, а высота пояска 3 мм. Указать причину выхода матрицы из строя и провести соответствующие расчеты.

4.10. Определить диаметр пуансона наименьшего контейнера на прессе усилием 150 МН, если материал пуансона выдерживает на сжатие $\sigma_{сжм} = 1000$ МПа.

4.11. На прессе усилием 12,0 МН установлен прессштемпель диаметром 150 мм, изготовленный из высокопрочной стали 3Х2В8Ф с $\sigma_{\text{ф}} = 1300$ МПа. Прессштемпель работает в трудных условиях, испытывая напряжения от сжатия и изгиба, вызванного смещением усилия прессования от оси прессования на величину 5 мм. Исходя из условий работы прессштемпеля, провести его расчет на прочность, проверить правильность выбора габаритов и материала. В расчетах принять $\psi = 0,9$.

4.12. Провести расчет контейнера диаметром 155 мм на прочность, если удельное давление прессования составляет 850 МПа.

4.13. Контейнер, наружный диаметр которого 300 мм и толщина стенки 75 мм, подвергнут давлению прессования $p = 600$ МПа. Пост-

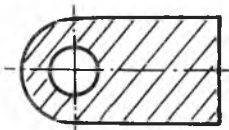
Рисовать эпюры радиальных и окружных напряжений в зависимости от текущего радиуса.

4.14. В задаче 4.13 поменять условие, т.е. считать, что действует не внутреннее, а внешнее давление. Определить те же величины.

4.15. Рассчитать предельное внутреннее давление, при котором весь материал контейнера перейдет в пластическое состояние.

Указание. Использовать решение $\sigma_z = 2k \ln \rho + C$, где k - сопротивление пластической деформации; ρ - текущий радиус; C - постоянная интегрирования.

4.16. Предложить возможные конструкции матриц для прессования полого профиля с одной осью симметрии, обеспечивающие выравнивание скоростей истечения



5. БЕЗОПРАВОЧНОЕ ВОЛОЧЕНИЕ ТРУБ

Коэффициент вытяжки

$$\mu = \frac{F_H}{F_K} = \frac{D_{ср.н} t_n}{D_{ср.к} t_k} = \mu_{ср} \mu_t,$$

где F_H и F_K - площадь сечения трубы до и после волочения;

$D_{ср.н}$ и $D_{ср.к}$ - средний диаметр трубы до и после волочения;

$D_{ср.н} = D_n - t_n$; $D_{ср.к} = D_k - t_k$, где t_n и t_k - толщина стенки трубы до и после волочения.

Относительное обжатие $\varepsilon = (F_H - F_K) / F_H$.

Число переходов волочения $n = \ln \mu_{\Sigma} / \ln \mu_{max} = \ln \frac{D_{ср.н}}{D_{ср.к}} / \ln \mu_{max}$,

где μ_{max} - максимально допустимая вытяжка за переход.

Коэффициенты вытяжки с учетом упрочнения

$$\mu_1 = \sqrt{\frac{\mu_{\Sigma} (\sigma_{\delta_1} + \Delta\sigma_{\delta}) (\sigma_{\delta_1} + 2\Delta\sigma_{\delta}) (\dots) [\sigma_{\delta_1} + (n-1)\Delta\sigma_{\delta}]}{\sigma_{\delta_1}^{n-1}}},$$

$$\mu_2 = \mu_1 \frac{\sigma_{\delta_1}}{\sigma_{\delta_2}}, \mu_3 = \mu_1 \frac{\sigma_{\delta_1}}{\sigma_{\delta_3}}, \dots, \mu_n = \mu_1 \frac{\sigma_{\delta_1}}{\sigma_{\delta_n}}, \Delta\sigma_{\delta} = \frac{\sigma_{\delta_n} - \sigma_{\delta_1}}{n-1},$$

где $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \dots, \mu_n$ - вытяжки соответственно в 1, 2, 3 и n переходах;

$\sigma_{\beta_1}, \sigma_{\beta_2}, \sigma_{\beta_3}, \dots, \sigma_{\beta_n}$ - предел прочности протягиваемого металла соответственно после 1, 2, 3-го n -ного переходов.

Усилия волочения

$$Q = \left\{ \ell_n \frac{D_{cp.n}}{D_{cp.k}} [1,15 \bar{\sigma}_{0,2} + f \operatorname{ctg} \alpha_n (1,15 \bar{\sigma}_{0,2} - \sigma_{\ell_{упр}})] + \sigma_{\ell_{упр}} \right\} F_k,$$

где $\bar{\sigma}_{0,2}$ - среднее значение предела текучести;

f - коэффициент трения;

α_n - приведенный угол, $\operatorname{tg} \alpha_n = (D_n - D_k) / \operatorname{tg} \alpha / [(D_n - D_k) + 2 \ell_k \operatorname{tg} \alpha]$;

$\sigma_{\ell_{упр}}$ - напряжение на границе упругой и пластической зон;

$$\sigma_{\ell_{упр}} = (0,1 - 0,12) \bar{\sigma}_{0,2},$$

где α - полуугол конуса волоки;

ℓ_k - длина калибрующего участка, $\ell_k \cong 1,5 t_k$.

Условие безобрывности волочения

$$\frac{\bar{\sigma}_{0,2} F_k}{Q} > 1,1 \div 1,2.$$

Размеры труб по переходам

$$D_{cp.n} = D_n - t_n, \quad D_{cp.n-1} = \mu_n D_{cp.n}, \quad \Delta D_{cp} = D_{cp.n-1} - D_{cp.n}$$

$$t_{n-1} = t_n - \Delta t,$$

$$\Delta t = \frac{1}{6} \left[3 - 10 \left(\frac{t_n}{D_n} \right)^2 - 13 \frac{t_n}{D_n} \right] \frac{\Delta D_{cp}}{D_{cp}} (t - \Delta t).$$

Критическая деформация по диаметру до потери устойчивости

$$\varepsilon_{кр} = 2,8 \cdot 10^{-4} \left(\frac{t_n}{D_n} \right)^2 \text{ для } t/D \cdot 100 < 4\%.$$

ЗАДАЧИ

5.1. Определить зависимость радиальных и окружных напряжений при безоправочном волочении труб.

Указание. Записать уравнение равновесия на вертикальную ось.

5.2. Определить предельное обжатие при волочении медной трубы 16х1 через волоку с углом $\alpha = 12^\circ$ и коэффициентом трения $f = 0,1$. В расчетах принять $\bar{\sigma}_{0,2} = 22 + 0,25 \varepsilon$.

5.3. Определить среднюю температуру трубы 24х1,5 при выходе из волоки диаметром 20 мм. В расчетах принять начальную температуру заготовки 20°C , $f = 0,0$, $\bar{\sigma}_{0,2} = 24 \text{ кг/мм}^2$, $C = 0,22 \text{ кал/г}\cdot\text{град}$, $\rho = 2,7 \text{ г/см}^3$, $\eta = 1,0$.

5.4. Рассчитать маршруты безоправочного волочения труб по данным табл. 10.

Т а б л и ц а 10

№ варианта	Размеры готовой трубы, мм	Относительное обжатие по диаметру за проход, %	Диаметр исходной заготовки, мм
1	4 x 0,5	30	12
2	6 x 1,0	25	15
3	5 x 0,75	30	16
4	8 x 1,0	25	18

Решение. Рассмотрим I вариант. Коэффициент вытяжки по диаметру трубы за один переход

$$\mu_D = \frac{1}{1 - \varepsilon_D} = \frac{1}{1 - 0,3} = 1,43.$$

Определим необходимое число переходов

$$n = \frac{\lg \frac{D_{\text{исх.н}}}{D_{\text{сп.к}}}}{\lg \mu_{\text{макс}}} = \frac{\lg \frac{11,5}{3,5}}{\lg 1,43} \approx 3.$$

Рассчитаем диаметры труб по переходам

$$1\text{-й переход } \frac{D_n}{\mu_{\text{макс}}} = \frac{12}{1,43} \approx 8,4 \text{ мм,}$$

$$2\text{-й переход } 8,4 / 1,43 \approx 5,9 \text{ мм,}$$

$$3\text{-й переход } 5,9 / 1,43 \approx 4,0 \text{ мм.}$$

Коэффициенты вытяжки за проход будут 1,45; 1,47; 1,54.

Далее определяют толщину стенок труб по переходам.

5.5. Спроектировать переходы для безоправочного волочения труб из сплава Д16 с учетом упрочнения металла по линейному закону $\sigma_f = 2\Gamma + 6\lg \mu$ по данным табл. II.

Т а б л и ц а 11

№ варианта	Размеры готовой трубы, мм	Максимальный коэффициент вытяжки	Диаметр исходной заготовки, мм
1	6 x 1,0	1,5	16
2	8 x 1,0	1,5	20
3	8 x 1,0	1,5	22
4	8 x 2,0	1,4	24

Решение. Рассмотрим I вариант. Определим необходимое число переходов

$$n = \frac{\ln \mu_{\Sigma}}{\ln \mu_{\max}} = \frac{\ln \frac{(D_{н})_{ср}}{(D_{к})_{ср}}}{\ln \mu_{\max}} = \frac{\ln \frac{15}{5}}{\ln 1,5} = 2,71 \approx 3.$$

Принимаем $n = 3$, Тогда при $\ln \mu_1 = \ln 1,5$ $\sigma_{\delta_1} \approx 23,4 \text{ кг/мм}^2$;
при $\ln \mu_{\Sigma} = \ln 3$, $\sigma_{\delta_{н}} = 27,6 \text{ кг/мм}^2$; $\Delta \sigma_{\delta} = \frac{27,6 - 23,4}{2} = 2,1 \text{ кг/мм}^2$;

$$\mu_1 = \sqrt{\frac{3(23,4 + 2,1)(23,4 + 2 \cdot 2,1)}{23,4^2}} = 1,57,$$

$$\mu_2 = 1,57 \frac{23,4}{23,4 + 2,1} = 1,44, \quad \mu_3 = 1,57 \frac{23,4}{23,4 + 2 \cdot 2,1} = 1,32.$$

Определяем размеры трубы по переходам

Третий переход

$$D_3 = 6 \text{ мм}, \quad t_3 = 1 \text{ мм}; \quad D_{ср,3} = 5,0 \text{ мм}; \quad D_{ср,2} = 5,0 \cdot 1,32 = 6,6 \text{ мм};$$

$$\Delta D_{ср} = 6,6 - 5,0 = 1,6 \text{ мм};$$

$$\Delta t_3 = \frac{1}{6} \left[3 - 10 \left(\frac{1}{7,6} \right)^2 - 13 \left(\frac{1}{7,6} \right) \right] \frac{1,6}{6,6} (1 - \Delta t_3) = 0,04 \text{ мм}.$$

$$t_2 = 1,0 - 0,04 = 0,96 \text{ мм}; \quad D_2 = 6,6 + 0,96 = 7,56 \text{ мм}.$$

Переход 7,56x0,96 \rightarrow 6,0x1,0

Второй переход

$$D_{ср,1} = 6,6 \cdot 1,44 = 9,50 \text{ мм}; \quad \Delta D_{ср} = 9,5 - 6,6 = 2,9 \text{ мм}.$$

$$\Delta t_2 = \frac{1}{6} \left[3 - 10 \left(\frac{0,96}{10,46} \right)^2 - 13 \left(\frac{0,96}{10,46} \right) \right] \frac{2,9}{9,50} (0,96 - \Delta t_2) = 0,06 \text{ мм},$$

$$t_2 = 0,96 - 0,06 = 0,90; \quad D_2 = 9,5 + 0,90 = 10,40.$$

Переход 10,4x0,90 \rightarrow 7,56x0,96

Первый переход

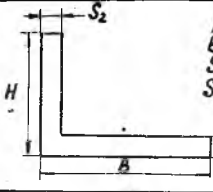
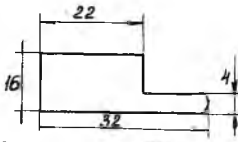
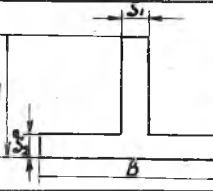
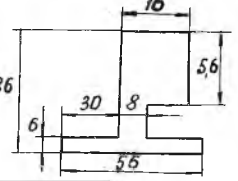
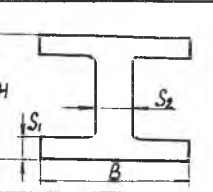
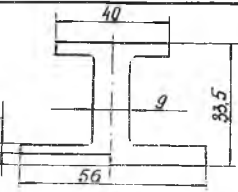
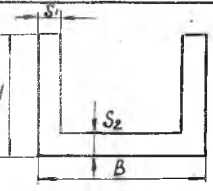
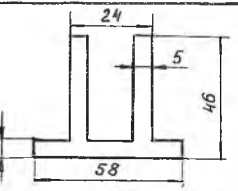
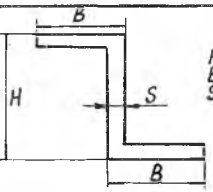
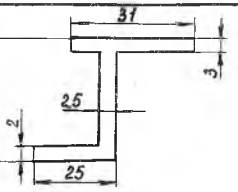
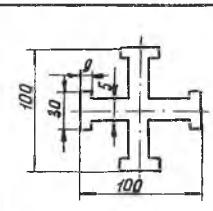
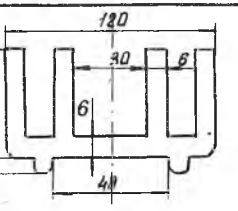
$$D_{ср,0} = 9,5 \cdot 1,57 = 14,9; \quad \Delta D_{ср} = 14,9 - 9,5 = 5,4 \text{ мм},$$

$$\Delta t_1 = \frac{1}{6} \left[3 - 10 \left(\frac{0,90}{15,8} \right)^2 - 13 \left(\frac{0,90}{15,8} \right) \right] \frac{5,4}{14,9} (0,90 - \Delta t_1) = 0,10 \text{ мм}.$$

$$t_1 = 0,90 - 0,10 = 0,80 \text{ мм}; \quad D_1 = 14,9 + 0,80 = 15,70 \text{ мм},$$

что близко к наружному диаметру заготовки, равному 16 мм. Переход 16x0,80 \rightarrow 10,4 x 0,90.

Сечение прессованных профилей

<p>угольники</p>	 <p> $H = 20$ $B = 20$ $S_1 = 5$ $S_2 = 10$ </p>	
<p>табры</p>	 <p> $H = 100$ $B = 150$ $S_1 = 3$ $S_2 = 10$ </p>	
<p>двутавры.</p>	 <p> $H = 100$ $B = 150$ $S_1 = 20$ $S_2 = 30$ </p>	
<p>швеллеры.</p>	 <p> $H = 50$ $B = 150$ $S_1 = 20$ $S_2 = 15$ </p>	
<p>зетовые</p>	 <p> $H = 50$ $B = 20$ $S = 5$ </p>	
<p>произвольной формы.</p>		

<p>с одним крчглым отверстием.</p>	
<p>с одним пря- моугольным отверстием.</p>	
<p>с одним от- верстием произвольной формы.</p>	
<p>с несколькими отверстиями</p>	

<p>табровые профили.</p>	
<p>двутабровые профили.</p>	
<p>швеллерные профили.</p>	
<p>швеллерные с отбортовкой профили.</p>	
<p>зетовые профили.</p>	
<p>произвольной формы профили.</p>	

ЗАДАНИЯ ПО ТЕОРИИ ПРЕССОВАНИЯ И ВОЛОЧЕНИЯ

Методические указания

Редактор Л.Б а л ы к о в а
Техн.редактор Н.К а л е н ю к
Корректор Е.Ф и л и п о в а

Подписано в печать 8.02.85 г. Формат 60x84 I/I6.
Бумага оберточная белая. Оперативная печать. Усл.п.л. I,4.
Уч.-изд.л. I,3. Т. 300 экз. Заказ 772² Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный
институт имени академика С.П.Королева, г.Куйбышев,
ул. Молодогвардейская, 151.

Областная типография им. В.П.Мяги, г.Куйбышев, ул.Венцека, 60.