

$$\lambda = \frac{1/\eta}{\beta_y} = \frac{1,25}{1,05} = 1,19;$$

$$L_2 = L_1 \cdot \lambda = 492 \cdot 1,19 = 585 \text{ мм.}$$

Число ударів по довжині заготовки

$$n = L_2/a = 585/100 = 5,85 \approx 6.$$

Таким чином, після другого обтиснення (першого переходу) отримали заготовку, розміри поперечного перерізу якої $b=163$ мм і $h=168$ мм. Аналогічним чином роблять подальше витягання з метою отримання заданих розмірів поковки.

Визначимо силу осадки для першого обтиснення, коли ширина заготовки максимальна, температура деформації $t = 1150^\circ\text{C}$, а швидкість осадки $v = 6$ м/с. Для цих умов опір металу деформації $\sigma_T = 92,5$ МПа. Середнє нормальне напруження при $a < b$, $m = a = 100$ мм і $n = b = 204$ мм дорівнює:

$$p_{cp} = \sigma_\Phi \cdot \left(1 + \frac{1 - \frac{m}{3 \cdot n} \cdot \frac{m}{h_1}}{4} \right) = 92,5 \cdot \left(1 + \frac{1 - \frac{100}{3 \cdot 204} \cdot \frac{100}{160}}{4} \right) = 104,6 \text{ МПа.}$$

Сила осадки дорівнює:

$$P = p_{cp} \cdot a \cdot \frac{b_1 + B_1}{2} \cdot 10^{-6} = 2,11 \text{ МН.}$$

4.5 Визначення сили кривошипного пресу (Завдання № 7)

Визначити силу кривошипного пресу для штампування круглої деталі із сталі марки Ст.40Х в штампі відкритого типу. Форма деталі відповідає рис. 4.3, причому діаметр заготовки $D = 48$ мм, $h_0 = 40$ мм, $h_3 = 2,5$ мм, діаметр поковки по фланцях – $d = 80$ мм, $S = 10$ мм, швидкість осадки $v=0,8$ м/с, середній діаметр поковки в штампі - $d_1=60$ мм (облой відсутній). Температура деформації $t = 1050^\circ\text{C}$.

Для розрахунку напруження течії металу і середнього нормального контактного напруження (СНКН) необхідно визначити об'єм V_d і середню товщину h_{cp} деталі за формулами:

$$V_d = \frac{\pi}{4} \cdot [(d^2 - d_1^2) \cdot h_3 + d_1^2 \cdot h_0];$$

$$h_{cp} = 4 \cdot \frac{V_d}{\pi} \cdot d^2.$$

З урахуванням розмірів поковки маємо:

$$V_d = \frac{\pi}{4} \cdot [(80^2 - 60^2) \cdot 2,5 + 60^2 \cdot 40] = 118595 \text{ мм}^3;$$

$$h_{cp} = 4 \cdot \frac{118595}{\pi} \cdot 80^2 = 23,6 \text{ мм.}$$

Визначимо висоту заготовки при її діаметрі $D = 48$ мм з формули

$$H = \frac{4 \cdot V_D}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 118595}{\pi \cdot 48^2} = 65,6 \text{ мм.}$$

Відносне обтиснення і швидкість деформації дорівнюють:

$$\varepsilon = (H - h_{cp})/H = (65,6 - 23,6)/65,6 = 0,64,$$

$$u = \vartheta \cdot 1000/h_{cp} = 0,8 \cdot 1000/23,6 = 33,91 \text{ с}^{-1}.$$

При $\varepsilon = 0,64$ і $u = 33,91 \text{ с}^{-1}$ напруження течії з [2] дорівнює $\sigma_T = 122,8$ МПа. Площі поковки F_{Π} і задирки F_3 дорівнюють:

$$F_{\Pi} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 = \frac{\pi}{4} \cdot 60^2 = 2827 \text{ мм}^2;$$

$$F_3 = \frac{\pi}{4} \cdot [(d_1 + 2S)^2 - d_1^2] = \frac{\pi}{4} \cdot [(60 + 2 \cdot 10)^2 - 60^2] = 2200 \text{ мм}^2.$$

Загальна площа контакту поковки з штампом дорівнює

$$F = F_{\Pi} + F_3 = 2827 + 2200 = 5027 \text{ мм}^2.$$

Середнє нормальне контактне напруження (СНКН) при штампуванні деталі визначимо по формулі ($f_2=0,4$ и $n=1,0$):

$$n_{\sigma} = \left(n + \frac{f_2 \cdot S}{h_3} \right) \cdot \frac{F_3}{F} + \left[\frac{2f_2 \cdot S}{h_3} + \ln \left(1,25 \cdot \frac{d_1}{h_0} \right) - 0,375 \right] \cdot \frac{F_{\Pi}}{F};$$

$$n_{\sigma} = \left(1 + \frac{0,4 \cdot 1}{2,5} \right) \cdot \frac{2200}{5027} + \left[\frac{2 \cdot 0,4 \cdot 1}{2,5} + \ln \left(1,25 \cdot \frac{60}{40} \right) - 0,375 \right] \cdot \frac{2827}{5027} = 3,08;$$

$$p_{cp} = n_{\sigma} \cdot \sigma_T = 3,08 \cdot 122,8 = 378,2 \text{ МПа.}$$

Сила штамповки дорівнює:

$$P = p_{cp} \cdot F = 378,2 \cdot 5027 \cdot 10^{-6} = 1,9 \text{ МН.}$$

Визначимо СНКН і силу деформації з використанням наступної формули:

$$p_{cp} = \sigma_T \cdot \left\{ \left[(1 + 0,9n_1) + (f_{\Pi} \cdot n_{\Phi} \cdot d_1/h_0) + 2f_{\Pi} \cdot \frac{S}{h_3} \right] \cdot \frac{F_{\Pi}}{F} + f_{\Pi} \cdot \frac{S}{h_3} \cdot \frac{F_3}{F} \right\}$$

$$n_1 = 0,5; F_{\Pi\Phi} = 1,57 \cdot d_1 \cdot h_0 + F_{\Pi} + F_3; n_{\Phi} = F_{\Pi\Phi}/F,$$

$F_{\Pi\Phi}$ - повна площа поверхні поковки.

Заздалегідь встановлюємо ($n_1 = 0,5$, $f_{\Pi} = 0,4$):

$$F_{\Pi\Phi} = 1,57 \cdot 60 \cdot 40 + 2827 + 2200 = 8795 \text{ мм}^2;$$

$$n_{\Phi} = F_{\Pi\Phi}/F = 8795/5027 = 1,75;$$

$$p_{cp} = 122,8 \cdot \left\{ \left[(1 + 0,9 \cdot 0,5) + (0,4 \cdot 1,75 \cdot 60/40) + 2 \cdot 0,4 \cdot \frac{1}{2,5} \right] \cdot \frac{2827}{5027} + 0,4 \cdot \frac{1}{2,5} \cdot \frac{2200}{5027} \right\} = 479,7 \text{ МПа.}$$

Значення коефіцієнта напруженого стану n_σ , отримані по вищенаведеній формулі p_{cp} помітно ближче до дослідних даних, чим по формулі:

$$n_\sigma = \left(n + \frac{f_2 \cdot S}{h_3} \right) \cdot \frac{F_2}{F} + \left(\frac{2f_2 \cdot S}{h_3} + \ln \left(1,25 \cdot \frac{d}{h} \right) - 0,375 \right) \cdot \frac{F_1}{F},$$

де f_2 (f_{II}) - показник тертя (з умови Е. Зібеля) на поверхнях мостика і металу; F_2 і F_1 - відповідно горизонтальна проекція площі контакту задирки з мостиком і площа проекції тіла поковки; F - повна горизонтальна проекція поковки з урахуванням задирки; n - коефіцієнт, що відбиває граничні умови на задирці.

4.6 Визначення максимальної сили витягання гільзи (Завдання № 8)

Визначити максимальну силу витягання гільзи при радіусі заготовки $R_H=67$ мм і її товщині $S=1$ мм із сталі 08кп. Радіус пуансона $R_U \approx 30,7$ мм, радіус закруглення матриці $r_M=8$ мм. Сила притиску $Q=18,5$ кН. Коефіцієнт тертя при використанні в якості мастила мінерального масла з наповнювачами $f = 0,113$. Середнє напруження течії після деформації при $\varepsilon=46\%$ і $\sigma_{T0} = 230$ МПа дорівнює [2]:

$$\sigma_{T1} = \sigma_{T0} + 34,6 \cdot \varepsilon^{0,6};$$

$$\sigma_T = \sigma_{T0} + 0,67 (\sigma_{T1} - \sigma_{T0});$$

$$\sigma_{T1} = 230 + 34,6 \cdot 46^{0,6} = 574 \text{ МПа};$$

$$\sigma_T = 230 + 0,67 \cdot (574 - 230) = 460,6 \text{ МПа.}$$

Максимальне напруження витягання дорівнює:

$$\sigma_p = 1,1 \cdot \sigma_T \cdot \left[\ln \left(\frac{R_H}{R_U} \right) + \frac{f \cdot Q \cdot 1000}{\pi \cdot R_H \cdot \sigma_T \cdot S} + \frac{S}{2 \cdot r_M} \right] \cdot e^{\frac{f \cdot \pi}{2}},$$

$$\sigma_p = 1,1 \cdot 460,6 \cdot \left[\ln \left(\frac{67}{30,7} \right) + \frac{0,113 \cdot 18,5 \cdot 1000}{\pi \cdot 67 \cdot 460,6 \cdot 1} + \frac{1}{2 \cdot 8} \right] \cdot e^{\frac{0,113 \cdot \pi}{2}} = 523 \text{ МПа}$$

Сила витягання визначається по формулі:

$$P_M = 2 \cdot \sigma_p \cdot \pi \cdot R_U \cdot S \cdot 10^{-3},$$

$$P_M = 2 \cdot 523 \cdot \pi \cdot 30,7 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 110 \text{ кН.}$$

Таблиця 4.4 – Варіанти виконання індивідуальних завдань визначення сили кривошипного пресу (Завдання № 7)

Варіанти	Марка сталі	h_0 , мм	h_3 , мм	d , мм	S , мм	D , мм	v , м/с	d_1 , мм	t , °C	σ_t , МПа ($\beta=1$)
1	У12	58	3.625	116	14.5	137.75	0.81	87	1000	80.1
2	1Х13	76	4.750	152	19.0	180.50	0.82	114	1010	82.3
3	4Х13	94	5.875	188	23.5	223.25	0.83	141	1020	72.7
4	9Х18	112	7.000	224	28.0	266.00	0.84	168	1030	73.4
5	Х28	130	8.125	260	32.5	308.75	0.85	195	1100	74.9
6	Р18	148	9.250	296	37.0	351.50	0.86	222	1110	75.5
7	СХ8	166	10.375	332	41.5	394.25	0.87	249	1120	91.8
8	1Х17Н2	184	11.500	368	46.0	437.00	0.88	276	1130	92.2
9	1Х18Н9Т	202	12.625	404	50.5	479.75	0.89	303	1060	93.6
10	ЭИ736	220	13.750	440	55.0	522.50	0.90	330	1070	94.8
11	ЭИ481	238	14.875	476	59.5	565.25	0.70	357	1080	70.5
12	ЭИ435	256	16.000	512	64.0	608.00	0.71	384	1090	71.1
13	ЭИ437Б	274	17.125	548	68.5	650.75	0.72	411	1030	87.3
14	ЭИ992	292	18.250	584	73.0	693.50	0.73	438	1100	88.2
15	ЭИ602	310	19.375	620	77.5	736.25	0.74	465	1110	85.7
16	ЭИ736Ш	328	20.500	656	82.0	779.00	0.75	492	1060	86.8
17	ОХ23Ю5	346	21.625	692	86.5	821.75	0.76	519	1070	83.4
18	ОХ19Н9Ф2С	364	22.750	728	91.0	864.50	0.77	546	1080	84.3
19	ЭИ736	382	23.875	764	95.5	907.25	0.78	573	1000	89.6
20	ЭИ481	400	25.000	800	100.0	950.00	0.79	600	1010	90.1
21	ЭИ435	202	12.625	836	104.5	650.75	0.89	627	1030	76.9
22	ЭИ437Б	220	13.750	872	109.0	693.5	0.90	654	1100	77.5
23	ЭИ992	238	14.875	908	113.5	736.25	0.70	681	1090	78.4
24	ЭИ602	310	17.125	944	118.0	180.5	0.85	708	1030	79.2
25	ЭИ736Ш	328	18.25	980	122.5	223.25	0.86	735	1100	95.1

Примітка: інші значення, не наведені у таблиці, беруться такі ж самі, як у прикладі.