

4.3 Розрахунок маси частин молота, що падають (Завдання № 5)

Визначити масу частин молота, що падають, при осаджуванні заготовки з діаметром $D = 100$ мм і заввишки $H = 100$ мм до висоти $h = 85$ мм, $v = 6$ м/с. Матеріал заготовки - маловуглецева сталь, температура деформації $t = 1150^\circ\text{C}$.

Кінцевий діаметр поковки дорівнює:

$$d = D \cdot \sqrt{\frac{H}{h}} = 100 \cdot \sqrt{\frac{100}{85}} \approx 108 \text{ мм.}$$

Швидкість деформації при русі частин, що падають зі швидкістю 6 м/с дорівнює

$$u = \frac{v}{h} = \frac{6000}{85} \approx 71 \text{ с}^{-1}.$$

Ступінь деформації за удар $\varepsilon = (H - h)/H = (100 - 85)/100 = 0,15$. Напруження течії металу сталі марки 4X13 у кінці осадки дорівнює $\sigma_T = 90,5$ МПа. Показник тертя при $d/h = 1,28$:

$$f = 0,43 - 0,058 \cdot \left(4,50 - \frac{d}{h}\right) = 0,43 - 0,058 \cdot (4,50 - 1,26) = 0,24;$$

$$f_{\Pi} = 1,13 \cdot f \cdot \frac{d}{h} = 1,13 \cdot 0,24 \cdot 1,26 = 0,35.$$

Середнє нормальне напруження дорівнює:

$$P_{cp} = \sigma_T \cdot \left(1 + 0,33 \cdot f_{\Pi} \cdot \frac{d}{h}\right) = 90,5 \cdot (1 + 0,33 \cdot 0,35 \cdot 1,28) = 103,9 \text{ МПа.}$$

Сила осадки дорівнює:

$$P = p_{cp} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = 103,9 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 108^2 \cdot 10^{-6} = 0,96 \text{ МН.}$$

Маса частин молота, що падають, при $P = 0,96$ МН, ККД молота $\eta_{\Pi} = 0,8$, і $\Delta h = H - h = 100 - 85 = 15$ мм, дорівнює:

$$G = \frac{P \cdot 10^2 \cdot \frac{\Delta h}{1000} \cdot 2q}{\eta_{\Pi} \cdot v^2} = \frac{0,96 \cdot 10^2 \cdot 0,015 \cdot 2 \cdot 9,8}{0,8 \cdot 6^2} = 0,98 \text{ т} = 980 \text{ кг.}$$

Таким чином, для зменшення заготовки до $h = 85$ мм потрібний молот з мінімальною масою частин, що падають $G = 980$ кг. При меншій потужності молота задану величину обтиснення $\Delta h = 15$ мм здійснити не вдасться.

4.4 Розрахунок параметрів при ковальському витяганні (Завдання № 6)

Зробити витягання заготовки із сталі 45 з розмірами $H = 200$ мм, $B = 200$ мм, $L = 400$ мм на квадратний переріз 140×140 мм. Приймаємо довжину бойка $a = 100$ мм, а відносне обтиснення $\varepsilon = 0,2$.

Перше обтиснення. Товщина заготовки після удару:

$h = H \cdot (1 - \varepsilon) = 200 \cdot (1 - 0,2) = 160$ мм; коефіцієнт зменшення висоти $1/\eta = H/h = 200/160 = 1,25$.

Тоді при $tg\theta = 1$ і заздалегідь прийнятій ширині після витягання $b_{1обтисн} \approx 204$ мм отримаємо

$$\beta_y = \frac{1/\eta}{\sqrt{1 + b_{1обтисн} \cdot \frac{[(1/\eta) - 1]}{a}}} = \frac{1,25}{\sqrt{1 + 204 \cdot \frac{(1,25 - 1)}{100}}} = 1,02.$$

Ширина заготовки після деформації:

$$b_{1обтисн} = \beta_y \cdot B = 1,02 \cdot 200 = 204 \text{ мм.}$$

Оскільки відмінність між прийнятою для розрахунку b і отриманої в результаті розрахунку ширини відсутня, то вважаємо розрахунок закінченим. При істотній відмінності прийнятого і розрахункового значень b потрібний ітераційний процес.

Довжина заготовки після необхідного обтиснення з урахуванням розширення:

$$\lambda = \frac{1/\eta}{\beta_y} = \frac{1,25}{1,02} = 1,23;$$

$$L_1 = L \cdot \lambda = 400 \cdot 1,23 = 492 \text{ мм.}$$

Число ударів по довжині заготовки

$$n = L/a = 400/100 = 4.$$

Друге обтиснення: після першого обтиснення і кантовки маємо:

$$H = b = 204 \text{ мм,} \quad B = h = 160 \text{ мм.}$$

За умовами завдання відносно обтиснення $\varepsilon = 0,2$, тоді

$$h = H \cdot (1 - \varepsilon) = 200 \cdot 0,8 = 163 \text{ мм,}$$

$$\frac{1}{\eta} = \frac{H}{h} = \frac{200}{163} = 1,25.$$

Коефіцієнт розширення при $tg\theta = 1$ і $b_{2обтисн} \approx 167$ мм дорівнює:

$$\beta_y = \frac{1/\eta}{\sqrt{1 + b_{2обтисн} \cdot \frac{[(1/\eta) - 1]}{a}}} = \frac{1,25}{\sqrt{1 + 167 \cdot \frac{(1,25 - 1)}{100}}} = 1,05.$$

Ширина заготовки після осадки

$$b_{2обтисн} = \beta_y \cdot B = 1,05 \cdot 160 = 168 \text{ мм,}$$

що мало відрізняється від прийнятої заздалегідь.

Довжина заготовки після обтиснення:

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

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

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:

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

Таблиця 4.3 – Варіанти виконання індивідуальних завдань розрахунку ковальського витягання (Завдання № 6)

| Варіанти | Марка сталі | H, мм | B, мм | L, мм | h _k , мм | b _k , мм | a, мм | ε | σ _T , МПа (β=1) | b _{1обтисн} , мм | b _{2обтисн} , мм |
|----------|-------------|-------|-------|-------|---------------------|---------------------|-------|------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1 | У12 | 205 | 205 | 420 | 143 | 143 | 105 | 0.41 | 80.1 | 221 | 146 |
| 2 | 1Х13 | 210 | 210 | 440 | 145 | 145 | 110 | 0.41 | 82.3 | 228 | 150 |
| 3 | 4Х13 | 215 | 215 | 460 | 147 | 147 | 115 | 0.43 | 72.7 | 236 | 152 |
| 4 | 9Х18 | 220 | 220 | 480 | 150 | 150 | 120 | 0.40 | 73.4 | 240 | 160 |
| 5 | Х28 | 225 | 225 | 500 | 155 | 155 | 125 | 0.38 | 74.9 | 245 | 167 |
| 6 | Р18 | 230 | 230 | 520 | 160 | 160 | 130 | 0.37 | 75.5 | 250 | 172 |
| 7 | СХ8 | 235 | 235 | 540 | 165 | 165 | 135 | 0.38 | 91.8 | 257 | 175 |
| 8 | 1Х17Н2 | 240 | 240 | 560 | 170 | 170 | 140 | 0.37 | 92.2 | 263 | 181 |
| 9 | 1Х18Н9Т | 245 | 245 | 580 | 175 | 175 | 145 | 0.38 | 93.6 | 270 | 184 |
| 10 | ЭИ736 | 250 | 250 | 600 | 180 | 180 | 150 | 0.36 | 94.8 | 274 | 191 |
| 11 | ЭИ481 | 255 | 255 | 620 | 185 | 185 | 155 | 0.4 | 70.5 | 285 | 190 |
| 12 | ЭИ435 | 260 | 260 | 640 | 190 | 190 | 160 | 0.36 | 71.1 | 287 | 199 |
| 13 | ЭИ437Б | 265 | 265 | 660 | 190 | 190 | 165 | 0.38 | 87.3 | 295 | 200 |
| 14 | ЭИ992 | 270 | 270 | 680 | 190 | 190 | 170 | 0.41 | 88.2 | 305 | 200 |
| 15 | ЭИ602 | 275 | 275 | 700 | 195 | 195 | 175 | 0.4 | 85.7 | 310 | 206 |
| 16 | ЭИ736Ш | 280 | 280 | 720 | 200 | 200 | 180 | 0.37 | 86.8 | 313 | 214 |
| 17 | ОХ23Ю5 | 285 | 285 | 740 | 210 | 210 | 185 | 0.37 | 83.4 | 319 | 219 |
| 18 | ОХ19Н9Ф2С | 290 | 290 | 760 | 215 | 215 | 190 | 0.36 | 84.3 | 324 | 225 |
| 19 | ЭИ736 | 295 | 295 | 780 | 220 | 220 | 195 | 0.35 | 89.6 | 329 | 230 |
| 20 | ЭИ481 | 300 | 300 | 800 | 215 | 215 | 200 | 0.43 | 90.1 | 347 | 221 |
| 21 | ЭИ435 | 305 | 305 | 820 | 215 | 215 | 205 | 0.44 | 76.9 | 355 | 224 |
| 22 | ЭИ437Б | 310 | 310 | 840 | 210 | 210 | 210 | 0.45 | 77.5 | 363 | 226 |
| 23 | ЭИ992 | 315 | 315 | 860 | 220 | 220 | 215 | 0.43 | 78.4 | 366 | 233 |
| 24 | ЭИ602 | 320 | 320 | 880 | 240 | 240 | 220 | 0.35 | 79.2 | 359 | 252 |
| 25 | ЭИ736Ш | 325 | 325 | 900 | 225 | 225 | 225 | 0.44 | 95.1 | 380 | 240 |

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