

6. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ РЕДУЦІРУВАННЯ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ЗАГОТОВКИ

(Завдання № 10)

6.1 Теоретичний вступ і умови задачі

Редуцирування в технології кування, штампування – процес витягання круглої заготовки в гарячому або холодному стані який полягає в зменшенні її поперечного перетину всебічним боковим обтисненням, наприклад, на ротаційно-кувальній машині, або шляхом видавлювання заготовки через матрицю, яка має профіль виробу [9].

Сила редуцирування циліндричної заготовки в жорсткій конічній матриці (рис. 6.1) визначається за формулою:

$$P = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} \cdot \frac{a \cdot \sigma_s}{a-1} \cdot \left[\left(\frac{d_0}{d_d} \right)^{2 \cdot (a-1)} - 1 \right], \quad (6.1)$$

$$a = \frac{1 + \mu \cdot \cot \alpha}{1 - \mu \cdot \tan \alpha}, \quad (6.2)$$

де σ_s – межа текучості матеріалу заготовки, МПа; α – кут матриці, рад.; μ – коефіцієнт тертя; d_0 , d_d – відповідно діаметр заготовки до і після редуцирування.

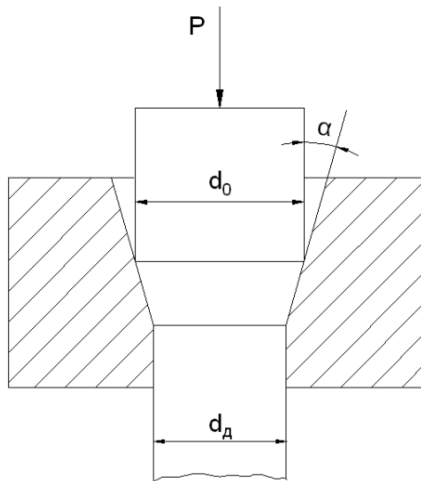


Рисунок 6.1 – Схема редуцирування циліндричної заготовки в жорсткій конічній матриці

Необхідно встановити найбільше значення

$$x = d_0/d_d, \quad (6.3)$$

при якому процес редуцирування може протікати стабільно. Розглянути деформацію при коефіцієнтах тертя $\mu_1 = 0,05$, $\mu_2 = 0,25$ и $\mu_3 = 0,5$. Побудувати графіки залежності x від кута $\alpha_{\text{град}}$. Зробити висновки.

Найбільше значення $x = d_0/d_d$, при якому процес редуцирування може протікати стабільно, визначається умовою $P = P_{oc}$, де P_{oc} – сила осадки заготовки. При редуцируванні недеформуєма частина заготовки через яку передається зусилля P , знаходиться в одноосному напруженому стані. Тому силу осадки можна визначити за формулою:

$$P_{oc} = \frac{\pi}{4} \cdot d_0^2 \cdot \sigma_s. \quad (6.4)$$

З умови

$$\frac{\pi d_0^2}{4} \cdot \frac{a \sigma_s}{a-1} \cdot [x^{2(a-1)} - 1] = \frac{\pi}{4} \cdot d_0^2 \cdot \sigma_s. \quad (6.5)$$

отримаємо

$$\frac{a}{a-1} \cdot [x^{2(a-1)} - 1] = 1. \quad (6.6)$$

Звідки

$$x = \exp \frac{\ln(2 - \frac{1}{a})}{2(a-1)}. \quad (6.7)$$

Для кута α область визначення лежить у межах $0 < \alpha < 90^\circ$ і визначається відповідно до варіантом завдання (табл. 6.5).

Застосовується наступний порядок виконання розрахунків:

1. Градуси переводять в радіани за формулою

$$\alpha_{рад} = \pi \cdot \alpha_{град} / 180,$$

і заповнюють табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Перерахунок градусів в радіани кута матриці

$\alpha_{град}$								
$\alpha_{рад}$								

2. Розраховують значення a і x відповідно по формулам (6.2) і (6.3) для трьох значень коефіцієнта тертя $\mu_1 = 0,05$, $\mu_2 = 0,25$ и $\mu_3 = 0,5$ і заповнюють табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Значення a і x при різних значеннях кута матриці і коефіцієнта тертя

μ	$\alpha_{\text{рад}} =$		$\alpha_{\text{рад}} =$		$\alpha_{\text{рад}} =$		$\alpha_{\text{рад}} =$		$\alpha_{\text{рад}} =$		$\alpha_{\text{рад}} =$		$\alpha_{\text{рад}} =$		$\alpha_{\text{рад}} =$	
	a	x	a	x	a	x	a	x	a	x	a	x	a	x	a	x
0,05																
0,25																
0,5																

3. Будують графік залежності $x = f(\alpha_{\text{град}})$ при різних значеннях μ (три графіка).

6.2 Приклад вирішення задачі

Таблиця 6.3 – Вихідні дані ($\alpha_{\text{град}}$) і перерахунок кута матриці в радіани

$\alpha_{\text{град}}$	11,5	21,5	31,5	41,5	51,5	61,5	71,5	81,5
$\alpha_{\text{рад}}$	0,2007	0,3752	0,5498	0,7243	0,8988	1,0734	1,2479	1,4224

Результати розрахунків наведено у табл. 6.4 і на графіках рис. 6.2.

Висновки:

1. Параметр $x = d_0/d_D$ пов'язаний з коефіцієнтом витягання $\lambda = (d_0/d_D)^2$.

2. При коефіцієнті тертя $\mu = 0,05$ максимальне значення $x_{\text{max}} = 1,541$ при $\alpha = 43,569^\circ$. Тобто при цьому куті матриці можливо досягнути максимального витягання $\lambda = 1,541^2 = 2,373$, або відносне обтиснення $\varepsilon = (1 - 1/\lambda) \cdot 100 = 57,9 \%$.

3. При $\mu = 0,25$ $x_{\text{max}} = 1,293$ при $\alpha = 37,582^\circ$. Тобто при цьому куті матриці можливо досягнути максимального витягання $\lambda = 1,293^2 = 1,672$, або відносне обтиснення $\varepsilon = (1 - 1/\lambda) \cdot 100 = 40,2 \%$.

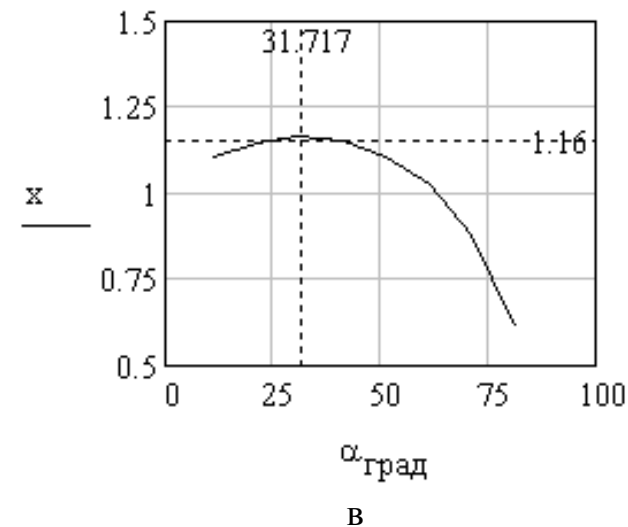
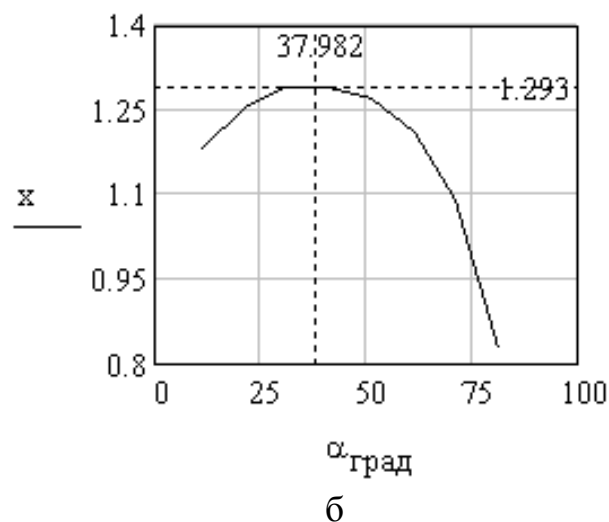
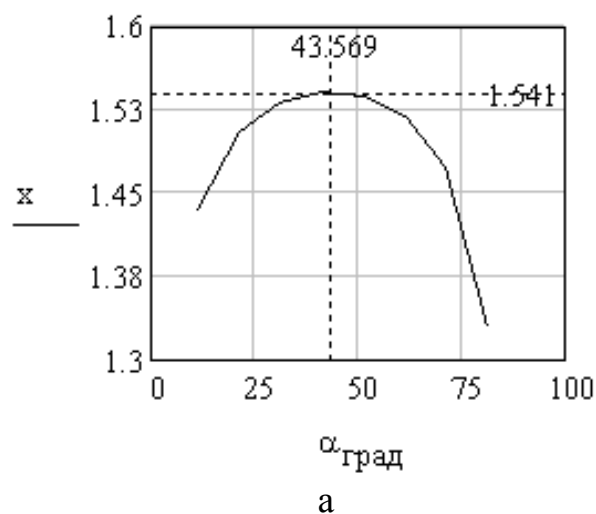
4. При $\mu = 0,5$ $x_{\text{max}} = 1,16$ при $\alpha = 31,717^\circ$. Тобто при цьому куті матриці можливо досягнути максимального витягання $\lambda = 1,16^2 = 1,346$, або відносне обтиснення $\varepsilon = (1 - 1/\lambda) \cdot 100 = 25,7 \%$.

5. Таким чином, при збільшенні коефіцієнта тертя μ максимальний коефіцієнт витягання знижується і зменшується необхідний кут матриці α .

Варіанти індивідуальних завдань наведено у табл. 6.5

Таблиця 6.4 – Результати розрахунку за формулами (6.2 і 6.3)

μ	$\alpha_{\text{рад}} = 0,2007$		$\alpha_{\text{рад}} = 0,3752$		$\alpha_{\text{рад}} = 0,5498$		$\alpha_{\text{рад}} = 0,7243$		$\alpha_{\text{рад}} = 0,8988$		$\alpha_{\text{рад}} = 1,0734$		$\alpha_{\text{рад}} = 1,2479$		$\alpha_{\text{рад}} = 1,4224$	
	a	x	a	x	a	x	a	x	a	x	a	x	a	x	a	x
0,05	1,259	1,435	1,150	1,505	1,116	1,532	1,105	1,540	1,110	1,537	1,131	1,519	1,195	1,473	1,514	1,329
0,25	2,348	1,183	1,813	1,256	1,663	1,288	1,647	1,292	1,748	1,269	2,105	1,210	4,286	1,090	1,542	0,826
0,5	3,849	1,102	2,826	1,146	2,618	1,160	2,807	1,147	3,763	1,105	16,071	1,022	2,361	0,877	0,458	0,612



а – $\mu = 0,05$; б – $\mu = 0,25$; в – $\mu = 0,5$

Рисунок 6.2 - Графіки визначення найбільшого значення $x = d_0/d_d$ при якому процес редуцирування може протікати стабільно

6.3 Варіанти індивідуальних завдань

Таблиця 6.5 - Варіанти індивідуальних завдань для розрахунку параметрів редуцирування циліндричної заготовки

№ варіанта	Кут α , градуси							
Приклад	11,5	21,5	31,5	41,5	51,5	61,5	71,5	81,5
1	6,0	16,0	26,0	36,0	46,0	56,0	66,0	76,0
2	6,5	16,5	26,5	36,5	46,5	56,5	66,5	76,5
3	7,0	17,0	27,0	37,0	47,0	57,0	67,0	77,0
4	7,5	17,5	27,5	37,5	47,5	57,5	67,5	77,5
5	8,0	18,0	28,0	38,0	48,0	58,0	68,0	78,0
6	8,5	18,5	28,5	38,5	48,5	58,5	68,5	78,5
7	9,0	19,0	29,0	39,0	49,0	59,0	69,0	79,0
8	9,5	19,5	29,5	39,5	49,5	59,5	69,5	79,5
9	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0
10	10,5	20,5	30,5	40,5	50,5	60,5	70,5	80,5
11	11,0	21,0	31,0	41,0	51,0	61,0	71,0	81,0
12	12,0	22,0	32,0	42,0	52,0	62,0	72,0	82,0
13	12,5	22,5	32,5	42,5	52,5	62,5	72,5	82,5
14	13,0	23,0	33,0	43,0	53,0	63,0	73,0	83,0
15	13,5	23,5	33,5	43,5	53,5	63,5	73,5	83,5
16	14,0	24,0	34,0	44,0	54,0	64,0	74,0	84,0
17	14,5	24,5	34,5	44,5	54,5	64,5	74,5	84,5
18	15,0	25,0	35,0	45,0	55,0	65,0	75,0	85,0
19	15,5	25,5	35,5	45,5	55,5	65,5	75,5	85,5
20	16	26	36,0	46,0	56,0	66,0	76,0	86,0