

## Зміст

Зміст	3
1 Практична робота № 1. Визначення контактних тисків при видавлюванні в горизонтально - роз'ємній матриці	4
2 Практична робота № 2. Визначення верхньої оцінки тиску видавлювання	7
3 Практична робота № 3. Аналіз формозміни при видавлюванні	10
4 Практична робота № 4. Аналіз процесу комбінованого видавлювання	11
5 Практична робота № 5. Вибір <b>кінематично</b> -можливих полів швидкостей	13
6 Практична робота № 6. Визначення тиску деформування при плоскому осадженні	18
Перелік рекомендованої літератури	20
ДОДАТКИ	
Додаток А. Контрольні питання до вхідного контролю	21
Додаток Б. Контрольні питання з дисципліни «Теорія процесів кування і штампування»	22

## Практична робота 1

### Визначення контактних тисків при видавлюванні у горизонтально - роз'ємній матриці

Дано: розрахункова схема процесу поперечного видавлювання (рис. 1).

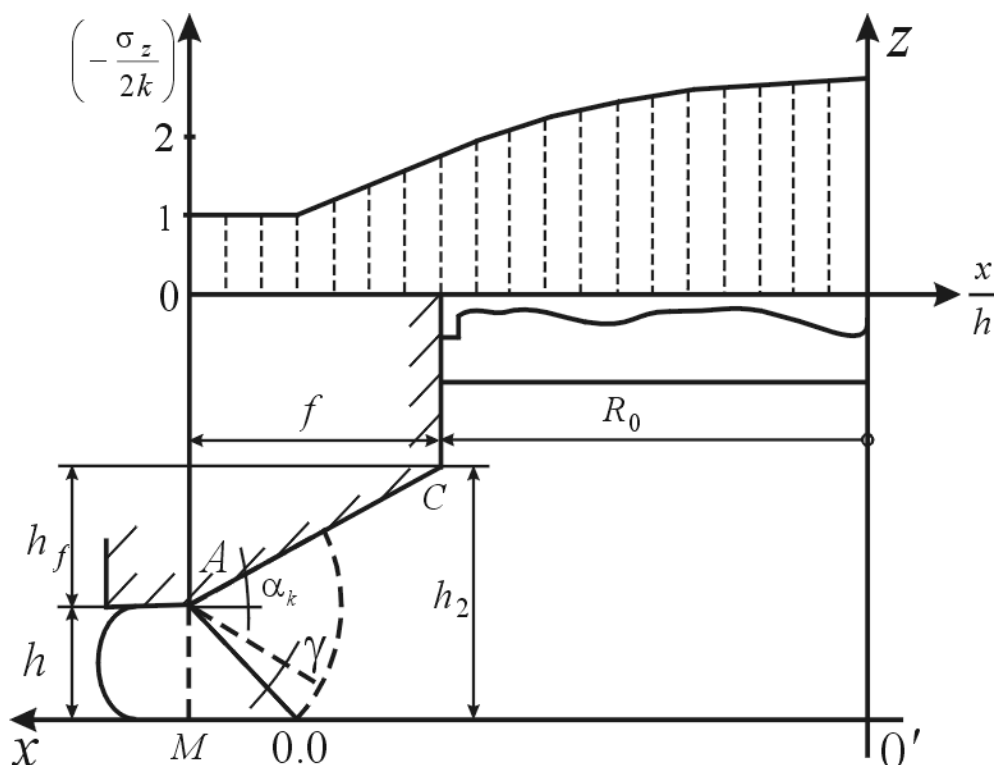


Рисунок 1 - Розрахункова схема процесу поперечного видавлювання

Значення геометричних параметрів видавлювання деталі  $f/h$ ,  $\alpha_k$  і коефіцієнта тертя  $\mu$  наведені в табл. 1. Відносна товщина фланця  $h/R_0$  береться з побудови. Кут початкового віяла  $\gamma$  і граничні умови в напруженнях на лінії АМ беруться за узгодженням з викладачем.

### Порядок виконання роботи

- 1 Вибрати значення параметрів за заданим варіантом і викреслити на міліметровій схемі процесу (взявши  $h=30$  мм).
- 2 Провести під кутом  $45^\circ$  лінію А-0.0 і цим радіусом (А-0.0) викреслити дугу початкового віяла сітки ліній ковзання.
- 3 Розбити дугу на рівні відрізки за заданим або необхідним значенням  $\gamma=8\dots15^\circ$ , корегуючи при необхідності значення кута  $\alpha_k (\pm 5^\circ)$ .
- 4 Визначити кут нахилу ліній ковзання до контактної поверхні  $\varphi_K = \frac{1}{2} \arccos 2\mu_s$  і викреслити приконтактні лінії ковзання.

- 5 Використовуючи графічний метод, побудувати лінії ковзання, корегуючи при необхідності положення точок С і О'.
- 6 Визначити середнє напруження  $\sigma_c$  і компоненти напруження  $\sigma_x$ ,  $\sigma_z$ ,  $\tau_{xz}$  у вузлових точках на контакті, на граничній лінії ковзання, і на осі симетрії (гранична умова: на **АМ**  $\sigma_x=0$ ).
- 7 Побудувати епюри напружень  $\left(\sigma_z/2k\right)$  вздовж осі симетрії й вздовж контактної поверхні. Визначити середні значення  $\left(\sigma_z/2k\right)$  в межах фаски  $f$  й у межах пуансона **Ro**.
- 8 Як самостійну роботу рекомендується виконати аналіз контактних напружень для суміжних значень коефіцієнта тертя  $\mu_s$ .

Таблиця 1 - База даних

Номер варіанта	$\alpha_K, \dots^\circ$	$f/h$	$\gamma,^\circ$		$\mu_s$			Прим.																					
			Варіанти																										
			1	2	1	2	3																						
1	2	3	4	5	6	7	8	9																					
1 2 3 4 5 6 7	15	1,5 2 2,5 3 4 5 6	15	10	0	0,25	0,5																						
8 9 10 11 12 13		30							1 2 2,5 3 4 5	15	10	0	0,25	0,5															
14 15 16 17 18									45							2 3 4 5 6	15	10	0	0,25	0,5								
19 20 21 22																60							1 1,5 2 2,5	15	10	0	0,25	0,5	

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
23	30	4,5	15	10	0	0,25	0,5	
24		5,5						
25		6,5						

26		1						
27		2,5						
28	45	9	15	10	0	0,25	0,5	
29		10						

**Розрахункові формули [1,4]**

$$\omega_{m,n} = \omega_{m,n} + (n - m)\gamma,$$

$$\sigma_{c\ m,n} = \sigma_{c\ 0.0} - 2k(n + m)\gamma,$$

$$\left. \begin{matrix} \sigma_x \\ \sigma_z \end{matrix} \right\} = \sigma_{c\ m,n} \pm k \cos 2(n - m)\gamma,$$

$$\tau_{xz} = k \sin 2(n - m)\gamma,$$

$$\varphi_k = \frac{1}{2} \cdot \text{ArcCos}(2\mu_s) \ ,$$

$$\left. \begin{matrix} \sigma_x \\ \sigma_z \end{matrix} \right\} = \sigma_c \pm k \sin 2\omega,$$

$$\tau_{xz} = -k \cos 2\omega,$$

$$P_{\partial} = \iint_F \sigma_z dF \ ,$$

$$P = \textcolor{red}{P}_{\partial} / F.$$

## Практична робота 2

### Визначення верхньої оцінки тиску видавлювання

Дано: схема видавлювання (рис. 2):

- **а**- за способом прямого видавлювання;
- **б**- за способом поперечного видавлювання.

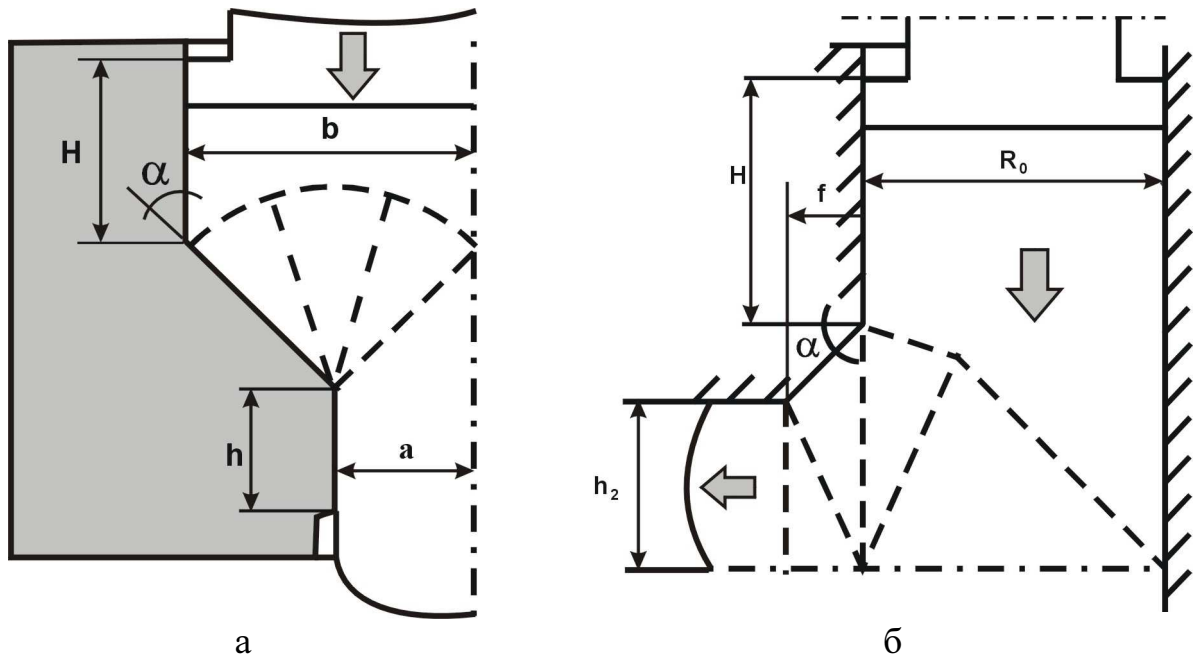


Рисунок 2 - Схема видавлювання

Значення геометричних параметрів дані в табл. 2:

- кут  $\alpha$ ;
- витяжка  $q = b/a$ ;
- коефіцієнт  $h/R_0$ ;
- фаска  $f/h$ ;
- коефіцієнт тертя  $\mu_s$ ;
- довжина контакту  $H/b = H/R_0 = h/a = 1$ .

### Порядок виконання роботи

- 1 Вибрати схему, значення вихідних геометричних параметрів з таблиці і виконати креслення в масштабі.
- 2 Побудувати розривне поле швидкостей серед твердих трикутних елементів, що підходять.
- 3 Побудувати за загальними правилами годограф швидкостей.

- 4 Визначити наведений тиск деформування  $\bar{p}$  при заданому значенні коефіцієнта тертя  $\mu_s$  **графічно-аналітичним** методом.
- 5 Розрахувати наведений тиск деформування при збільшеному на +0,15 коефіцієнті тертя.
- 6 Розрахувати наведений тиск (за необхідності)  $\bar{p}$  за заданими або обраними з літератури формулами і порівняти зі значеннями, отриманими методом верхньої оцінки (МВО) для своєї технологічної схеми.
- 7 Розрахувати для заданого матеріалу тиск видавлювання  $p$  і силу деформування  $P$ .
- 8 Побудувати графіки залежності  $\bar{p} = f(q)$  і  $\bar{p} = f\left(\frac{h}{R_0}\right)$  за розрахунковими даними усієї групи з залученням ЕОМ.
- 9 Як самостійну роботу побудувати за результатами аналізу МВО графіки залежностей  $\bar{p} = f(\alpha)$  і  $\bar{p} = f(\mu_s)$ .

Таблиця 2 - База даних

Схема а				Схема б				
Номер варіанта	$\mu_s$	Q	$\alpha, \dots^\circ$	$\mu_s$	$h/R_0$	$f/h$	$\alpha_k, \dots^\circ$	
1	2	3	4	5	6	7	8	
1	0,1	2	30	0,1	0,2	1,0	15	
2		2,5			0,25			
3		3			0,3			
4		3,5			0,35	0,5		
5		4			0,4			
6		4,5			0,45			
7	0,1	2	45	0,1	0,2	2,0	30	
8		3			0,3			
9		4			0,4			
10		5			0,45	0,5		
11		6			0,5			
12		7			0,55			
13		8			0,6			
14	0,1	2	60	0,1	0,1	2,0	45	
15		3			0,15			
16		4			0,2			
17		5			0,25	0,1		
18		6			0,30			
19		7			0,35			
20		8			0,4			

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7	8
21	0,1	1,5	75	0,1	0,1	2,0	60
22		2,0			0,15		
23		2,5			0,2		
24		3,0			0,25	1,0	
25		3,5			0,3		

### Розрахункові формули

Пряме видавлювання

$$\bar{p} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{7}{\frac{B}{a} - 1}},$$

$$\bar{p} = \sqrt{\frac{2(b-a)}{a}},$$

$$\bar{p} = \ln\left(\frac{F}{f}\right).$$

Зворотне видавлювання

$$\bar{p} = \frac{\bar{R}}{2} \sqrt{\frac{7}{\bar{R} - 1}}, \quad \bar{R} = \frac{R}{r},$$

$$\bar{p} = \sqrt{\frac{2\bar{R}^2}{\bar{R} - 1}},$$

$$\bar{p} = 2 + \frac{1}{6} \frac{d}{h} + \left(1 + \frac{F}{f}\right) \ln \frac{F}{f_k}.$$

Загальна формула для наведеного тиску:

$$\bar{p} = \frac{1}{2BV_0} \left[ \sum l_{ij} \cdot V_{ij} + 2\mu_s \sum l_{ik} \cdot V_{ik} \right]$$

$$P = \bar{p} \sigma_s ; [P] \leq 2200 \text{ МПа},$$

$$P = p F_n,$$

$$\bar{q} = \frac{\bar{p}_2 \cdot h_2}{h_f} - \frac{2\mu_s}{\sin(2\alpha_k)}.$$

## Практична робота 3

### Аналіз формозміни при видавлюванні

Дано: схема видавлювання і геометричних параметрів беруться такими ж, як і в роботах 1 або 2 (див. рис.1 і 2).

#### Порядок виконання роботи

- 1 Використовуючи годограф і поле швидкостей, для заданої в роботі 2 схемі видавлювання, необхідно встановити зони з різною величиною накопиченого ступеня деформації  $\sum \gamma^r_i$  («канали» течії А, В, С, Д і т.д.).
- 2 Побудувати годограф швидкостей і установити величини нормальних компонент швидкостей розриву  $v_{ij}^{II}$  для всіх меж між жорсткими елементами  $i$  та  $j$ .
- 3 Знайти величину ступеня деформації зсуву  $\gamma_{ij}$  на окремій межі між зонами  $i$  та  $j$ , пересічною часткою металу при переміщенні вздовж лінії течії. Розрахункові дані звести до таблиці.
- 4 Знайти накопичений ступінь деформації зсуву, складаючи величини  $\gamma_{ij}$  на всіх межах, які перетинаються часткою металу при видавлюванні в кожному окремому «каналі» (А-І).
- 5 Побудувати **гістограму** накопичених деформацій зсуву за шириною видавленої ділянки і визначити середні значення  $\gamma_c$  і  $e_c$ , і коефіцієнти нерівномірності Кн.
- 6 Порівняти отриману величину середньої інтенсивності деформацій  $e_c$  зі значенням наведеного тиску  $\bar{p}$  при  $\mu=0$  (з роботи 2):  $e_c / \bar{p}_{\mu=0} = \beta$ .
- 7 Як самостійну роботу рекомендується виконати аналіз формозміни для інших схем процесу видавлювання [1, 6, 11].

#### Розрахункові формули

$$\gamma_{ij} = \frac{v_{ij}^r}{v_{ij}^n}, \quad \gamma_c = \frac{\sum^k (\gamma_{ij})_k l_k}{a}, \quad e_c = \frac{\gamma_c}{\sqrt{3}},$$

$$\beta = \frac{e_c}{\bar{p}_{\mu_s=0}}, \quad K_n = \gamma_{\max} / \gamma_{\min}.$$



## Практична робота 4

### Аналіз процесу комбінованого видавлювання

Дано: схема процесу комбінованого радіально-зворотного видавлювання (рис. 3).

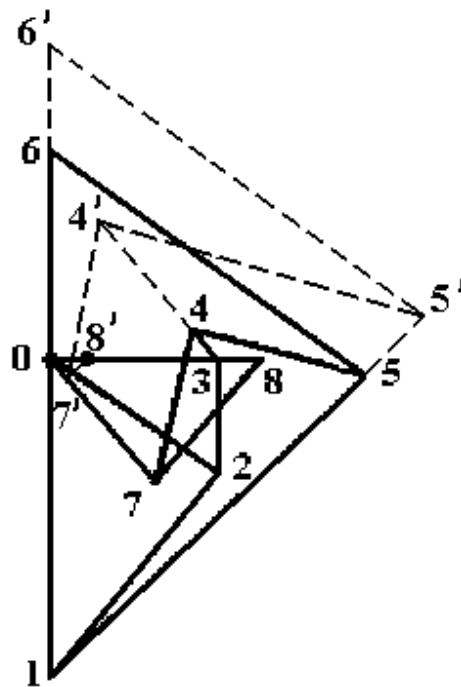
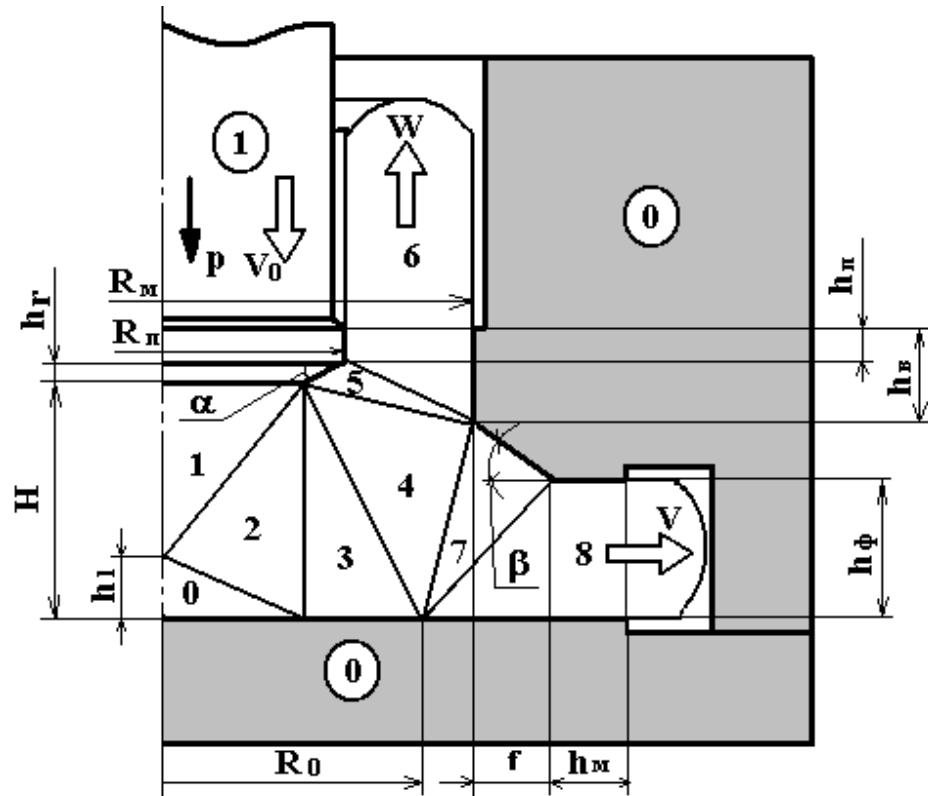


Рисунок 3 - Схема процесу комбінованого радіально-зворотного видавлювання

Значення геометричних параметрів і коефіцієнти тертя  $\mu_{\Pi}$ ,  $\mu_{\text{М}}$  дані за варіантами (табл. 3); крок переміщення пуансона на етапі  $H_{\text{S}}$  і розміри фасок обираються за узгодженням з викладачем.

Таблиця 3 - База даних

Номер варіанта	$\mu_{\Pi}$	$\mu_{\text{М}}$	Вихідні дані, мм				
			$R_{\text{М}}$	$R_{\Pi}$	$h_{\Phi}$	$H_{\text{Н}}$	$H_{\text{К}}$
1	0,1	0,3		26,0	3		
2					4		
3					2		
4					5		
5				25,0	3		
6	0,2	0,2	28,0		4	26	10
7					5		
8					6		
9					7		
10				24,0	3		
11	0,3	0,1			4		12
12					5		
13					6		
14				30,0	3		
15					4		
16	0,1	0,2			5		
17					2		
18					6		
19				32,0	7		
20					3	35	15
21	0,2	0,1	36,0		4		
22					5		
23				28,0	6		
24					4		
25	0,3	0,3			5		12
26					6		

### Порядок виконання роботи

1 Вибрати з таблиці геометричні параметри, що відповідають своєму варіантові, і викреслити схему видавлювання в масштабі. Побудувати для одного, двох положень пуансона годограф і знайти оптимальну вихідну швидкість  $W$ .

2 Проаналізувати за допомогою **ПЕОМ**, використовуючи програму «COMBE», формозміну і силовий режим процесу комбінованого видавлювання:

-викликати програму «COMBE». За таблицею конструкцій деталей на екрані вибрати тип деталі. Ввести вихідні дані в міліметрах:  $R_{\text{М}}$ ,  $R_{\Pi}$ ,  $h_{\Phi}$ ,  $H_{\text{Н}}$ ,  $H_{\text{К}}$ ,  $H_{\text{S}}$ ,  $\mu_{\Pi}$ ,  $\mu_{\text{М}}$  та ін.;

-за результатами розрахунку поетапної формозміни деталі роздрукувати таблицю розрахункових даних.

3 Використовуючи значення швидкостей витікання  $W, V$  і збільшення розмірів викреслити послідовні контури формоутворення деталі.

4 Для даної стадії процесу, коли вже сформувалися порожня частина і фланець деталі, необхідно відзначити положення пуансона, товщину дна  $H$  і оптимальне значення **варіюючих** параметрів  $R_0, W, V$ . Для даних значень на міліметрівці необхідно в масштабі побудувати розривне поле швидкостей, а також, взявши величину швидкості зворотного витікання  $W$ , - годограф швидкостей.

5 Визначити для взятого годографа швидкостей величину наведеного тиску  $\bar{p}$ , а потім, варіюючи величину (не менш трьох точок) швидкості зворотного витікання  $W$ , установити мінімальну величину наведеного тиску.

6 Побудувати графік залежності  $\bar{p} = f(W)$ .

7 Використовуючи дані з ЕОМ, накреслити різними кольорами контури деталі, одержувані при поетапному введенні пуансона в заготовку.

8 Як самостійну роботу рекомендується вирішити на **ПЕОМ** задачі комбінованого видавлювання деталей типу фланця з осьовим відростком і стакана з донним відростком.

## Практична робота 5

### Вибір **кінематично**-можливих полів швидкостей

Дано: схеми процесів формування (табл. 5).

Умови течії:

- плоске деформування (течія);
- **вісесиметричне деформування**.

Граничні умови на вході в зону деформації – на схемах процесів.

### Порядок виконання роботи

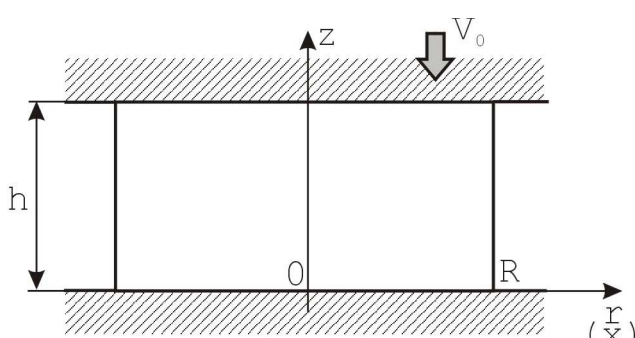
- 1 Вибрати схему деформування і граничні умови відповідно до заданого варіанта.
- 2 Підібрати, використовуючи умову незтискання, **кінематично**-можливе поле швидкостей (табл.4).

Таблиця 4 - Загальні вираження для КМПШ

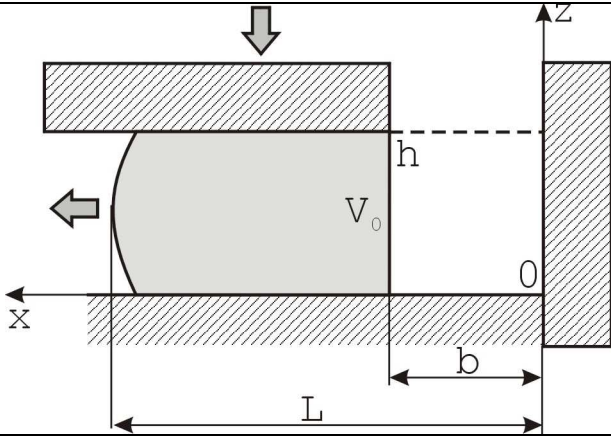
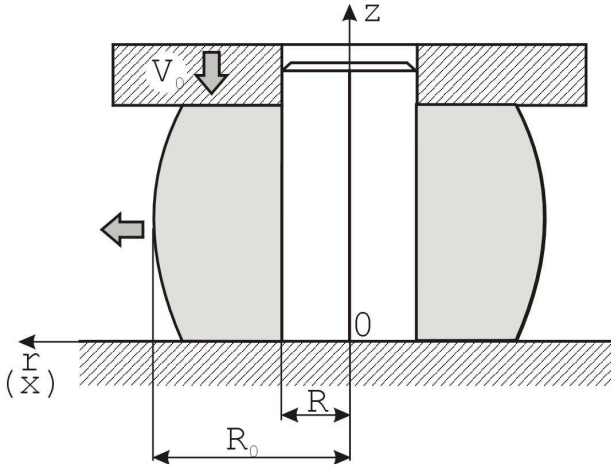
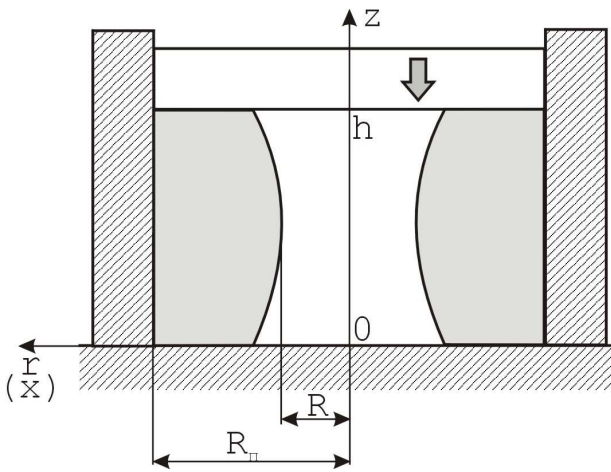
При вісесиметричній течії	При плоскій течії
$v_z = C_1 z + C_2$	$v_x = C_1 x + C_2$
$v_r = -\frac{C_1}{2} r + \frac{C_3}{r}$	$v_z = -C_1 z + C_3$

- Визначити значення сталих інтегрування  $C_1, C_2, C_3$ , використовуючи задані граничні умови у швидкостях і умови нерозривності нормальної складової на межах пластичної зони. Побудувати епюри швидкостей переміщення  $v_z, v_r (v_x)$ .
- Обчислити компоненти швидкостей деформації  $\dot{\epsilon}_r, \dot{\epsilon}_z, \dot{\epsilon}_\theta$  або  $\dot{\epsilon}_x, \dot{\epsilon}_z$  і перевірити відповідність поля швидкостей в умові незтискання.
- Обчислити інтенсивність швидкості деформації  $\dot{\epsilon}_i$  і записати вираз для розрахунку:
  - потужності сил деформування  $N_D$ ;
  - потужності сил тертя  $N_T$ ;
  - потужності сил зрізу  $N_c$  на одній вертикальній і одній горизонтальній поверхнях, що обмежують пластичну зону.
- Як самостійну роботу рекомендується розрахувати інтенсивність швидкостей деформації  $\dot{\epsilon}_i$  і значення потужності сил деформування  $N_D$ , зрізу  $N_c$  і тертя  $N_T$  для заданої додаткової схеми деформування [1, 4, 7, 11].

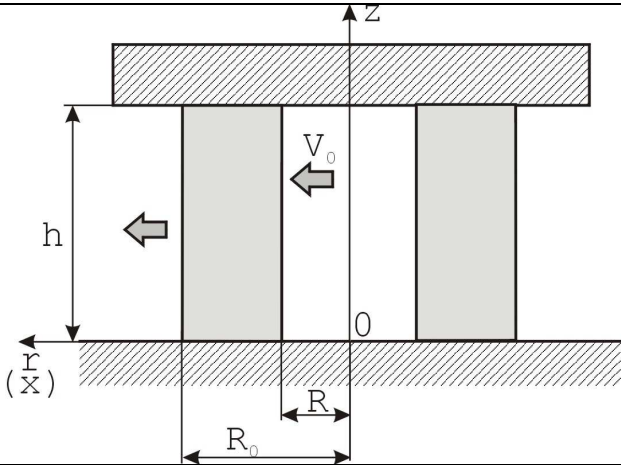
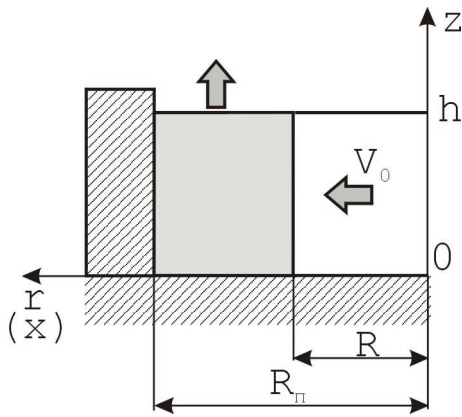
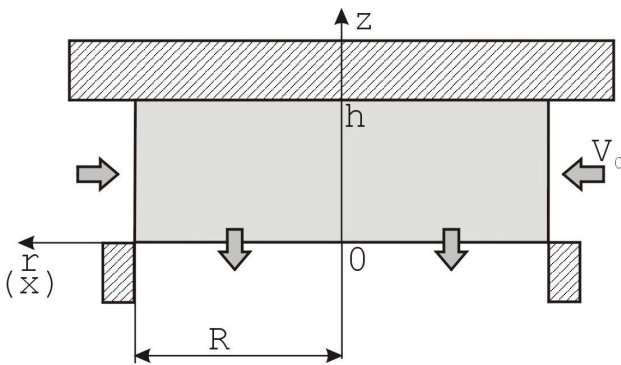
Таблиця 5 - База даних

Номер варіанта	Схема процесу	Плин	Граничні умови
1		I	$z=h, v_z = -v_0,$ $z=0, v_z = 0$
2		II	$r=0, v_r = 0$

Продовження таблиці 5

1	2	3	4
3		II	$z=h, \vartheta_z = -\vartheta_0,$ $z=0, \vartheta_z = 0,$ $x=b, \vartheta_x = 0$
4		I	$z=h, \vartheta_z = -\vartheta_0,$ $z=0, \vartheta_z = 0,$ $r=R, \vartheta_r = 0$
5		II	
6		I	$z=h, \vartheta_z = -\vartheta_0,$ $z=0, \vartheta_z = 0,$ $r=R_{II}, \vartheta_r = 0$
7		II	

Продовження таблиці 5

1	2	3	4
8		I	$z=h,$ $z=0, \vartheta_z = 0,$ $r=R, \vartheta_r = V$
9		I	$z=0, \vartheta_z = 0,$ $r=R, \vartheta_r = V$
10		II	$r=R_{\Pi}, \vartheta_r = 0$
11		I	$z=h, \vartheta_z = -\vartheta_0,$ $r=R, \vartheta_r = V$

### Продовження таблиці 5

1	2	3	4
12		I	$z=h, \vartheta_z = -\vartheta_0,$ $z=0, \vartheta_z = 0,$ $r=R, \vartheta_r = V$
13		II	
14		I	$z=h, \vartheta_z = -\vartheta_0,$ $z=0, \vartheta_z = 0,$ $r=R_{II}, \vartheta_r = V$
15		II	

### Розрахункові формули [1, 7]

$$\dot{\mathcal{E}}_z + \dot{\mathcal{E}}_r + \dot{\mathcal{E}}_\theta = 0,$$

$$\partial \vartheta_z / \partial z + \partial \vartheta_r / \partial r + \vartheta_r / r = 0,$$

$$\dot{\epsilon}_i = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\dot{\epsilon}_r - \dot{\epsilon}_\theta)^2 + (\dot{\epsilon}_r - \dot{\epsilon}_z)^2 + (\dot{\epsilon}_\theta - \dot{\epsilon}_z)^2 + \frac{3}{2} \dot{\gamma}_{rz}^2},$$

$$\dot{\epsilon}_i = \sqrt{\left(\frac{2}{3}\left(\dot{\epsilon}_z^2 + \dot{\epsilon}_r^2 + \dot{\epsilon}_\theta^2 + \frac{1}{2}\dot{\gamma}_{rz}^2\right)\right)},$$

$$N_{\partial} = \iiint_V \sigma_s \dot{\epsilon}_i dV,$$

$$N_c = \iint_{F_c} [\vartheta_c] \tau_c dF_c ,$$

$$N_T = \int \int_{F_K} [\vartheta_K] \tau_K dF_K .$$

## Практична робота 6

### Визначення тиску деформування при плоскому осадженні

Дано: схема процесу осадження (рис. 4).

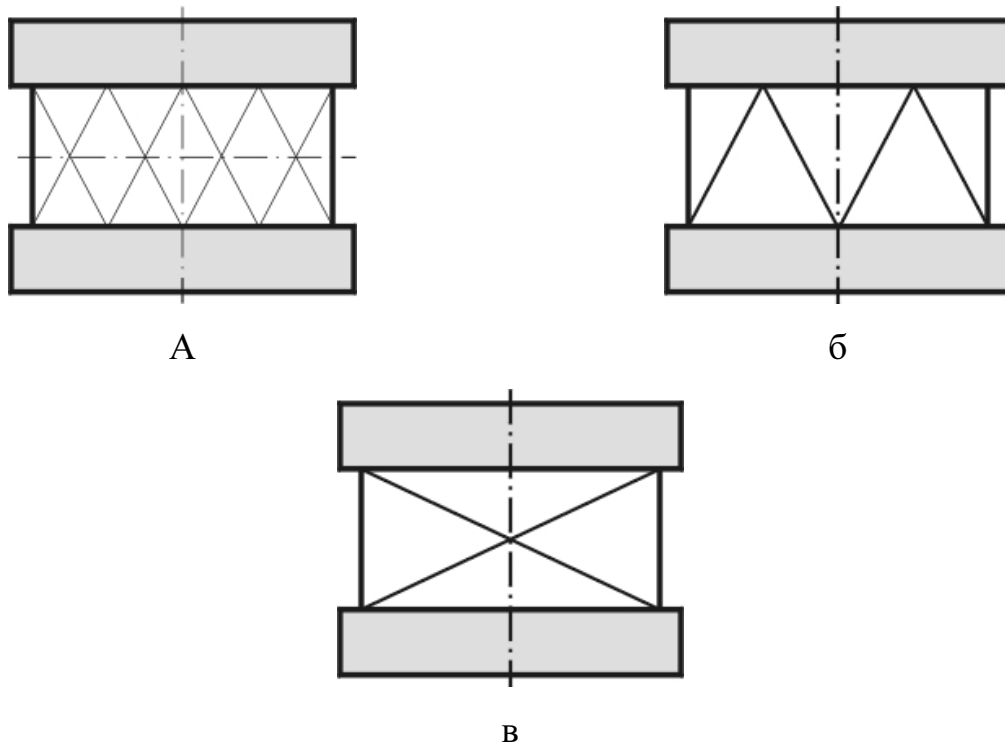


Рисунок 4 - Розрахункові схеми процесу осадження

Таблиця 6 - База даних

Номер варіанта	Група 1			Група 2		
	В/h	$\mu_s$	Схема	В/h	$\mu_s$	Схема
1	2	3	4	5	6	7
1	2,0	0	а	2	0,1	б
2	2,5			3		
3	3,0			4		
4	3,5			5		
5	4,0			6		
6	5,0			7		
7	6,0			8		
8	8,0			9		
9	4	0,05	б	1	0,2	в
10	5			2		
11	6			3		
12	3			4		
13	7			5		



Продовження таблиці 6

1	2	3	4	5	6	7
14	8			6		
15	9			7		
16	10			8		
17	1			2		
18	2			3		
19	3	0,15	у	4	0,25	а
20	4			5		
21	5			6		
22	6			7		

### Порядок виконання роботи

- 1 Вибрати схему і значення вихідних геометричних параметрів з таблиці.
- 2 Побудувати в масштабі розривне поле і годограф швидкостей.
- 3 Визначити наведений тиск деформування  $\bar{p}$  при заданому коефіцієнті тертя  $\mu$  графоаналітичним методом.
- 4 Розрахувати наведений тиск деформування при збільшеному на +0,2 коефіцієнті тертя.
- 5 Розрахувати наведений тиск  $\bar{p}$  за заданими формулами (1)...(3) для значень  $\mu_s = 0; 0,5; 0,25$  і ін. і порівняти зі значеннями, отриманими методом верхньої оцінки.
- 6 Побудувати графік залежності  $\bar{p} = f(b/h)$  за формулами та розрахунковими даними усієї групи.
- 7 Зробити висновки щодо характеру впливу параметрів процесу, поля швидкостей і умов тертя на силовий режим.

### Розрахункові формули [1-4,6,9]

1 **Євстратов** В.О. 
$$\bar{p} = \frac{1}{2} \left( \frac{b}{h} + \frac{h}{b} \right). \quad (1)$$

2 **Алюшин** Ю.А. 
$$\bar{p} = 1 + \mu_s \frac{b}{2h}. \quad (2)$$

3 **Унков** Е.П. 
$$\bar{p} = \frac{h}{\mu b} \left( \exp \left( \mu \frac{b}{h} \right) - 1 \right). \quad (3)$$

4 **Зибель** Э. 
$$\bar{p} = 1 + \mu_s \frac{D}{3h}. \quad (4)$$

### Рекомендована література

- 1 Евстратов В.А. Теория обработки металлов давлением. – Харьков: Вища школа, 1986. – 248 с.
- 2 Сторожев М.В. Теория обработки металлов давлением./М.В. Сторожев, Е.А. Попов. – М.: Машиностроение, 1977. – 423 с.
- 3 Механика пластической деформации при обработке металлов/ Томсен Э., Янг Ч., Кобаяши Ш. – М.: Машиностроение, 1969. – 504 с.
- 4 Джонсон У. Теория пластичности для инженеров/ У. Джонсон, П. Меллор. – М.: Машиностроение, 1979. – 567 с.
- 5 Перлин И.Л. Теория прессования металлов/И.Л. Перлин, Л.Х. Райтбарг. – М.: Металлургия, 1976. – 448 с.
- 6 Алюшин Ю.А. Теория обработки металлов давлением. Метод верхней оценки и его применение при решении задач обработки металлов давлением. – Ростов н/Д: РИСХМ, 1977. – 88 с.
- 7 Степанский Л.Г. Расчеты процессов обработки металлов давлением. – М.: Машиностроение, 1979. – 215 с.
- 8 Попов Е.А. Основы теории листовой штамповки. – М.: Машиностроение, 1972. – 278 с.
- 9 Томлетнов А.Д. Теория пластических деформаций металлов. – М.: Металлургия, 1972. – 408 с.
- 10 Соппротивление деформации сталей при горячей прокатке/ Зюзин В.И., Бровман М.Я., Мельников А.Ф. – М.: Металлургия, 1964. – 270 с.
- 11 Шестаков Н.А. Энергетические методы расчета процесса обработки металлов давлением: Учебное пособие. –М.:МГНУ, 1996.-125с.

## ДОДАТОКИ

### Додаток А

#### Контрольні питання до вхідного контролю по дисципліні «Теорія процесів кування і штампування»

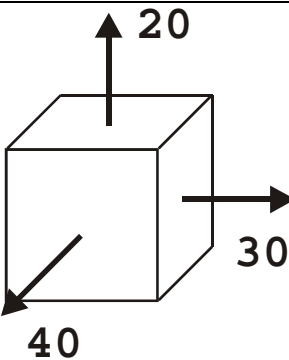
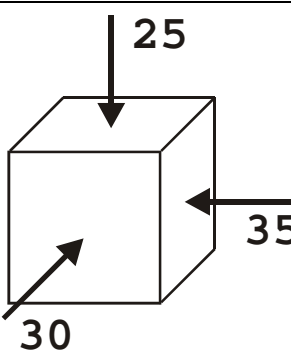
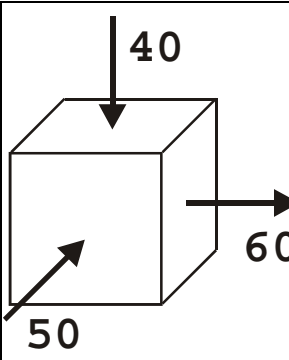
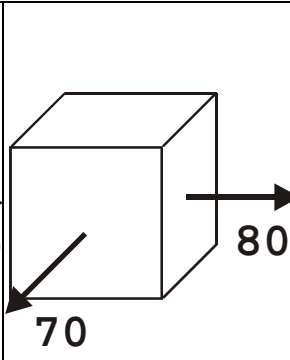
Дисципліни, що забезпечують: «Механіка **ТДТ**, теорія **ОМТ**»

**Таблиця А.1**

Варіант	1	2	3	4
1	Інтенсивність напружень	Інтенсивність деформацій	Інтенсивність швидкостей деформацій	Умова сталості об'єму
2	Фізичний зміст умов пластичності	Умова пластичності Тріска	Умова пластичності Губера-Мізеса	Принцип найменшого опору
3	Коло Мора для напружень	Коло Мора для плоскодеформованого стану	Властивості ліній ковзання	Ідеальна пластичність
4	Закон тертя Амонтона	Закон тертя Зібеля	Закон тертя Дерягіна	Визначення коефіцієнта тертя
5	Механічні схеми деформацій (МСД) ( $\sigma$ і $\varepsilon$ )	МСД для видавлювання	МСД для осадження	Параметр Лоде-Надаї - для зсуву
6	$(x^n)' =$	$\int \frac{dx}{x} =$	$\int x^3 dx =$	$\left(\frac{1}{x}\right)' =$

**Додаток Б**  
**Контрольні питання з дисципліни**  
**«Теорія процесів кування і штампування»**

**Таблиця Б.1**

	1	2	3	4
1	ПДС	Стаціонарна Течія	Гіпотеза Хаара-фон Кармана	Вісесиметрична течія
2	жорсткопластичне середовище	Ідеальна Пластичність	Пружньопластичне зміцнююче середовище	умова сталості об'єму
3	Які схеми переважніші з погляду:			
	підвищення пластичності	Зниження опору деформування	проробки металу	утворення волокнистої структури
4	Механічні схеми деформацій (МДС) для процесів:			
	прямого видавлювання і волочіння	протягання і прокатки	осадження з тертям і без тертя	витяжки
5	Перейти від схеми напружень до схеми деформацій			
				
6	Принцип заміни проектування сил проектуванням поверхонь	Наведений тиск $\bar{p}$	Як перейти від наведеного тиску $\bar{p}$ до сили Р	Робота деформування А
7	Навести вирази компонентів напружень в умовах:			
	ПДС( $\sigma_x, \sigma_z$ )	ПДС ( $\sigma_x, \sigma_z$ з використанням кута $\omega$ )	ПДС ( $\sigma_x, \sigma_z$ з використанням $(n + m)$ )	$\tau_{xz}$
8	властивості ліній ковзання	граничні умови (приклад)	припущення метода ліній ковзання	способи побудови поля ліній ковзання
9	Показати застосування сітки двоцентрової віялової сітки ліній ковзання для аналізу процесу:			
	протягання	Осадження	відкритого штампування	видавлювання