

5 РОЗРАХУНОК ШВИДКОСТЕЙ РУХУ ШТАБИ І ОКРУЖНОЇ ШВИДКОСТІ ВАЛКІВ ПРИ НЕПЕРЕРВНОМУ ПРОКАТУВАННІ

(Завдання № 5)

5.1 Алгоритм розрахунків при прокатуванні в двоклітьовій групі прокатного стана

1. Визначаємо, або вважаємо заданими, умови контактного тертя і межі текучості металу по клітям стана, тобто значення f , $2K$ заздалегідь відомі [6].
2. Вибираємо режим натягнення по клітям стана: заднє σ_{01} , переднє σ_{11} – натягнення в першій і σ_{02} , σ_{12} – в другій (останній) клітях, значення яких не повинно перевищувати допустимих відсотків межі текучості штаби.
3. Приймаємо існуючий режим обтиснень: товщину на вході h_{01} і виході h_{11} в першій і на виході h_{12} другої кліті, а також швидкість обертання валків v_2 другої (останньої) кліті стана.
4. Визначаємо випередження штаби в валках другої (останньої) кліті стана:

$$S_2 = S_{\text{штаби}}$$

5. Визначаємо швидкість штаби $v_{\text{штаби}2}$ на виході з другої кліті стана, використовуючи величину випередження S_2 .
6. Розраховуємо постійну (константу) неперервного стана, тобто величину C .
7. Визначаємо випередження штаби S_2 в валках першої кліті.
8. Використовуючи рівняння постійності секундних об'ємів, визначаємо окружну швидкість обертання валків першої кліті $v_{\text{валків}1}$.
9. Розраховуємо швидкість штаби на виході з першої кліті $v_{\text{штаби}1}$.

В результаті виконання завдання № 5 визначається:

- швидкість прокатки штаби по клітям неперервного стана (завдання № 5а);
- вплив переднього натягнення штаби на випередження і швидкість виходу штаби з валків (завдання № 5 б).

5.2 Приклад виконання завдання № 5а

З валків кліті № 7 чистової групи клітей широкоштабового стана 2000 гарячої прокатки зі швидкістю 23,1 м/с прокатали штабу товщиною 2,5 мм і шириною 1650 мм. Визначити швидкості прокатки штаби в інших клітях стана якщо відомий режим обтиснень по клітям, мм: $h_0=25$; $h_1=15,8$; $h_2=10,4$; $h_3=7,0$; $h_4=4,8$; $h_5=3,6$; $h_6=2,9$. Побудувати графік зміни швидкості прокатки по клітям.

Рішення

1. Визначаємо постійну неперервного стана:

$$C = v_7 \cdot b_7 \cdot h_7 = 23,1 \cdot 1650 \cdot 2,5 \cdot 10^3 = 95287500 \text{ мм}^3/\text{с}.$$

2. Розраховуємо швидкість прокатки в кожній кліті:

$$v_6 = \frac{C}{h_6 \cdot b \cdot 10^3} = \frac{95287500}{2,9 \cdot 1650 \cdot 10^3} = 19,91 \text{ м/с};$$

$$v_5 = \frac{C}{h_5 \cdot b \cdot 10^3} = \frac{95287500}{3,6 \cdot 1650 \cdot 10^3} = 16,04 \text{ м/с};$$

$$v_4 = \frac{C}{h_4 \cdot b \cdot 10^3} = \frac{95287500}{4,8 \cdot 1650 \cdot 10^3} = 12,03 \text{ м/с};$$

$$v_3 = \frac{C}{h_3 \cdot b \cdot 10^3} = \frac{95287500}{7,0 \cdot 1650 \cdot 10^3} = 8,25 \text{ м/с};$$

$$v_2 = \frac{C}{h_2 \cdot b \cdot 10^3} = \frac{95287500}{10,4 \cdot 1650 \cdot 10^3} = 5,55 \text{ м/с};$$

$$v_1 = \frac{C}{h_1 \cdot b \cdot 10^3} = \frac{95287500}{15,8 \cdot 1650 \cdot 10^3} = 3,66 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

3. Будуємо графік зміни швидкості прокатки по клітям (рис. 5.1):

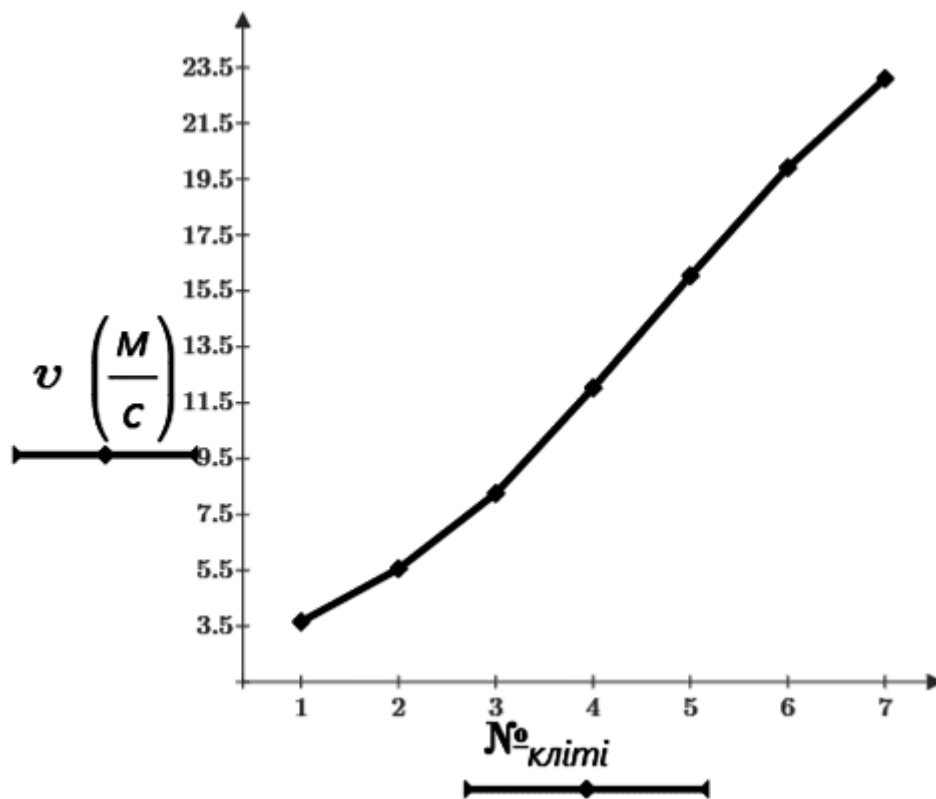


Рисунок 5.1 - Залежність швидкості прокатки по клітям прокатного стана

5.3 Варіанти індивідуальних завдань № 5а

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунку швидкості прокатки по клітям прокатного стану

Варіант	h_0	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	h_7	b	v_7
Приклад	25,00	15,80	10,40	7,00	4,80	3,60	2,90	2,50	1650	23,1
1	24,95	15,75	10,35	6,95	4,75	3,55	2,85	2,45	1649	23,2
2	24,90	15,70	10,30	6,90	4,70	3,50	2,80	2,40	1648	23,3
3	24,85	15,65	10,25	6,85	4,65	3,45	2,75	2,35	1647	23,4
4	24,80	15,60	10,20	6,80	4,60	3,40	2,70	2,30	1646	23,5
5	24,75	15,55	10,15	6,75	4,55	3,35	2,65	2,25	1645	23,6
6	24,70	15,50	10,10	6,70	4,50	3,30	2,60	2,20	1644	23,7
7	24,65	15,45	10,05	6,65	4,45	3,25	2,55	2,15	1643	23,8
8	24,60	15,40	10,00	6,60	4,40	3,20	2,50	2,10	1642	23,9
9	24,55	15,35	9,95	6,55	4,35	3,15	2,45	2,05	1641	24,0
10	24,50	15,30	9,90	6,50	4,30	3,10	2,40	2,00	1640	24,1
11	24,45	15,25	9,85	6,45	4,25	3,05	2,35	1,95	1639	24,2
12	24,40	15,20	9,80	6,40	4,20	3,00	2,30	1,90	1638	24,3
13	24,35	15,15	9,75	6,35	4,15	2,95	2,25	1,85	1637	24,4
14	24,30	15,10	9,70	6,30	4,10	2,90	2,20	1,80	1636	24,5
15	24,25	15,05	9,65	6,25	4,05	2,85	2,15	1,75	1635	24,6
16	24,20	15,00	9,60	6,20	4,00	2,80	2,10	1,70	1634	24,7
17	24,15	14,95	9,55	6,15	3,95	2,75	2,05	1,65	1633	24,8
18	24,10	14,90	9,50	6,10	3,90	2,70	2,00	1,60	1632	24,9
19	24,05	14,85	9,45	6,05	3,85	2,65	1,95	1,55	1631	25,0
20	24,00	14,80	9,40	6,00	3,80	2,60	1,90	1,50	1630	25,1

5.4 Приклад виконання завдання № 5 б

Визначити і побудувати графіки впливу переднього і заднього натягнення на випередження і швидкість виходу переднього кінця штаби з листового стана, який має діаметр робочих валків 520 мм. Товщина штаби до прокатки 2,07 мм, після прокатки 1,8 мм, коефіцієнт контактної тертя $f=0,05$, межа текучості штаби після прокатки $\sigma_{s1} = 375$ МПа, валки обертаються зі швидкістю $v_B=24$ м/с. Переднє натягнення змінюється і може приймати наступні значення: $\sigma_1 = 0,05$; $0,1$; $0,15$; $0,20 \cdot \sigma_{s1}$.

Рішення

1. Розраховуємо абсолютне обтиснення штаби:

$$\Delta h = h_0 - h_1 = 2,07 - 1,8 = 0,27 \text{ мм.}$$

2. Знаходимо довжину дуги захвату металу валками:

$$l_D = \sqrt{\Delta h \cdot R} = \sqrt{0,27 \cdot 260} = 8,38 \text{ мм.}$$

3. Визначаємо переднє питоме натягнення штаби:

$$\sigma_1 = 0,05 \cdot \sigma_{s1} = 0,05 \cdot 375 = 18,75 \text{ МПа;}$$

$$\sigma_2 = 0,1 \cdot \sigma_{s1} = 0,1 \cdot 375 = 37,5 \text{ МПа;}$$

$$\sigma_3 = 0,15 \cdot \sigma_{s1} = 0,15 \cdot 375 = 56,25 \text{ МПа;}$$

$$\sigma_4 = 0,2 \cdot \sigma_{s1} = 0,2 \cdot 375 = 75,0 \text{ МПа.}$$

4. Знаходимо коефіцієнти натягнення заднього та переднього кінців штаби:

$$2 \cdot K_1 = 1,115 \cdot \sigma_{s1} = 1,155 \cdot 375 = 418,125 \text{ МПа;}$$

$$\delta = \frac{2 \cdot f \cdot l_D}{\Delta h} = \frac{2 \cdot 0,05 \cdot 8,38}{0,27} = 3,103;$$

$$\xi_0 = 1 - \frac{\sigma_0}{2K_0} = 1, \text{ оскільки } \sigma_0 = 0;$$

$$\xi_{11} = 1 - \frac{\sigma_1}{2K_1} = 1 - \frac{18,75}{418,125} = 0,955;$$

$$\xi_{12} = 1 - \frac{\sigma_2}{2K_1} = 1 - \frac{37,5}{418,125} = 0,913;$$

$$\xi_{13} = 1 - \frac{\sigma_3}{2K_1} = 1 - \frac{56,25}{418,125} = 0,865;$$

$$\xi_{14} = 1 - \frac{\sigma_4}{2K_1} = 1 - \frac{75,0}{418,125} = 0,821.$$

5. Розраховуємо випередження з урахуванням натягнення:

$$S_{11} = \sqrt[2\delta]{\frac{\xi_0}{\xi_{11}} \left(\frac{h_0}{h_1}\right)^{\delta-1}} - 1 = \sqrt[2 \cdot 3,103]{\frac{1}{0,955} \left(\frac{2,07}{1,8}\right)^{3,103-1}} - 1 = 0,056;$$

$$S_{12} = \sqrt[2\delta]{\frac{\xi_0}{\xi_{12}} \left(\frac{h_0}{h_1}\right)^{\delta-1}} - 1 = \sqrt[2 \cdot 3,103]{\frac{1}{0,913} \left(\frac{2,07}{1,8}\right)^{3,103-1}} - 1 = 0,064;$$

$$S_{13} = \sqrt[2\delta]{\frac{\xi_0}{\xi_{13}} \left(\frac{h_0}{h_1}\right)^{\delta-1}} - 1 = \sqrt[2 \cdot 3,103]{\frac{1}{0,865} \left(\frac{2,07}{1,8}\right)^{3,103-1}} - 1 = 0,073;$$

$$S_{14} = \sqrt[2\delta]{\frac{\xi_0}{\xi_{14}} \left(\frac{h_0}{h_1}\right)^{\delta-1}} - 1 = \sqrt[2 \cdot 3,103]{\frac{1}{0,821} \left(\frac{2,07}{1,8}\right)^{3,103-1}} - 1 = 0,082.$$

6. Визначаємо швидкість виходу штаби $v_{ш}$ з валків для кожного випадку:

$$v_{ш1} = v_B \cdot (1 + S_{11}) = 24 \cdot (1 + 0,056) = 25,35 \text{ м/с};$$

$$v_{ш2} = v_B \cdot (1 + S_{12}) = 24 \cdot (1 + 0,064) = 25,55 \text{ м/с};$$

$$v_{ш3} = v_B \cdot (1 + S_{13}) = 24 \cdot (1 + 0,073) = 25,76 \text{ м/с};$$

$$v_{ш4} = v_B \cdot (1 + S_{14}) = 24 \cdot (1 + 0,082) = 25,98 \text{ м/с}.$$

7. Будуємо графіки впливу переднього натягнення на випередження і швидкість виходу переднього кінця штаби з валків кліті (рис. 5.2) попередньо занісши необхідні дані до табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Вплив переднього натягнення на випередження і швидкість виходу штаби з валків

Відношення натягнення до межі текучості	Параметри процесу прокатки		
	натягнення штаби σ_1 , МПа	випередження S_1 , %	швидкість прокатки, $v_{ш}$, м/с
0,05	18,75	5,6	25,35
0,10	37,5	6,4	25,55
0,15	56,25	7,3	25,76
0,20	75,0	8,2	25,98

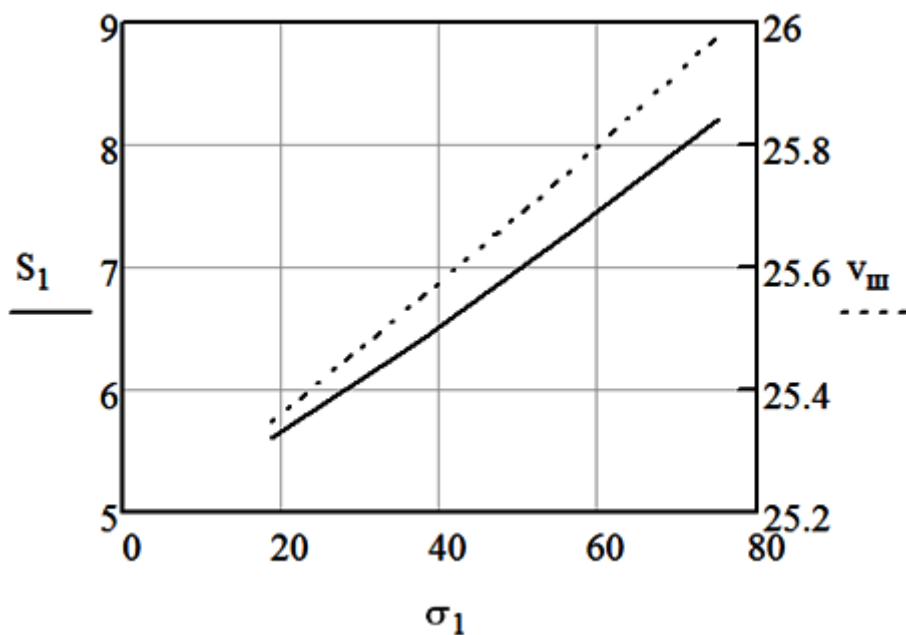


Рисунок 5.2 - Залежність випередження (S_1) і швидкості виходу штаби з валків (v_{III}) від переднього натягнення σ_1 .

5.5 Варіанти індивідуальних завдань № 5 б

Таблиця 5.3 – Вихідні дані для розрахунку переднього і заднього натягнення на випередження і швидкість виходу переднього кінця штаби з листового стану

Варіант	D, мм	h_0 , мм	h_1 , мм	f	σ_{S1} , МПа	v, м/с	Доля σ по клетям от σ_{S1}			
							k_1	k_2	k_3	k_4
Приклад	520	2,07	1,80	0,050	375,0	24,0	0,050	0,100	0,150	0,200
1	525	2,08	1,79	0,040	375,5	23,5	0,055	0,105	0,155	0,205
2	530	2,09	1,78	0,039	376,0	23,0	0,060	0,110	0,160	0,210
3	535	2,10	1,77	0,038	376,5	22,5	0,065	0,115	0,165	0,215
4	540	2,11	1,76	0,037	377,0	22,0	0,070	0,120	0,170	0,220
5	545	2,12	1,75	0,036	377,5	21,5	0,075	0,125	0,175	0,225
6	550	2,13	1,74	0,035	378,0	21,0	0,080	0,130	0,180	0,230
7	555	2,14	1,73	0,034	378,5	20,5	0,085	0,135	0,185	0,235
8	560	2,15	1,72	0,033	379,0	20,0	0,090	0,140	0,190	0,240
9	565	2,16	1,71	0,032	379,5	19,5	0,095	0,145	0,195	0,245
10	570	2,17	1,70	0,031	380,0	19,0	0,100	0,150	0,200	0,250
11	575	2,18	1,69	0,030	374,5	18,5	0,105	0,155	0,205	0,255
12	580	2,19	1,68	0,029	374,0	18,0	0,110	0,160	0,210	0,260
13	585	2,20	1,67	0,028	373,5	17,5	0,115	0,165	0,215	0,265
14	590	2,06	1,66	0,027	373,0	17,0	0,120	0,170	0,220	0,270
15	595	2,05	1,65	0,026	372,5	16,5	0,125	0,175	0,225	0,275
16	600	2,04	1,64	0,025	372,0	16,0	0,130	0,180	0,230	0,280
17	515	2,03	1,63	0,040	371,5	15,5	0,135	0,185	0,235	0,285
18	510	2,02	1,62	0,041	371,0	15,0	0,140	0,190	0,240	0,290
19	505	2,01	1,61	0,042	370,5	14,5	0,145	0,195	0,245	0,295
20	500	2,00	1,60	0,043	370,0	14,0	0,150	0,200	0,250	0,300