

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2. СТАНИНИ РОБОЧИХ КЛІТЕЙ

2.1 Загальні відомості про конструкції станин робочих клітей.

Станини робочих клітей - самі відповідальні деталі прокатного стана. У них монтують подушки валків стана, а також інші пристрої й механізми, що забезпечують задану точність прокатки й продуктивність стана. Все зусилля прокатки сприймається станинами. Тому при конструюванні й виготовленні станин особлива увага приділяється їхній міцності й твердості.

По конструкції станини ділять на дві групи: закритого й відкритого типу. Станина закритого типу (рис. 2.1, а) являє собою литу масивну тверду раму; у середині станини зроблене вікно для установки в ньому подушок валків; унизу станина має припливи (лапи). У припливах передбачені отвори для болтів, якими станини кріпляться до плитовин. Станини цього типу, як більше міцні і тверді, застосовують в робочих клітях блюмінгів і слябінгів, тонколистових станів гарячої й холодної прокатки й іноді заготовочних і сортових станів.

Станина відкритого типу (рис 2..1, б) складається із двох частин: властиво станини й кришки. Кришку скріплюють зі станиною болтами й клинами, установлюваними із затягуванням. Ці станини характеризуються меншою твердістю в порівнянні зі станинами закритого типу, однак вони дешевше у виготовленні й дозволяють здійснювати перевалку валків безпосередньо краном (нагору) при знятій кришці. Станини цього типу застосовують у клітях сортових і рейкобалкових станів.

Розміри станин визначаються наступними умовами: 1) можливістю розміщення у вікні станини подушок валків і кінця натискного гвинта; 2) необхідною міцністю й твердістю.

Верхню й нижню частини станини називають поперечками (у станинах відкритого типу верхньою поперечкою є кришка), а бічні - стійками. Перетин стійок роблять звичайно квадратним, прямокутним або двотавровим. Стійки прямокутного перетину легше у вилівку, внаслідок чого частіше використовують стійки цього перетину, особливо для чотиривалкових клітей. У нижній частині

стійок у станин великих станів є отвори для установки станинних роликів рольганга. Внутрішні поверхні стійок облицьовують захисними планками.

Відливаються станини зі сталі марок Ст.25Л, Ст.30Л и Ст.35Л.

Маса кожної станини (стан2000 конструкції НКМЗ) становить 126т. Загальна маса станин у зборці із плитовинами й траверсами становить 312 т.

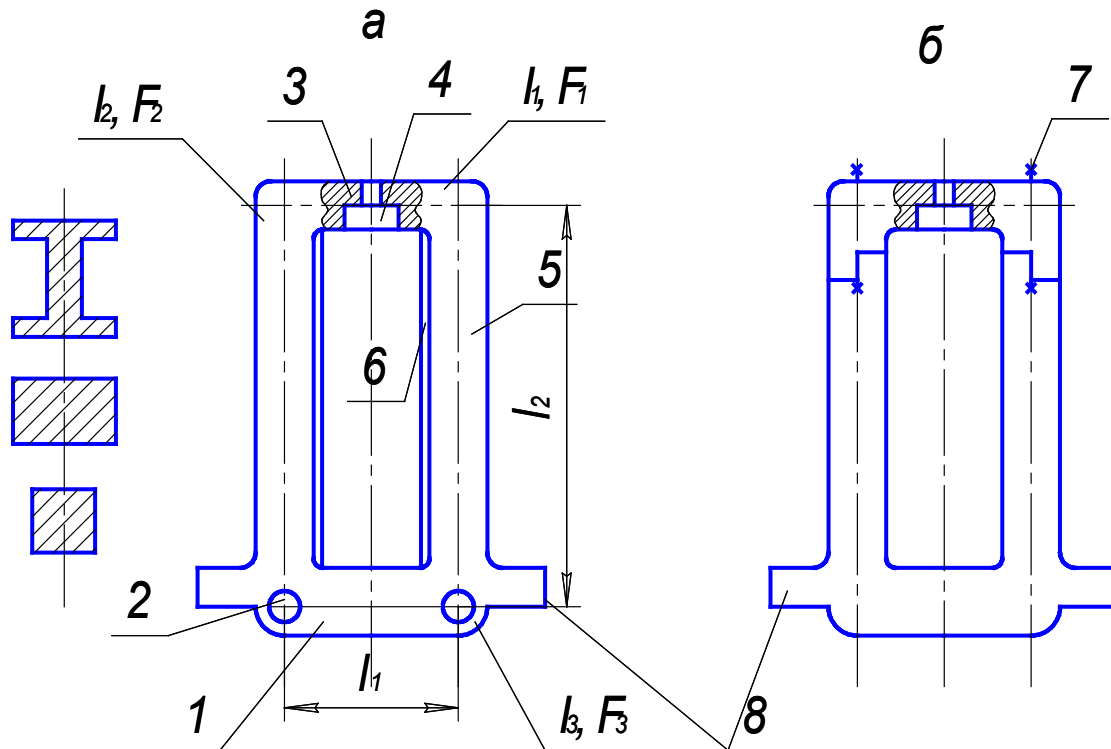


Рисунок 2.1. Станина робочої кліті: 1 - нижня поперечка; 2 - отвір для установки станинних роликів; 3 - верхня поперечка; 4 - отвір для натискної гайки; 5 - стійка; 6 - захисна планка; 7 - шпилька; 8 - лапа

Розрахунок станин виконують як перевіорчний після вибору розмірів основних елементів. При цьому площа перетину стійок приймається залежно від діаметра шийки валка

$$F_2 = (0,6 \dots 0,8) \cdot d^2 \quad - \text{валки виготовлені із чавуну};$$

$$F_2 = (0,7 \dots 0,9) \cdot d^2 \quad - \text{валки виготовлені з вуглецевої сталі};$$

$$F_2 = (0,8 \dots 1,2) \cdot d^2 \quad - \text{валки виготовлені з легованої сталі}.$$

Площа перетину поперечок $F_1 = (1,2 \dots 1,4) \cdot F_2$.

Діаметр болтів, що скріплюють станини із плитовинами й плитовини з фундаментом, звичайно визначають зі співвідношення

$$d_1 = (0,09 \dots 0,15) \cdot D + 10 \text{ мм},$$

де D - діаметр робочих валків, мм.

2.2 Приклад розрахунку міцності й твердості станини чотиривалкової кліті безперервного широкополосного стана гарячої прокатки.

Вихідні дані:

$$l_1 = l_3 = 2,15 \text{ м}; \quad l_2 = 6,45 \text{ м}; \quad l_2/l_1 = 3; \quad I_1 = 0,105 \text{ м}^4; \quad I_3 = 0,088 \text{ м}^4;$$

$$n = I_1/I_3 = 1,2; \quad I_2 = 0,024 \text{ м}^4; \quad I_1/I_2 = 4,37;$$

$$m = I_1/I_2 \cdot l_2/l_1 = 4,37 \cdot 3 = 13,11; \quad Y = 9,5 \text{ МН}; \quad F_1 = 0,85 \text{ м}^2;$$

$$W_1 = 0,127 \text{ м}^3; \quad F_3 = 0,62 \text{ м}^2; \quad W_3 = 0,125 \text{ м}^3; \quad F_2 = 0,42 \text{ м}^2;$$

$$W_2 = 0,057 \text{ м}^3.$$

1. Максимальний момент прогину верхньої й нижньої поперечок силою Y (див. мал. 3.2)

$$M_n = \frac{Y \cdot l_1}{4} = \frac{9,5 \cdot 2,15}{4} = 5,106 \text{ МН} \cdot \text{м},$$

де l_1, l_3 - довжини верхньої й нижньої поперечок, м.

2. Знаходимо статично невизначені моменти в кутах твердої рами

$$M_1 = \frac{M_n}{2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{(3n + m) \cdot m}{3n + (2 - n) \cdot m}} =$$

$$= \frac{5,106}{2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{(3 \cdot 1,2 + 13,11) \cdot 13,11}{3 \cdot 1,2 + (2 - 1,2) \cdot 13,11}} = 0,1542 \text{ МН} \cdot \text{м};$$

$$M_3 = \frac{M_n}{2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{(3+m) \cdot m}{3n + (2n-1) \cdot m}} =$$

$$= \frac{5,106}{2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{(3+13,11) \cdot 13,11}{3 \cdot 1,2 + (2 \cdot 1,2 - 1) \cdot 13,11}} = 0,2402 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

$$\frac{M_1}{M_3} = \frac{0,1542}{0,2402}; \quad M_1 = 0,642 \cdot M_3;$$

при $I_1 = I_3$ й $n = 1$

$$M_0 = M_1 = M_3 = \frac{M_n}{2} \cdot \frac{1}{1+m} = \frac{5,106}{2} \cdot \frac{1}{1+13,11} = 0,1809 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Таким чином:

а) при $I_1 > I_3$ момент M_1 на 36% менше моменту M_3 ,

б) моменти M_1 й M_3 по своїй величині значно менше максимального моменту прогину поперечною силою Y й становить тільки 3... 5% від M_n ,

в) при $I_1 = I_3$ момент M_0 становить тільки 3,6% від M_n .

3. Визначимо напругу розтягання в середині верхньої й нижньої поперечок

$$\sigma_B = \frac{M_n - M_1}{W_1} = \frac{5,106 - 0,1542}{0,127} = 38,99 \text{ МПа}.$$

$$\sigma_H = \frac{M_n - M_3}{W_3} = \frac{5,106 - 0,1809}{0,125} = 39,4 \text{ МПа}.$$

де W_1, W_3 - моменти опору перетинів верхньої й нижньої поперечок, м³.

4. Розрахуємо напруги розтягання в стійці станини

$$\sigma_{\max} = \frac{Y}{2 \cdot F_2} + \frac{M_1 + M_3}{2 \cdot W_2} = \frac{9,5}{2 \cdot 0,42} + \frac{0,1542 + 0,2402}{2 \cdot 0,057} = 14,77 \text{ МПа}$$

Запас міцності станини для нижньої поперечки при межі міцності відлитій з вулецевої сталі $\sigma_B = 600 \text{ МПа}$

$$n = \frac{\sigma_B}{\sigma_H} = \frac{600}{38,99} = 15,4$$

5. Визначимо прогин середнього перетину від дії вигину f' й перерізуючих сил f''

$$f_B = \frac{l_1^2}{8EI_1} \cdot \left(\frac{Y \cdot l_1}{6} - M_1 \right) + k \cdot \frac{Y \cdot l_1}{4GF_1} \quad \text{- для верхньої поперечки,}$$

$$f_H = \frac{l_1^2}{8EI_3} \cdot \left(\frac{Y \cdot l_1}{6} - M_3 \right) + k \cdot \frac{Y \cdot l_1}{4GF_3} \quad \text{- для нижньої поперечки,}$$

де I_1, I_3 - моменти інерції перетину верхньої й нижньої поперечок, м^4 ;

F_1, F_3 - площі перетину верхньої й нижньої поперечок, м^2 .

$$f_B = \frac{2,15^2}{8 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0,105} \cdot \left(\frac{9,5 \cdot 2,15}{6} - 0,1542 \right) \cdot 10^3 +$$
$$+ 1,2 \cdot \frac{9,5 \cdot 2,15 \cdot 10^3}{4 \cdot 0,75 \cdot 10^5 \cdot 0,85} = 0,185 \text{ мм,}$$

$$f_H = \frac{2,15^2}{8 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0,088} \cdot \left(\frac{9,5 \cdot 2,15}{6} - 0,2402 \right) \cdot 10^3 +$$
$$+ 1,2 \cdot \frac{9,5 \cdot 2,15 \cdot 10^3}{4 \cdot 0,75 \cdot 10^5 \cdot 0,62} = 0,235 \text{ мм,}$$

де $k = 1,2$ - для прямокутного перетину балки – поперечки;

$G = 0,75 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ - модуль зрушення для сталевого лиття;

$E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ - модуль пружності для сталевого лиття.

6. Знаходимо пружне розтягання стійки станини

$$f_2 = \frac{Y \cdot l_2}{2 \cdot E \cdot F_2},$$

де l_2 - довжина стійки станини, м;

F_2 - площа перетину стійки, м²,

$$f_2 = \frac{9,5 \cdot 6,45 \cdot 10^3}{2 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0,42} = 0,365 \text{ мм.}$$

7. Сумарна деформація станини по вертикалі

$$f_{CT} = f_B + f_H + f_2 = 0,185 + 0,235 + 0,365 = 0,785 \text{ мм.}$$

Твердість станини по вертикалі

$$C = \frac{Y}{f_{CT}} = \frac{9,5}{0,785} = 12,55 \text{ МН / мм.}$$

8. Горизонтальний прогин однієї стійки посередині її висоти

$$f_{\Gamma} = \frac{(M_1 + M_3) \cdot l_2^2}{2 \cdot 8 \cdot E \cdot I_2},$$

де I_2 - момент інерції перетину стійки, м⁴;

$$f_{\Gamma} = \frac{(0,1542 + 0,2402) \cdot 6,45^2 \cdot 10^3}{2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0,024} = 0,213 \text{ мм.}$$

Тому при монтажі робочої кліті необхідно передбачити зазор між верхньою подушкою валка і направляючою планкою із внутрішньої сторони вікна станини рівний $\Delta = 0,25 \text{ мм.}$

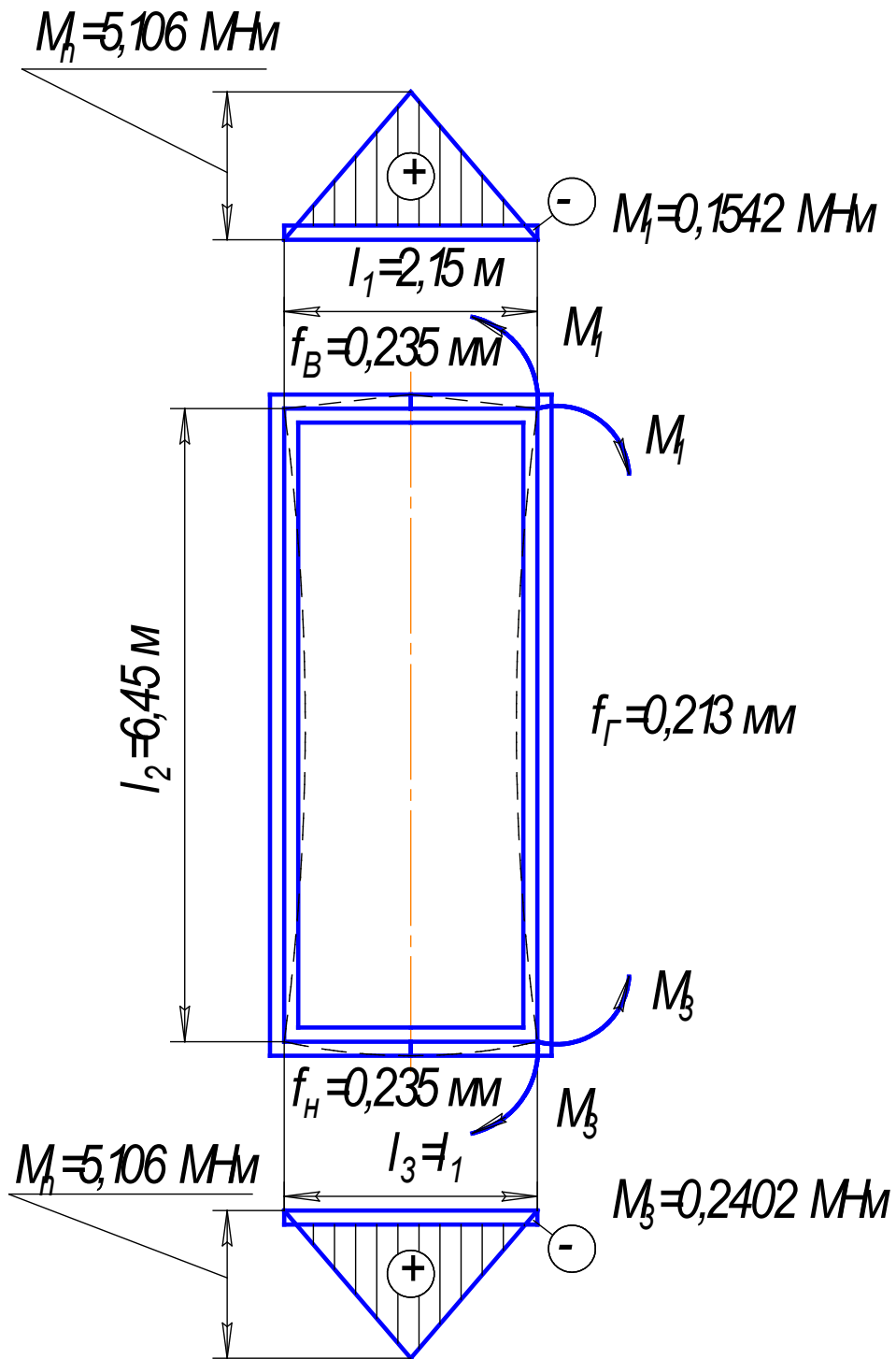


Рисунок 2..2 До розрахунку чотиривалкові кліті стана

5. Момент інерції перетину верхньої поперечки	I_1	m^4	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,079	0,105	0,115	0,125	0,15	0,145	0,155	0,165	0,175	0,19
6. Момент інерції перетину нижньої поперечки	I_3	m^4	0,083	0,09	0,1	0,108	0,116	0,125	0,133	0,079	0,088	0,096	0,104	0,112	0,12	0,129	0,137	0,146	0,154

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
7. Відношення I_1/I_3	n	-	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
8. Момент інерції перетину стійки	I_2	м ⁴	0,02	0,02 5	0,03	0,0 35	0,0 4	0,0 45	0,0 5	0,0 19	0,0 24	0,0 29	0,0 34	0,0 39	0,0 44	0,0 49	0,0 54	0,0 59	0,0 64
9. Відношення I_1/I_2	-	-	5,0	4,4	4,0	3,7	3,5	3,3 5	3,2	5,0	4,3 7	3,9 6	3,6 7	3,4 6	3,3 0	3,1 6	3,0	2,9 6	2,9 6
10. Добуток $I_1/I_2 \cdot l_2/l_1$	m	-	15	13,2	12	11, 1	10, 5	10, 05	9,6	15	13, 11	11, 88	11, 01	10, 38	9,9	9,4 8	9	8,8 8	8,8 8
11. Максимальн е розпірне зусилля	У	МН	9	10	11	12	13	14	15	8,5	9,5	10, 5	11, 5	12, 5	13, 5	14, 5	15, 5	16, 0	16, 5

12. Площа перетину верхньої поперечки	F ₁	м ²	0,80	0,90	0,95	1,0 5	1,1 5	1,2 5	1,3 5	0,7 5	0,8 5	0,9 2	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4 5	1,5 5
13. Момент опору перетину верхньої поперечки	W ₁	м ³	0,12	0,13 5	0,15	0,1 65	0,1 8	0,1 95	0,2 1	0,1 13	0,1 27	0,1 37	0,1 57	0,1 72	0,1 87	0,2 02	0,2 17	0,2 24	0,2 39

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
14. Площа перетину нижньої поперечки	F_3	m^2	0,59 5	0,65	0,72 5	0,7 9	0,8 6	0,9 25	0,9 9	0,5 3	0,6 2	0,6 87	0,6 5	0,8 25	0,8 92	0,9 57	1,0 17	1,0 67	1,1 27
15. Момент опору перетину нижньої поперечки	W_3	m^3	0,12	0,13 3	0,14 5	0,1 6	0,1 75	0,1 85	0,2	0,1 08	0,1 25	0,1 38	0,1 5	0,1 63	0,1 79	0,1 94	0,2 09	0,2 24	0,2 38
16. Площа перетину стійки	F_2	m^2	0,4	0,45	0,49	0,5 4	0,5 8	0,6 3	0,6 7	0,3 5	0,4 2	0,4 8	0,5 2	0,5 6	0,6	0,6 4	0,6 8	0,7 2	0,7 6
17. Момент опору перетину стійки	W_2	m^3	0,05 5	0,06	0,07	0,0 75	0,0 81	0,0 88	0,0 94	0,0 5	0,0 57	0,0 64	0,0 71	0,0 78	0,0 85	0,0 92	1,0	1,0 7	1,1 4

18. Модуль пружності матеріалу станини	E	МПа	2·10 ⁵	2·10 ⁵	2·10 ⁵	2·10 ⁵	2·10 ⁵	2·10 ⁵	2·10 ⁵	2·10 ⁵	2·10 ⁵	2·10 ⁵	2·10 ⁵	2·10 ⁵	2·10 ⁵	2·10 ⁵	2·10 ⁵	2·10 ⁵	
19. Модуль зрушення матеріалу станини	G	МПа	0,75·10 ⁵																