Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

Кафедра обробки металів тиском

Пояснювальна записка
до дипломного проекту (роботи)

рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень
(перший (бакалаврський) рівень)

на тему «Розробка режиму прокатки штаби розмірами 2,2×1050 мм із сталі 08кп у цеху гарячого прокатування»

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1369-омт-с

Іванченко Денис Сергійович
(ПІБ) (підпис)

спеціальності (напряму підготовки)

136 Металургія
(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

освітньо-професійна програма
металургія
(шифр і назва)

Керівник Ю. В. Бондаренко
(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя - 2022 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра обробки металів тиском
Рівень вищої освіти перший бакалаврський рівень
(перший (бакалаврський) рівень, другий (магістерський) рівень)
Напрям підготовки / Спеціальність 136 Металургія
(шифр і назва)
Спеціалізація _____
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма металургія
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри *ОМТ*
Ю.О. Бєлоконь

"____" _____ 20___ року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Іванченко Денис Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Розробка режиму прокатки штаби розмірами 2,2×1050 мм із сталі 08кп у цеху гарячого прокатування»
керівник проекту (роботи) Бондаренко Юлія Володимирівна, д.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від "17" 01 2022 року № 90-с
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 17.06.2022 р.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) штаба розмірами 2,2×1050 мм. Матеріал – сталь 08кп. Об'єкт – НШСГП 1680.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Реферат; Вступ; 1 Загальна частина; 2 Технологічна частина; 3 Механічна частина; 4 Охорона праці та техногенна безпека; Висновки; Література.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Презентація до 15 слайдів (Мета та завдання роботи, Схема технології виробництва штаби в цеху, Схема НШСГП, Заходи щодо зниження енергосилових параметрів прокатки та підвищення показників, Деформаційні та енергосилові параметри прокатки, Механічна частина, Охорона праці та техногенна безпека, Висновки).

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
1	Бондаренко Ю.В., доцент, д.т.н.	
2	Бондаренко Ю.В., доцент, д.т.н.	
3	Бондаренко Ю.В., доцент, д.т.н.	
4	Бондаренко Ю.В., доцент, д.т.н.	

7. Дата видачі завдання 17.02.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів дипломногопроекту (роботи)	Строк виконання етаповпроекту (роботи)	Примітка
1	Загальна частина	29.04.2022 - 11.06.2022	
2	Технологічна частина	12.05.2022 - 07.06.2022	
3	Механічна частина	17.05.2022 - 30.05.2022	
4	Охорона праці та техногенна безпека	24.05.2022 - 15.06.2022	
5	Реферат, Вступ, Висновки	07.06.2022- 08.06.2022	
6	Оформлення пояснювальної записки	15.06.2022- 18.06.2022	
7	Підготовка презентаційного матеріалу	13.06.2022- 17.06.2022	

Студент **Д.С Іванченко**
(підпис)(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) **Ю.В. Бондаренко**
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка випускної роботи бакалавра: 98 с., 16 рис., 24 табл., 45 літературних джерела.

Об'єкт дослідження – неперервний широкоштабовий стан гарячої прокатки 1680 металургійного заводу ВАТ «Запоріжсталь».

Мета роботи – розробка режиму прокатки штаби розмірами 2,2×1050 мм у цеху гарячого прокатування.

Матеріал дослідження – сталь 08кп

Метод розрахунків – стандартні методики розрахунків в прокатному виробництві. Виконаний розрахунок раціональних режимів деформації і енергосилових параметрів прокатки штаби товщиною 2,2х1050 мм зі сталі 08кп на неперервному широкоштабовому стані гарячої прокатки 1680.

Отримані результати і їх новизна – з метою зниження енергосилових параметрів прокатки та підвищення показників якості штаб у роботі пропонується збільшення швидкості в чорновій групі до 2,5 м/с. В результаті зміни температурно-швидкісного режиму прокатки у чорновій групі клітей є можливість підвищення температури кінця прокатки до 862 ºС, що дозволить зменшити показники поздовжньої різнотовщинності.

ГАРЯЧА ПРОКАТКА, ДЕФОРМАЦІЯ, КЛІТЬ, РЕЖИМ ОБТИСКУ, ПРОКАТНІ ВАЛКИ, ШВИДКІСТЬ ПРОКАТКИ, ТЕМПЕРАТУРА МЕТАЛУ, СИЛА ПРОКАТКИ, РІЗНОТОВЩИННІСТЬ, МЕТОДИЧНА ПІЧ, ОХОРОНА ПРАЦІ

ЗМІСТ

ВСТУП……7

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА……8

1.1 Характеристика цеху гарячої прокатки тонкого листу ……..…….8

1.2 Технологічний процес прокатки на НШСГП 1680 ……21

1.3 Аналіз недоліків і «вузьких місць» стану та розробка заходів щодо реконструкції ……25

1.4 Вплив температурно-швидкісних режимів деформації на процес прокатки……28

2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА……31

2.1 Причини утворення заднього кінцевого потовщення штаб ……..31

2.2 Розрахунок режиму деформації штаб на НШСГП 1680 ……..36

2.3 Зменшення потовщення задньої кінцевої ділянки за рахунок підвищення швидкості у чорновій групі…….…48

3 МЕХАНАНІЧНА ЧАСТИНА……..52

3.1 Опис устаткування і характеристика кліті НШСГП 1680 ……52

3.2 Розрахунок валка на міцність ……..61

3.3 Розрахунок на міцність станини ……..…66

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 73

4.1 Аналіз потенційно небезпечних и шкідливих чинників виробничого середовища ЦГПТЛ …….……73

4.2 Розробка заходів захисту від впливу небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища ЦГПТЛ ……...78

4.3 Заходи з електробезпеки ……..……87

4.4 Заходи з пожежної та техногенної безпеки ……..……89

4.5 Розрахунок струму, що проходить через тіло людини, при дотику до фазного проводу трифазної трьохдротової мережі з глухозаземленою нейтраллю……91

ВИСНОВКИ……....93

ЛІТЕРАТУРА…….……..94

ВСТУП

Одним з прогресивних видів прокатування є гарячекатана листова сталь, що прокатується на НШСГП. У Україні встановлено і працює два неперервні широкоштабові стани гарячого прокатування (стан 1680 в р. Запоріжжя і стан 1700 в р. Маріуполі), на яких удосконалиться технологія виробництва штаб, забезпечується отримання штабової сталі з високою якістю поперечного профілю і механічними властивостями металу.

На цих станах прокатують штаби завтовшки 1,5 – 8 мм, шириною 1000 – 1500 мм з маловуглецевих марок сталі. З неіржавіючих і легованих марок сталей прокатують також штаби завтовшки $h > 3.5$ мм і вширшки $B < 1300$ мм. Заготівкою для стану служать сляби завтовшки 120 – 160 мм, масою $G = 5,5$ т і завдовжки $l_{сл} = 4,5 – 4,7$ м прокатують штаби завтовшки $h < 2.5$ мм (1000 мм), а із сляба масою $G = 15$ т і завдовжки $l_{сл} = 9 – 9,5$м прокатують штаби завтовшки $h > 2.5$ мм [1].

НШСГП 1680” ВАТ МК „Запоріжсталь” призначений для прокатки штаб товщиною 1,5-10,0 мм, шириною 860-1520 мм в рулонах, вагою до 14 т, зі швидкістю в останній кліті стана до 9,2 м/с, що забезпечує необхідну температуру кінця прокатки штаби. Цей стан обладнаний сучасними пристроями, системами контролю і регулювання точності поперечного та подовжнього профілів перетинів. Весь процес від початку і до кінця керується обчислювальними машинами в які включені локальні системи керування окремими операціями.

Але аналіз недоліків діючої технології показує необхідність дослідження та розробки раціональних режимів для подальшого удосконалення технології виробництва гарячекатаних штаб на НШСГП 1680.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика цеху гарячої прокатки тонкого листу

Цех гарячого прокатування тонкого листу призначений для отримання товарних і передільних рулонів і листів.

В даний час на НШСГП 1680 прокатують штаби одинарної (до 8 тонн) і подвійної (до 16 тонн) маси. Основна маса металу прокатується транзитом (тобто минувши нагрів в методичних печах). Приблизно 7-10 % металу прокатується після нагріву (підігріву) в методичних печах. Сляби подвійної маси прокатуються тільки транзитом.

Для забезпечення прокатування по схемі злиток-сляб-рулон (штаб подвійної маси) виконана модернізація чорнових клітей: встановлені регульовані приводи на чорнових клітях Дуо, №3, ; №4; вертикальних клітях №1, №2, і №3, а також система автоматична перебудова механізмів району чорнових клітей.

До складу цеху входять: ділянка методичних нагрівальних печей; неперервний широкоштабовий стан 1680; ділянка підготовки валів; гаряча листовідділка, включаючи ряд агрегатів для того, щоб порізати рулони на листи.

НТЛС 1680 складається з двох груп робочих клітей. До складу чорнової групи входять: чорновий окалиноломач (кліть «ДУО»), 4 робочі кліті "кварто" і три вертикальні кліті.

До складу чистової групи входять: чистовий окалиноломач і шість робочих клітей "кварто", а також летючі ножиці 25х1700 мм для обрізання переднього кінця штаби і 28х1550 для обрізання переднього і заднього кінців підкату .

Хвостова частина стану складається з наступного устаткування: моталок (6

шт.), транспортуючих рольгангів і конвеєрів, душуючого пристрою, двох підйомний – поворотних столів.

Для нагріву (підігріву) слябів використовуються чотирьохзонні дворядні методичні рекуперативні печі з торцевою посадкою і видачею.

Печі опалюються сумішшю доменного, коксівного і природного газів, а у разі відсутності природного газу – сумішшю коксівного і доменного газів.

Повітря необхідне для горіння, підігрівається в блоковому керамічному рекуператорі об'ємом 330 м^2 до температури від 550^{0}С до 650^{0}С. Продукти горіння від всіх печей відводяться по свинях в два димарі заввишки 15 метрів.

Посадка слябів в печі виробляється поплавець з відділенням слябів різних плавок і розмірів спеціальними прокладками. Сляби сідають як в гарячому, так і в холодному стані, за винятком окремих марок низьколегованих сталей, а також всіх високолегованих і неіржавіючих сталей, які сідають в печі тільки в холодному стані.

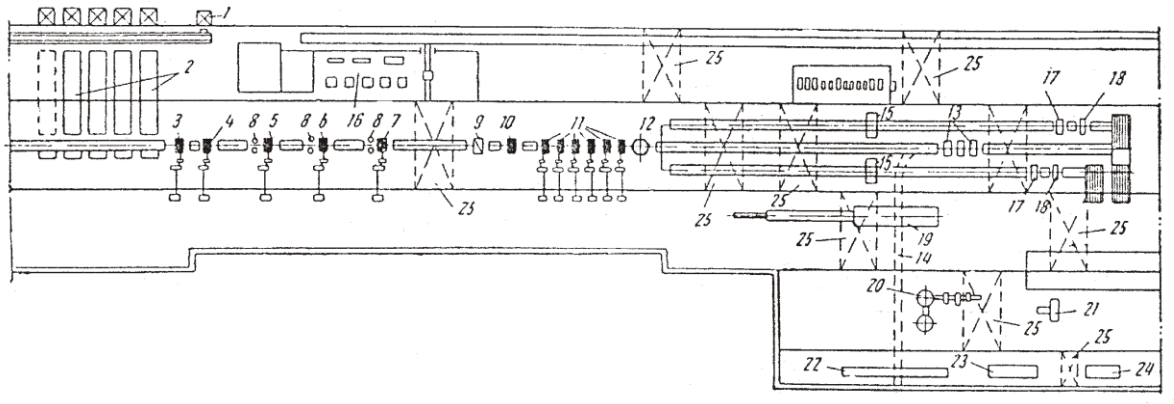
Підготовка валків до прокатування проводиться на спеціальній ділянці, включаючи 4 верстати для обдирання поверхні, огляду і ревізії подушок, а також стелажів для розбирання і збірки валків.

Гаряча листовідділка включає два агрегати поперечного різання, два агрегати подовжнього різання, агрегату періодичного труєння і інше допоміжне устаткування.

Агрегати поперечного різання призначені для того, щоб різати гарячекатані штаби в рулонах на листи завдовжки 1500-6000 мм.

Агрегати подовжнього різання призначені для отримання з рулонів шириною 1000-1500 мм товарних рулонів шириною 40-500 мм, а також для отримання заготівки для відділення гнутих профілів, пакувальної стрічки та ін.

Неперервний стан гарячого прокатування 1680, введений в експлуатацію в 1938 р., відновлений в 1947 р., в 1957 р., 2007 реконструйований. Схема розташування устаткування стану приведена на рис. 1.1.



1 – завантажувальний пристрій; 2 – нагрівальні печі; 3 – чорновий окалиноломач; 4 – чорнові чотирьохвалкові кліті; 5 – кліть з вертикальними валками; 6, 14 – летючі ножиці; 7 – чистовий окалиноломач; 8 – чистові кліті; 9 – пристрій для вимірювання товщини і ширини; 10 – моталки ; 11 – конвеєр для гарячекатаних рулонів; 12, 15, 17 – травильні машини; 13 – вальце шліфувальна майстерня; 16 – безперервна нормалізаційна піч; 18 – дресирувальна кліть; 19 – гартівна піч; 20 – лінія періодичного труїть листів; 21 – мийний агрегат; мостовий кран.

Рисунок 1.1 - Схема розташування устаткування неперервного стана гарячого прокатування 1680

На стані (рис. 1.2) прокатують із слябів листи і штаби в рулонах з напівспокійних, киплячих, нестаріючих, вуглецевих, спокійних і низьколегованих завтовшки 2,0-6,0 мм і з неіржавіючих сталей завтовшки 3,0-10,2 мм на стані також виробляють підкат для жерсті і холоднокатаної листової і штабової сталі і гнутих профілів [1].

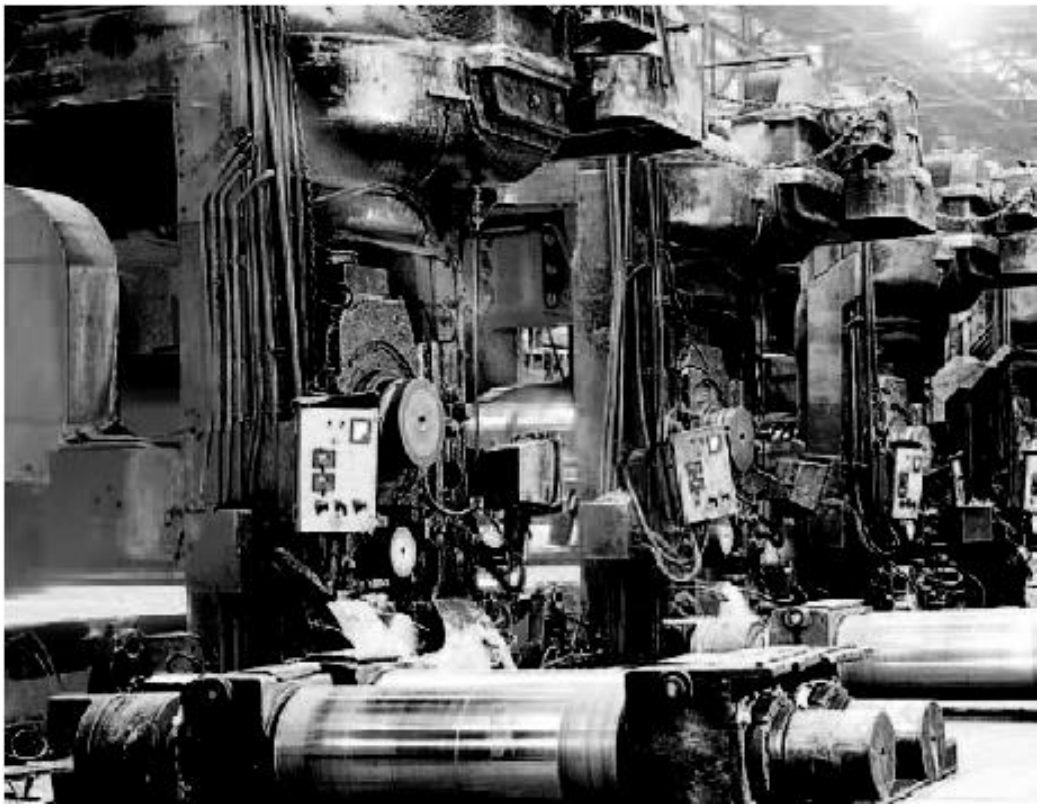


Рисунок 1.2 - Неперервний стан гарячого прокатування 1680

Неперервний тонколистовий стан 1680 складається з двох груп – чорнової і чистової.

До складу чорнової групи входять: одна двохвалкова кліть чорнової окалиноломач, чотири 4-хвалкових «кварто»(№№ 1, 2, 3 і 4) і три вертикальні (№№ 1, 2, 3) кліті (т.з. «еджери»).

До складу чистової групи входять: одна двохвалкова кліть (чистовий окалиноломач) і шість клітей (№№ 5, 6, 7, 8, 9,10), а також летючі ножиці 25х1700 мм для обрізання переднього кінця штаби (гуркоту) перед чистовою групою і 28*1550 мм для обрізання переднього і заднього кінців штаби. Характеристика устаткування стану приведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристика устаткування стану

Кліті	$i_р$	$N_{ел.дв}$, МВт	Тип двигателя	$n_{эл.дв}$, об/хв	$n_в$, об/хв	$v_{пр}$, м/с	$L_{кл}$, м
Д*[2]	23,99	1,84	ДСЗ-1810-12синхр.	500	21	0,99	-
№ 1	19,26	5,4	ДСЗ-19У-16-14 синхр.	428	22,2	1,02-1,09	6,25
№ 2	19,58	3,7	ДСЗ-1913-12 синхр.	500	25,5	1,05-1,13	21,0
№ 3	10,15	3,7	Теж	500	49,2	1,50-1,57	19,1
№ 4	7,36	3,7	- " -	500	68	2,08-2,17	25,49
№ 5	7,24	4,0/5,0	МП-6800-340 шунтовий (600/750)	270/500	37,4-69	1,16-2,2	58,77-6,19
№ 6	4,67	4,0/5,0	Теж	270/500	57,8-107	1,89-3,42	5,84
№ 7	2,75	4,0/5,0	- " -	270/500	98,2-182	3,3-5,78	5,84
№ 8	2	4,0/5,0	МП-6800-340 шунтовой (600/750)	270/500	135-250	4,16-7,93	5,84
№ 9	1,56	4,0/5,0	Теж	270/500	173-320	5,35-10,14	5,84
№ 10	1,41	4,0/5,0	- " -	270/500	191-354	5,9-11,25	5,84
Ч.О.*[3]	19,55	0,365	МП-6-500	250/750	12,9-38,6	0,396-1,23	58,77

Примітка. Станини всіх клітей закритого типу, матеріал – сталеве литво. *[1] Число електродвигунів. *[2] Двохвалкова кліть. *[3] Чистовий окалиноломач.

Система противовигину робочих валів клітей №№ 8-10 призначена для регулювання форми і профілю гарячекатаних штаб шляхом оперативної зміни активної утворюючої валків і складається з 4-х гідростанцій з насосами, трубопроводу і іншого устаткування. Зусилля противовигину в кожній кліті створюється 4-мя гідродомкратами, встановленими в нижніх подушках робочих

валків [5]. Характеристика валків стану гарячого прокатування 1680 приведена в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Характеристика валків стана гарячого прокатування «1680»

Кліті	$i_р$	$N_{ел.дв}$, МВт	Тип двигуна	$n_{ел.дв}$, об/хв	$n_в$, об/хв	$v_{пр}$, м/с	$L_{кл}$, м	*Натискний пристрій*		
								*K*1*	$N_{ел.дв}$, *кВт*	$n_{ел.дв}$, *об/хв*
Д*2	23,99	1,84	ДСЗ-1810-12синхр.	500	21	0,99	-	*2*	*9*	*900*
№ 1	19,26	5,4	ДСЗ-19У-16-14 синхр.	428	22,2	1,02-1,09	6,25	*1*	*50*	*875*
№ 2	19,58	3,7	ДСЗ-1913-12 синхр.	500	25,5	1,05-1,13	21,0	*2*	*34*	*580*
№ 3	10,15	3,7	Теж	500	49,2	1,50-1,57	19,1	*2*	*35*	*830*
№ 4	7,36	3,7	- " -	500	68	2,08-2,17	25,49	*2*	*35*	*830*
№ 5	7,24	4,0/ 5,0	МП-6800-340 шунтовий (600/750)	270/500	37,4-69	1,16-2,2	58,77-6,19	*2*	*46*	*625*
№ 6	4,67	4,0/ 5,0	Теж	270/500	57,8-107	1,89-3,42	5,84	*2*	*46*	*625*
№ 7	2,75	4,0/ 5,0	- " -	270/500	98,2-182	3,3-5,78	5,84	*2*	*46*	*625*
№ 8	2	4,0/ 5,0	МП-6800-340 шунтовий (600/750)	270/500	135-250	4,16-7,93	5,84	*2*	*46*	*625*
№ 9	1,56	4,0/ 5,0	Теж	270/500	173-320	5,35-10,14	5,84	*2*	*46*	*625*
№ 10	1,41	4,0/ 5,0	- " -	270/500	191-354	5,9-11,25	5,84	*2*	*46*	*625*
Ч.О.*3	19,55	0,365	МП-6-500	250/750	12,9-38,6	0,396-1,23	58,77	*2*	*8*	*1250*

Таблиця 1.3 – Коротка характеристика вертикальних клітей

№ кліті	Діаметр валків, мм	Потужність мотору приводу, мм	Тип двигуна	Швидкість обертання валу двигуна, об/хв	Відносний обтиск,%	Передавальне число редуктора	Швидкість обертання валків, об/хв	Швидкість прокатки, м/с
1	від 760 до 810	200	МП-6-275	від 400 до 800	1,5	37,5	від 10,7 до 21,4	від 0,42 до 0,90
2	від 760 до 810	200	МП-6-275	від 400 до 800	1	24,3	від 16,5 до 33	від 0,65 до 1,4
3	від 570 до 610	200	МП-6-275	від 400 до 800	від 0,5 до 0,75	15,3	від 26,1 до 52,3	від 0,78 до 1,67

До складу допоміжного устаткування входять: лівий і правий рольганг з шлепперним пристроєм; летючі ножиці з доданим устаткуванням для того, щоб різати гарячекатані штаби на листи, ножиці з нижнім різом; згущаючі машини №№ 1, 2 і 3, душуюча установка; моталки №№ 1-6 з кантуючими рулонів, приймальними візками, приймачами рулонів, конвейєром і крокуючою балкою до них; відвідного конвейєра; підйомно-поворотних столів; вагового рольганга з електроно-тензометричною системою зважування рулонів і приймального рольганга.

Летючі ножиці лівого і правого рольгангів; летючі ножиці призначені для різання штаб товщиною від 2 до 6 мм і вширшки від 850 до 1500 мм на листи завдовжки від 1500 до 6000 мм. летючі ножиці 25Х1700мм для обрізання переднього і заднього кінців штаби. Ножиці (рис. 1.3) розташовані перед чистовою групою. Температура розрізання штаби – не нижче 900^0С. Всі робочі кліті складаються із станини, валкової арматури, натискних і врівноважуючих пристроїв. Для обертання валків застосовується електричні двигуни, які передають обертальні рухи через редуктор на шестерінчасту кліть, з шестерінчастої кліті на шпинделя, а після чого на валки, які безпосередньо проводять прокатку металу.

Таблиця 1.4 – Характеристика робочих клітей стану

№ кліті	Потужність приводу, кВт	Число обертів валків в хв.	Діаметр робочих валків, мм	Діаметр опорних валків, мм
ГОРИЗОНТАЛЬНІ КЛІТІ				
Чорновий окалиноломач	2000	500	900	-
1	6300	428	940	1320
2	4000	500	850	1240
3	4000	500	593	1240
4	4000	500	593	1240
Чистовий окалиноломач	365	250–750	620	1240
5	4000/5000	270/500	620	1240
6	4000/5000	270/500	620	1240
7	7000	340	620	1240
8	7000	340	620	1240
9	7000	340	620	1240
10	7000	340	620	1240
ВЕРТИКАЛЬНІ КЛІТІ				
1	200	400–800	810	-
2	200	400–800	610	-
3	200	400–800	610	-

Складальна кишеня призначена для збирання в пачки листи завдовжки від 1500 до 6000 м і вширшки від 710 до 1580 мм. Не допускається укладання в

одну пачку листів із штаб різних плавок. Вага пачки листів з однієї плавки повинна бути не більш 12 тонн.

Душуюча установка призначена для прискореного охолоджування штаб. Тип охолоджування – камерне. При цьому вода з ванн верхніх секцій подається на штаби по типу «водяної завіси», а з ванн нижніх секцій – по типу «водяного стовпа».

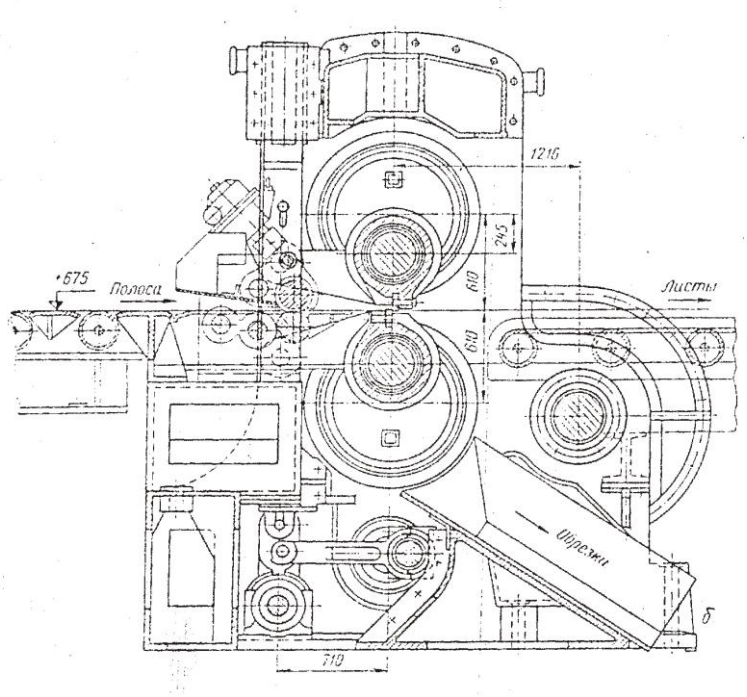


Рисунок 1.3 - Летючі ножиці

13-ти роликова правильна машина призначена для правки штаб. Швидкості правки від 1 до 2 м/с . Максимальна товщина листу для правки 3,25 мм

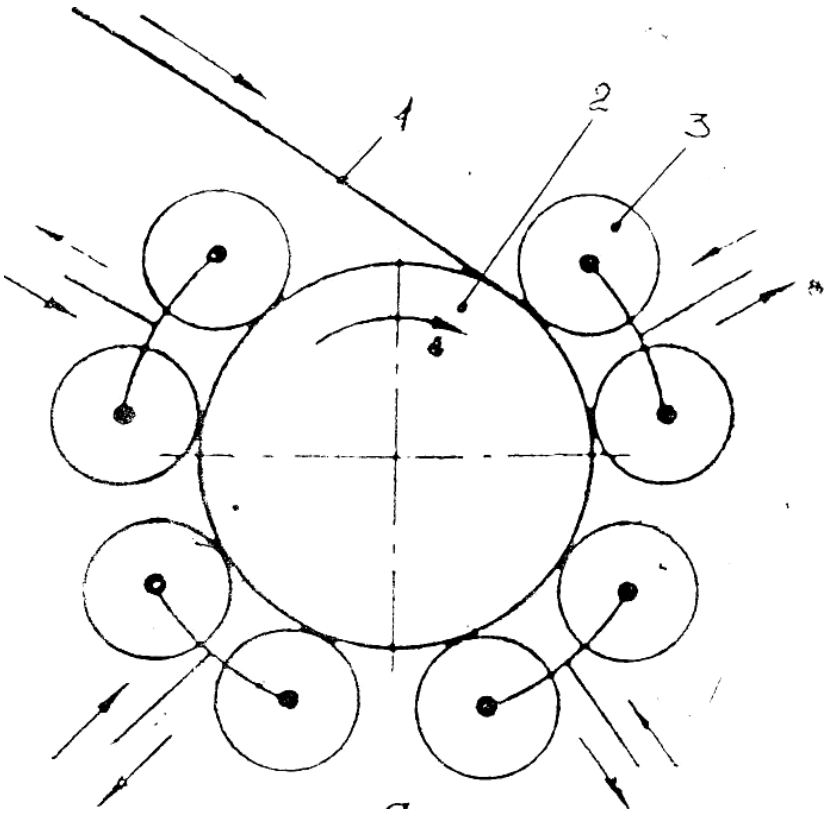
Ножиці з нижнім різом 10х1700 мм. Межа міцності розрізаючого листу не більш 65 кг/мм^2. Товщина розрізаючого листу 10,2 мм; ширина розрізаючого листу 1520 мм; число різів в хвилину 12.

Згущаючі машини №№ 1-3. Максимальна ширина змотуваної штаби рівна 1524 мм; діаметр рулонів від 752 мм до 1194 мм. Швидкість змотуваної штаби рівна швидкості штаби, що виходить з 10-й кліті. Привід роликів

індивідуальний. Приймальна частина моталок складається з двох подаючих роликів діаметром 355 мм і завдовжки 1830 мм. Штовхач – пневматичний.

Моталки (рис.1.4) № 1-3 ролико-барабанні: товщина змотуючих штаб вуглецевих сталей від 1,7 до 9,0 мм. Товщина на змотуваних штабах легованих марок сталей від 2,0 до 4,0 мм. Ширина змотуваних штаб від 720 до 1550 мм. Максимальна вага рулону 15000 кг.

Зовнішній діаметр рулону 900-1600 мм. Температура змотування штаб 500-800^{0}С. Швидкість змотування штаб 6-15м/с. Діаметр барабана–750мм. Довжина барабана - 2150 мм.



1 – штаба; 2 – барабан; 3 – формуючі ролики

Рисунок 1.4 - Схема ролико-барабаних моталок

Кантує рулонів моталок №№ 1-3: максимальна вага рулону – 15000кг; висота рулону 1530мм; діаметр-1400 мм. Час кантування з рулонів 7 секунд.

Приймальний візок моталок №№ 1-3: час переміщення від 7 до 10 секунд; кількість візків-2 штуки.

Крокуюча балка: кількість рулонів на балці - 6 штук; максимальні габарити рулону: діаметр зовнішні 1600 мм, висота 1530 мм, крок балки –1704 мм, швидкість переміщення 0,4 м/с.

Приймач рулонів конвеєра №1: час підйому і опускання по 4 секунди; максимальна вага рулону 18000 кг.

Моталки №№ 4-6 ролико-барабані: товщина змотуваної штаби від 1,8 до 6,0 мм, ширина від 600 до 1510 мм, максимальну вагу рулону-7500 кг, максимальна температура змотаної штаби 600 ^{0}C.

Кантує рулонів моталок №№ 4-6: час кантування 2,15 секунди; висота рулонів 720-1510 мм; діаметр рулонів 900-1300 мм.

Конвеєр від моталок до підйомно-поворотного столу: швидкість руху ланцюгів конвеєра від 4,5 до 9,0 м/хв; кількість ланцюгів 2 штуки.

Підйомно-поворотний стіл №1: час повороту столу на 900-7,5 секунд; вантажопідйомність столу 25 тонн; хід столу 550 мм; швидкість задачі рулону на стіл від 4,5 до 9,0 м/хв.

Підйомно-поворотний стіл №2: швидкість руху ланцюгів конвеєра від 3 до 6 м/с, число ланцюгів-2 штуки, крок ланцюга –630 мм. Час повороту столу на 900-7 секунд; вантажопідйомність столу 15 тонн; хід столу 570 мм.

Ваги призначені для автоматичного зважування рулонів з візуальним відліком ваги за шкалою циферблата і реєстрацією ваги на паперовій стрічці.

Сортамент і технічні вимоги до готової продукції НТЛС 1680

Безперервний тонколистовий стан гарячого прокатування тонкого листу 1680 призначений для прокатування штаб від 1,5 до 10,0 мм і вширшки від 900 до 1520 мм.

Штаби з низьколегованих марок сталей прокатуються шириною не більш 1250 мм. Для виконання замовлень відділення гнутих профілів з маловуглецевих марок сталей дозволяється прокатувати штаби шириною до 1400 мм.

Товщина, ширина, форма і якість поверхні гарячекатаних штаб повинні відповідати вимогам ГОСТ 19903-93, ГОСТ 4041-91, ГОСТ 16523-97, ГОСТ 14637-89, а також технічним умовам і стандартам підприємства.

При поставці прокату по ГОСТ 16523-97 на поверхні гарячекатаних прокату не повинно бути полон, порізів, міхурів, заходів, тріщин, вкатанних чужорідних і металевих частинок. Розшарування не допускаються.

Нетруєна поверхня може зберігати не відділяється шар окалини, що допускає виявлення поверхневих дефектів.

При поставці прокату по ГОСТ 14637-89 на поверхні прокату не повинно бути дрантя, крізних розривів, скориночок, а також міхурів – роздутих, гармошки. Допускаються дефекти (рябізна, ризики і інші місцеві дефекти), що не виводять прокат за граничні розміри [22].

Фактичне граничне відхилення по ширині не повинне перевищувати +20-30 мм. Відхилення від площинної штаб товщиною від 2,0 до 3,9 мм не повинні перевищувати 15 мм, а для штаб товщиною від 4,0 до 9,0 мм – 12 мм на довжині 1 м стали, що поставляється в листах.

Рисунок 1.5 - Готова рулонна продукція

Телескопічність рулонів не повинна перевищувати 100 мм для штаб завтовшки 2,0 – 2,5 мм і 70 мм для штаб завтовшки 2,6- 9,0 мм.

Різнотовщинність кромок, зміряна на відстані 5 і 40 мм від кромки, не повинна перевищувати 0,10 мм.

Різниця товщини між лівою і правою кромкою, зміряна на відстані 40 мм від кромки, не повинна перевищувати 0,06 мм.

Відхилення товщини штаб, що допускаються, від номінального значення приведені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Граничні відхилення по товщині стали, що поставляється в листах і рулонах згодне ГОСТ 19903-94

Товщина штаб, мм	Граничні відхилення по товщині стали при ширині, мм			
	Понад 750 до 1000 мм		Понад 1000 до 1530 мм	
	Підвищена точність (клас А)	Нормальна точність (клас Би)	Підвищена точність (клас А)	Нормальна точність (клас Би)
Св.1,60 до 1,80вк	±0,14	±0,17	±0,14	±0,18
Св.1,80 до 2,00вк	±0,15	±0,17	±0,16	±0,18
Св.2,00 до 2,20вк	±0,16	±0,18	±0,17	±0,19
Св.2,20 до 2,50вк	±0,17	±0,19	±0,18	±0,20
Св.2,20 до 3,00вк	±0,18	±0,20	±0,19	±0,21
Св.3,00 до 3,50вк	±0,19	±0,21	±0,20	±0,22
Св.3,50 до 3,90вк	±0,21	±0,23	±0,22	±0,24
Св.3,90 до 5,50вк	+0,15	+0,30	+0,10	+0,30
	-0,40	-0,40	-0,50	-0,50
Св.5,50 до 7,50вк	+0,10	+0,20	+0,10	+0,25
	-0,60	-0,60	-0,60	-0,60
Св.7,50до10,00вк	+0,10	+0,20	+0,20	+0,30
	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80
Св.10,00до12,00вк	+0,10	+0,20	+0,20	+0,30
	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80

Окремі технічні вимоги до готового прокату повинні відповідати стандартам і технічним умовам на конкретні види прокату.

На стані виробляється прокатування штаб, з наступних марок стали:

- киплячі, напівспокійні, спокійні (наприклад 08кп, 3сп, 10пс);
- низьколегованих (наприклад 10ХНДП, 09Г2);
- високолеговані (ЭИ712, ЭИ659, 40Х3М2ФА);
- неіржавіючі стали (наприклад 12Х18Н10Т).

1.2 Технологічний процес прокатки на НШСГП 1680

Сляб поступає безпосередньо після прокатування на слябінгу (через похилий транспортер) або з складу слябів на верхній пічний рольганг, потім в методичні печі. Нагрів ведеться до температури 1250^0С. Після чого сляб поступає на нижній пічний рольганг, далі на стан (рис. 1.6)

Рисунок 1.6 - Рух слябу по нижньому пічному рольгангу на стан гарячого прокатування 1680

Оскільки на безперервному тонколистовому стані всі 10 робочих клітей розташовані один за одним, прокатуваний метал рухається на стані суцільним потоком по одній лінії.

У чорновій групі стану розкат знаходиться одночасно тільки в одній кліті. Чорновий і чистовий окалиноломачі „зламують« окалину, яка потім віддаляється водою високого тиску. Крім того, чорновий окалиноломач як і робоча кліть, виробляє обжимання до 25%. Кліті з вертикальними валками забезпечують зняття розширення, одержуваного при деформації розкату горизонтальними валками [2].

Рисунок 1.7 - Рух штаби по клітях стану

Розкат з чорнової групи поступає на летючі ножиці для обрізання переднього і заднього кінця. Потім захоплюється валками чистової групи, а саме чистовим окалиноломачем і першою кліттю чистової групи. У чистовій групі штаба знаходиться одночасно у всіх клітях. Для забезпечення нормального процесу прокатування забезпечується рівність секундних об'ємів [3].

$$V_5*h_5*b_5= V_6*h_6*b_6\ldots\ldots V_{10}*h_{10}*b_{10};$$

Оскільки ширина штаби практично не змінюється, та рівність секундних об'ємів виконуватиметься і виглядатиме таким чином:

$$V_5*h_5= V_6*h_6……V_{10}*h_{10};$$

Таблиця 1.6 – Максимальні допускаючи обтиски по клітях чорнової групи залежно від ширини сляба

КЛІТЬ	Максимальні обжимання при плющенні вуглецевих і маловуглецевих сталей, %
	Ширина сляба 1250 мм
Дуо	25
№1	37
№2	40
№3	40
№4	40

Перед змотуванням в рулони штаба охолоджуються. Охолоджування штаб в душуючій установці. Температуру змотування штаби оператор моталок регулює шляхом включення/виключення певної кількості верхніх і нижніх ванн душуючий установки.

Змотування штаби в рулони забезпечує щільне зчеплення витків рулону один до одного з телескопічністтю в межах стандартів, технічних умов і стандартів підприємства.

Швидкість обертання роликів моталки, при змотуванні штаби, не перевищує швидкість прокатування в 10-й кліті.

Не допускається змотування штаб в рулони:

- за наявності наварів на роликах моталки;

- за відсутності води, що охолоджує ролики і барабан моталки;
- за відсутності натягнення при змотуванні;
- підстивших штаб завтовшки більше 5 мм з температурою менше 490^0С;
- за наявності складок на смузі, заломленого переднього кінця штаби, наявності на смузі сторонніх предметів;
- за наявності ударів барабана об формуючі ролики;
- при виробленні роликів, що тягнуть і формують, більше 2 мм по діаметру.

Після змотування штаби рулон виштовхується штовхачем на кантувач і далі кантується на приймальний візок.

Рисунок 1.8 - Змотування штаби в рулони

Рулон на приймальному візку транспортується до конвеєра, де за допомогою приймача рулонів встановлюється на ланцюзі конвеєра.

Рулон по транспортуючому конвеєру рухається до підйомно-поворотного столу №1. Після підйомно-поворотного столу №1 рулон, призначений для подальшого переділу в ЦГПТЛ, транспортується по поворотному конвеєру і поступає на транспортуючий конвеєр в проліт складу рулонів [4].

1.3 Аналіз недоліків і «вузьких місць» стану та розробка заходів щодо реконструкції

НШСГП 1680 був пущений в роботу в 1937 році і за час роботи потерпів як моральний збиток так і фізичний знос. У слідстві прогресу проводилась часткова, поетапна реконструкція. На даний момент часу відбувається як планування так і здійснення реконструкції на стані.

У 1994 р. на комбінаті вперше в практиці експлуатації широкоштабових прокатних станів упроваджене в промисловому масштабі «транзитне» прокатування слябів без попереднього підігріву в печах. Сьогодні за такою технологією прокатується 95 % слябів, а витрата палива понижена з 82,5 до 13,5 кг на тонну прокату.

Перехід на «транзитне» прокатування створив передумови для прямого прокатування слябів завдовжки 10-12 метрів і масою до 16 тонн. Для цього була модернізована чорнова група клітей тонколистового стану «1680» з перекладом електроприводу з змінного струму на постійний і організоване безперервне прокатування слябів в підгрупах чорнових клітей.

« Вузькі місця » на НШСГП 1680

1. Методичні печі. Габарити робочого простору печей дозволяють нагрівати сляби масою до 8 тонн. Наявність водоохолоджуваних глісажних труб приводить до зниження температури металу в місці контакту на 20 °С і більш. Глісажні труби залишають темні плями на нижній частині сляба. У слідстві цього може відбутися поломка валів, яка приведе до простою стану. На нижньому пічному рольганзі відсутня система ненаголошеної видачі слябів. Існуючі ре конструктори фізично і морально зношені і не забезпечують ефективного підігріву повітря. Відсутня система запобігання підсосам холодного повітря через вікна видачі, що приводить до охолоджування правої

кромки слябів, що знаходяться на подіне печі перед видачею. Відсутні система автоматичного управління нагрівом. Наявність не опалювальної методичної зони не дозволяє збільшити продуктивність печі, особливо при гарячому посаді слябів. Нерівномірний нагрів слябів по товщині.

2. Чорнова група. Недостатня обтискна здатність еджерних клітей. Недостатня обтискна здатність робочих клітей, що не дозволять збільшити товщину слябів. Відстань між робочими клітями не дозволяє прокатувати сляби масою більше 8 тонн без утворення безперервних підгруп. Відсутність ефективних засобів центрування розкату. Не ефективна система гідрозбиву окалини (низький тиск води: 8 – 10 атм.; застаріла конструкція сопів, не забезпечуюча рівномірну і достатню силу удару струменя; великі відстані від поверхні гуркоту до сопла: 300 – 450 мм замість 150 – 200 мм; фізичний знос устаткування). Відсутність шириноміру за чорновою групою стану.

3. Проміжний рольганг і чистова група. Відсутня система узгодження швидкостей прокатування суміжних клітей. Відсутня система контролю і регулювання натягнення штаби, що приводить до зниження точності прокату і збільшення навантажень по клітях. Конструкція редуктора кліті 10 не дозволяє збільшити швидкість прокатування більше 9,2 м/с, що приводить до низької продуктивності. При русі гуркоту по проміжному рольгангу формується значний температурний клин на вході в чистову групу стану, особливо при плющенні рулонів подвоєної маси, що погіршує умову точності прокату. Існуючі системи противовигину робочих валів на клітях 8 – 10 з – за конструктивних особливостей не дозволяють збільшити зусилля противовигину більше 90 тонн. Існуючі системи противовигину тільки в ручному режимі управління і не забезпечують оперативного регулювання площини штаб. Відсутні засоби контролю площини прокатних штаб. Недостатня жорсткість станин робочих клітей чистової групи (400 – 450 т/мм). Високий темп прокатування і існуюча система охолоджування робочих валів клітей чистової

групи обумовлює температуру валів до 80 – 90 ºС, що не дозволяє використовувати робочі валки з сучасних зносостійких матеріалів. Фізико – хімічні показники води не дозволяють використовувати сучасні високоефективні системи охолоджування і гідрозбиву. Існуючий швидкісний режим прокатування не забезпечує необхідну температуру кінця прокатування штаб завтовшки 2,7 мм і менш. При транзитному плющенні має місце нерівномірний розподіл температури по довжині гуркотів і в межах прокатуваної партії (плавки) штаб. Відсутні ефективні засоби для заощадження тепла металу прокатуваного способом транзитного прокатування. З – за відсутність системи міжклітьового охолоджування штаби виробляється зниження швидкості прокатування на 10 – 30 % для забезпечення необхідної температури кінця прокатування товстих штаб (4 – 8) мм спеціального призначення. Відсутня система механізованого перевалювання робочих клітей чистової групи, що приводить до втрат виробництва і не забезпечує рекомендовані терміни міжперевалочного періоду роботи валів. Підвищене охолоджування кромок штаб (гуркотів) при транзитному плющенні. Недостатня обтискна здатність 6 – клітьової чистової групи стану. Використовування роликових підшипників опорних валів. Використовування чавунних робочих валів недостатньої твердості (40 – 45 HRS). Недостатня довжина проміжного рольганга, що не дозволяє прокатувати сляби подвоєної маси на штаби завтовшки 2,5 мм і менш.

4. Відвідні рольганги. Велика (600 – 610 мм) відстань між роликами рольганга повинна бути (260 – 330 мм). Наявність суцільних плит (без роликів) над згущаючими машинами, що приводить до гальмування штаб і погіршення змотування штаб в рулони. Загальна довжина відвідних рольгангів значна і складає 237,5 метрів.

5. Душуюча установка. Витрата охолоджуючої води складає до 2600 $м^3$/годину, що не забезпечує необхідну температуру змотуваних штаб

завтовшки 4 – 8 мм без зниження швидкості прокатування. При необхідності максимальної витрати води забезпечується регулювання температури на задніх кінцях штаб.

6. Моталки. Конструкція моталок застаріла і не забезпечує якісного змотування штаб завтовшки менше 2 мм. Для змотування штаб різної товщини застосовуються моталки в яких зазор між роликами, що тягнуть, встановлений усереднений для штаб різної товщини, що негативно впливає на якість змотування. Після змотування на моталках рулони транспортуються у вертикальному положенні, що приводить до травмування кромок.

1.4 Вплив температурно-швидкісних режимів деформації на процес прокатки

Вдосконалення температурно-швидкісних режимів деформації є однією з важливих умов, що забезпечує найбільш повне використання виробничих потужностей сучасних агрегатів і поліпшення якості гарячекатаних штаб.

При прокатуванні на сучасних станах передній кінець штаби прокатується на заправній швидкості, величина якої обмежується стійкістю штаби при переміщенні на відводящому рольгангу і умовами її захоплення моталкою. Заправна швидкість залежить в основному від товщини штаби і не перевищує 10-11 м/с. Після захоплення штаби моталкою швидкість прокатки збільшується для забезпечення сталості температури кінця прокатки і підвищення продуктивності стану. Максимальна швидкість прокатки на сучасних широкоштабових станах досягає 23 - 25 м/с.

Істотне підвищення продуктивності безперервних станів гарячої прокатки може бути повною мірою реалізовано при дотриманні умов одержання на них штаб заданих властивостей і розмірів.

Одним з основних факторів, що впливає на якість гарячекатаної штабової сталі, є температурний режим прокатки. Зокрема структура металу і його фізико-механічні властивості в значній мірі визначаються температурою кінця прокатки. Для одержання регламентованої структури і фізико-механічних властивостей штаби необхідно закінчувати прокатку при температурі, що відповідає області однофазного аустенітного стану металу.

Підвищення температури кінця прокатки на 25 - 30 °С призводить до зменшення розміру зерна фериту на чотири бали, а границю текучості - на 20%. Стабілізація температури кінця прокатки по довжині штаби за рахунок розгону чистової групи клітей привела до практично рівномірного розподілу розмірів зерна фериту по довжині рулону. [8]

Численними дослідженнями рекомендується обмежити діапазон необхідних температур кінця прокатки для маловуглецевих сталей в межах 860-900°С. Експериментально отримані залежності границі текучості від температури кінця прокатки [21] дозволили визначити межі її зміни, в яких матеріал штаби, призначений для глибокої витяжки, має оптимальні фізико-механічні властивості: при температурі кінця прокатки 860°С величині відхилення допустимої межі плинності 13-15 МПа (1,3 - 1,5 кг/мм^2), межа зміни температури кінця прокатки складає ± (13-16 С) і ± (11-14°С).

Відомо, що температура кінця прокатки істотно залежить від швидкісного режиму роботи стану [10]. При прокатці на постійній швидкості відбувається спад температури кінця прокатки від переднього до заднього кінця штаби внаслідок визначеного перепаду температур по довжині підкату на вході в чистову групу клітей. Так, на стані „2000” НЛМЗ величина цього зниження досягає 50 °С, або 0,01 - 0,2 °С/м в перерахуванні на одиницю довжини штаб різної товщини. За даними роботи [11], зниження температури кінця прокатки по довжині штаб складає 20 – 42 °С. На стані „1700” КарМК температура кінця прокатки зменшується по довжині штаби на 20 - 50°С. Більш низький перепад

температур по довжині штаб, що прокатуються на стані гарячої прокатки „1680” комбінату "Запоріжсталь", (25 - 27°С), пов’язаний з їх малою довжиною.

При збільшенні швидкості прокатки скорочується час перебування металу в чистовій групі, і, внаслідок цього, зменшуються втрати тепла за рахунок випромінювання і конвенції в міжклітинних проміжках і при контакті з робочими валками. Крім того, збільшення швидкості прокатки сприяє підвищеному тепловиділенню в результаті пластичної формозміни за рахунок росту опору деформації металу, що прокатується [22].

.

2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Причини утворення заднього кінцевого потовщення штаб

Поздовжня разнотолщинность штаб обумовлена зміною міжвалкового зазору внаслідок дії змінної сили прокатки, модуля жорсткості кліті і штаби. При постійному значенні модуля жорсткості штаби (Мп = const) приріст товщини штаби визначається виразом [3, 4]:

$$\delta h_{П} = \Delta P_i / M_{кл},$$

де ΔP_i – різниця між великими і мінімальними силами;

$M_{кл}$ – модуль жорсткості кліті.

Модуль жорсткості кліті залежить від розмірів стану і ширини штаби і за даними [1-7] для клітей безперервних станів гарячої прокатки рівні (Мкл, МН/мм): стан 1680 - ЗМК - 3,06 ... 3,62. [3]. Приймаємо Мкл = 3,35.

Точність подовжнього профілю штаб прокатуваних на існуючих ШСГП залежить від постійності умов процесу прокатки. Будь-які зміни технологічних параметрів приводить до зміни величини зусилля прокатки, міжвалкового зазору і товщини штаби по довжині.

Для підвищення подовжньої точності штаб застосовуються різні системи автоматичного регулювання, технологічні методи і пристрої, що дозволяють певною мірою зменшити подовжню різнотовщинність. Проте повністю усунути негативний вплив температурного перепаду по довжині прокатуваної штаби, а також відсутність при прокатці кінців штаби повного натягнення не представляється можливою. Внаслідок цього товщина заднього кінця штаби

виявляється на δhп = 0,05-0,25 мм більше номінальної товщини (δhп – подовжня різнотовщинність). Подовжня різнотовщинність на решті локальних ділянок (передній кінець штаби, ділянка глісажних труб, коливання температури і механічних властивостей металу, биття валків) істотно менша (δhп = 0,02-0,12 мм).

На рис. 2.1. показані дані вимірів товщини штаб прокатаних по різних способах (1,2 – прокатка без використання ППУ, 1 – штаба з головного сляба; 2 – штаба з донного сляба; 3 – прокатка із застосуванням ППУ «Coil-box»). Характер зміни товщини пов'язаний з напрямом температурного перепаду по довжині штаби.

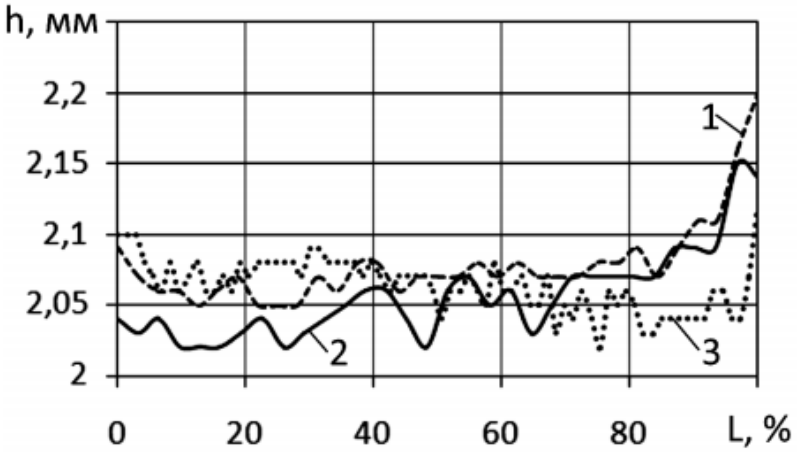


Рисунок 2.1 – Результати вимірів товщини готових штаб: 1 – штаба прокатана з головного сляба; 2 – штаба прокатана з донного сляба; 3 – прокатка із застосуванням ППУ (сляб подвійної довжини)

З рис. 2.1 також видно, що застосування ППУ повністю не усувають подовжню різнотовщинність штаби. Подовжня різнотовщинність штаб і листів – є різниця між товщиною штаби на потовщеній ділянці ($h_к$) і номінальною (мінімальною) фактичною товщиною (рис. 2.2).:

$$\delta h = h_к - h_н.$$

Температурний режим прокатки розрахований з використанням рекомендацій з робіт [1-3], зусилля прокатки, крутного моменту і потужності прокатки розраховані по моделях [4, 5], а подовжня різнотовщинність штаб визначена з використанням залежностей [6-9].

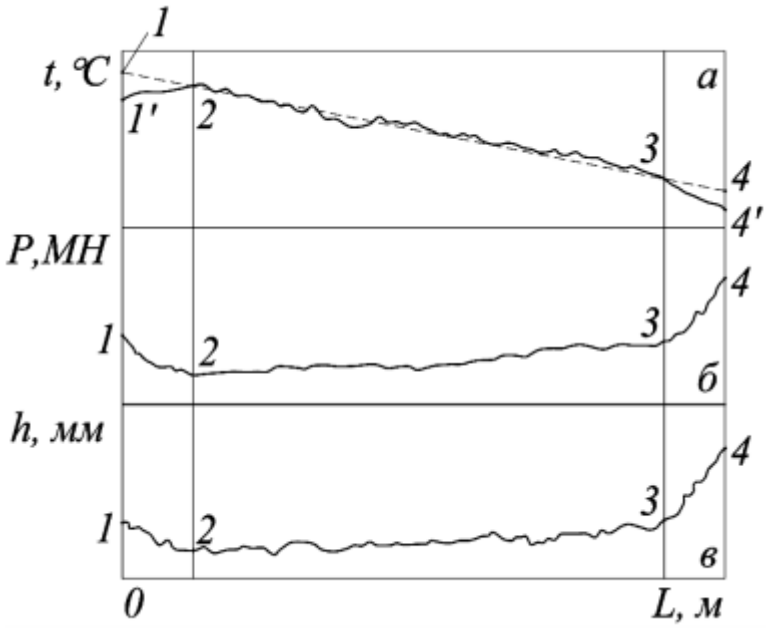


Рисунок 2.2 – Зміна температури (а), зусилля прокатки (б) і товщини (в) по довжині штаби

При теоретичному розрахунку подовжньої різнотовщинності штаби необхідно враховувати, що по її довжині одночасно змінюються товщина, температура, зусилля прокатки і модуль жорсткості штаби. Визначення фактичних (розрахункових) значень параметрів прокатки на ділянках 1, 3, 4 здійснюється шляхом використання ітераційного процесу, щодо номінальної товщини на ділянці 2 передні кінці штаби (рис 2). Приріст товщини штаби на ділянках 1, 3, 4 визначається, по виразу [9]

$$\delta h_i = \frac{P_i - P_2}{M_к + \delta M_п},$$

де Мп – модуль жорсткості штаби. Параметр δМп визначають з виразу

$$\delta M_п = M_{пi} - M_{п2},$$

де $Мп_2$ і $Мп_i$ – модулі жорсткості штаби на ділянці 2 і будь-якій іншій ділянці довжини штаби. При теоретичному розрахунку зусилля P_i і параметр визначають шляхом ітерування виразу. У першій ітерації параметр P_i розраховується виходячи з номінального значення товщини штаби h_2. У кожній подальшій ітерації товщина h_i збільшується на значення параметра і, отриманого в попередній ітерації. Розрахунок проводили до тих пір, поки різниця між параметрами δh_i^n . і δh_i^{n-1} і виявлялася рівною Δ = ± 0,003 мм. Після цього переходили до розрахунку наступної кліті. Використовуючи вищеописану модель, для умов прокатка штаби 2х1250 мм з одинарних слябів на ШСГП 1680 ВАТ МК «Запоріжсталь», розглянутий вплив на подовжню різнотовщинність:

- довжини задньої кінцевої ділянки підданого додатковому обтисканню;
- зменшення коефіцієнта тертя при прокатці заднього потовщеного кінця.

Швидкість переміщення механічних натискних пристроїв, вживаних на даному стані складає 0,13 мм/с при неодруженому русі і 0,07 мм/с при русі під навантаженням. На стані застосовують додатковий обтиск задньої кінцевої ділянки за жорсткою програмою (по продуктиметру): кліть №6 S_{d6} = 0,22 мм; кліть №7 S_{d7} = 0,34 мм; S_{d8} = 0,27 мм; S_{d9} = 0,18 мм. Це переміщення натискних пристроїв явно недостатньо для усунення подовжньої різнотовщинності. З огляду на те, що величина додаткового обтиску на даному стані обмежена низькою швидкістю переміщення натискних гвинтів, додатковий обтиск слід

виконувати на більшій довжині заднього кінця штаби в порівнянні з існуючим режимом. На рис. 3. представлені розрахункові дані по дослідженню довжини ділянки заднього кінця розкату, що додатково обжимається, на подовжню різнотовщинність на ділянці 4. Додатковий обтиск виконували на задньому кінці розкату в клітях №№ 5 – 9 стану. Час роботи натискних гвинтів, і відповідно, максимальна величина додаткового обтиску заднього кінця визначалося довжиною ділянки, що обжималася.

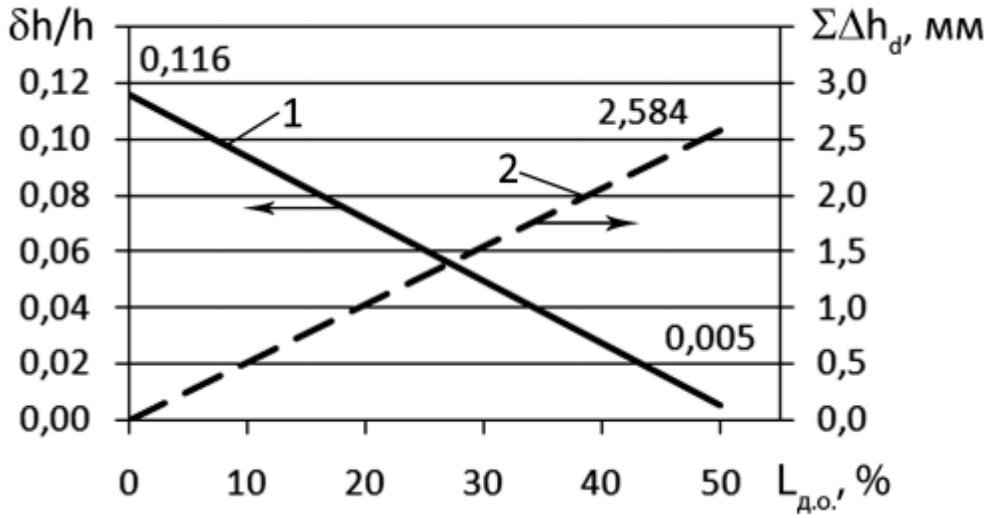


Рисунок 2.3 – Зміна величини δhп / h готової штаби (1) і сумарного додаткового обтиску $\sum \Delta h_d$ розкату в клітях №№ 5-9 (2) від довжини ділянки Lд.о, що обжимається.

Початок переміщення натискних гвинтів виконували при різних значеннях довжини Lд.о. ділянки, що додатково обжимається. З рис. 3 видно, що практично повне усунення подовжньої різнотовщинності (δhп/h = 0,005, δh = 0,011 мм) на задньому кінці спостерігається у тому випадку, коли додатковий обтиск штаби починають виконувати, починаючи з середини довжини розкату в клітях №№5-9. В цьому випадку ділянка 4 штаби отримує сумарну фактичну додаткову деформацію у вказаних клітях $\sum \Delta h_d$ = 2,58 мм.

2.2 Розрахунок режиму деформації штаб на НШСГП 1680 (швидкість в чорновій групі 1,9 м/с)

Приймаємо швидкість прокатки в кліті 4 V = 1,9 м/с, в кліті 10 V = 9,2 м/с. Єдиним безперервним процесом зв'язані кліті 2-3, 3-4, 5-10.

Визначаємо швидкість в попередніх клітях за формулою (поширення Δв = 0)

$$V_{i-1} = V_i \, h_i / h_{i-1}$$

де і – номер кліті,

$V_i \, h_i$ – відповідно швидкість прокатки та товщина штаби в попередній кліті безперервної групи.

На основі закону постійності секундних об'ємів металу (при випереджені S = const) визначаємо швидкість в попередніх клітях.

Так, для кліті 5 безперервної групи швидкість прокатки буде дорівнювати:

$$V_5 = V_6 \text{ x } h_6 / h_5 = 2{,}3 \text{ x } 8{,}79 / 14 = 1{,}45 \text{ м/с}$$

Аналогічно визначаються швидкості валків для залишених клітей. Температуру металу по клітям різних ШСГП можна визначити по теоретичним чи емпіричним формулам, які приведені в роботі [2].

При періодичної прокатки штаб в окремо розташованих клітях ШСГП 1680 падіння температури складає:

Окалиноломач – кліть 1-5 ºС; кліті 1-2 - 15 ºС; кліті 2-3 - 20ºС; кліті 3-4 - 40ºС.

При установці в чорновій групі останніх трьох клітях в виді безперервної підгрупи (відстань між клітями 10-11м) загальне падіння температур складає 30-50ºС. Зниження втрат температур проходе за рахунок зменшення часу переміщення рас кату від однієї кліті до другої. При транзитної (прямій) прокатці слябів на ШСГП 1680 температура поверхні сляба перед станом, в основному складає t = 1160-1200ºС, а після кліті 4 t_4 = 1060-1100ºС.

Розрахунок падіння температури в клітях чорнової групи.

$$\Delta t \approx 0{,}0021\ (t_{i-1} + 273 / 100)^4 \times (\tau_{i-1} / h_{i-1})$$

де t_{i-1} – температура металу в попередньому проході, ºС

τ_{i-1} – машинний час прокатки в попередньому проході та час паузи, ºС

h_{i-1} – товщина розкату, мм

Температура в послідуючому проході

$$t_1 = t_{i-1} - \Delta t_i$$

Приймаємо температуру розкату t_{i-1} = 1180 ºС, відстань між окалиноломателем та кліттю t_{i-1} = 10м, швидкість прокатки в окалиноломателі V = 1м/с.

$$\tau_{i-1} = L_{i-1} / V_{i-1}$$

$$\Delta t_1 = 0{,}0021(1180+273/100)^4\ (6{,}25/140) = 4ºС$$

В результаті охолодження сляба на гідросбиві, його температура знижується на $\Delta t_г$ = 10ºС.

$$t_1 = t_{i-1} - \Delta t_i - \Delta t_г = 1180\text{-}4\text{-}10 = 1166\ ºС$$

Для кліті 2 отримуємо:

$$\tau_2 = 20 / 1{,}05 = 19{,}05 \text{ с.}$$

$$\Delta t_2 = 0{,}0021(1166+273/100)^4 (19{,}05/95) = 18^oC$$

$$t_2 = 1166 - 18 = 1148^oC$$

Для кліті 3 отримуємо:

$$\tau_3 = 19 / 1{,}25 = 15{,}2 \text{ с.}$$

$$\Delta t_3 = 0{,}0021(1146+273/100)^4 (15{,}2/63) = 21^oC$$

$$t_3 = 1151 - 21 = 1127^oC$$

Для кліті 4 отримуємо

$$\tau_4 = 65 / 1{,}9 = 34{,}2 \text{ с.}$$

$$\Delta t_4 = 0{,}0021(1122+273/100)^4 (34{,}2/28) = 38^oC$$

$$t_4 = 1133 - 38 = 1089^oC$$

Падіння температури металу по клітям чистової групи при прокатці штаб приблизно визначається з виразу:

$$t_i = t_{пк} - \frac{(t_{пк} - t_к)}{\frac{h_{пк}}{h_к} - 1}\left(\frac{h_{пк}}{h_i} - 1\right),$$

де $t_{пр}$ – температура розкату перед кліттю чистової групи, ºС ($t_{пр}$ = 1065 ºС); h_i – товщина штаби в клітях чистової групи.

$$t_6 = 1025^oC;$$

$$t_7 = 991^oC$$

$$t_8 = 939^oC$$

$t_9 = 887^oC$

$t_{10} = 852^oC$

Результати розрахунку режиму деформації та температурно-швидкісного режиму представлені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Режим деформації штаби 2,2 × 1050 мм зі сталі 08 кп.

№ клітей	H, мм	h, мм	Δh, мм	ε, %	ν, м/с	t, °C
Чорнова група						
Дуо	165	140	25	15	0,85	1180
1	140	95	45	32	1,05	1166
2	95	63	32	34	1,25	1148
3	63	40	23	37	1,33	1127
4	40	28	12	30	1,9	1089

Розрахунок енергосилових параметрів прокатки

Визначаємо енергосилові параметри прокатки для профілю 2,2х1050 мм 08 кп за умовами доведеним у таблиці 1.

Кліть 1.

Довжина дуги контакту, фактор форми осередку деформації та швидкість деформації дорівнюють:

$$\ell d = \sqrt{R \times \Delta h}_1;$$

$$\ell d = \sqrt{470 \times 25} = 145{,}43 мм;$$

$$h_{ср} = 0{,}5\ (H + h);$$

$$h_{ср} = 0,5\ (140 + h) = 117,5 \text{ мм};$$

$$u = \frac{\nu \times \varepsilon}{\ell d};$$

$$u = \frac{1050 \times 0.32}{145,43} = 2,32\ с^{-1}$$

Межа текучості металу (сталь марки 08 пс) визначимо по величині вуглецевого еквівалента (вираження (1.27)-(1.29) з [3], в залежності від швидкості деформації та групи марки сталі по [3]. Хімічний склад, %: 0,08 C, Si 0,03, 0,37 Mn, 0,02 Gr, 0,06 Ni, а вуглецевий еквівалент дорівнює (%) [3].

$$Ni = 0,08 + 0,03 + 0,37 + 0,02 + 0,06 = 0,56.$$

Базова межа текучості по формулі з [3] дорівнює:

$$\sigma_{тб} = 80 + 25\ [1 - \{\ (5 - Ni) / 4,5\}^{1,8};$$

$$\sigma_{тб} = 80 + 25\ [1 - \{\ (5 – 0,56) / 4,5\}^{1,8} = 81\ Н/мм^2.$$

Використовуючи данні таблиці 1.5.1 одержуємо:

$$(u<10с^{-1})\ [3];$$

$$k_t = 1,66 – 1,1(t / 400 – 2)^{0,7};$$

$$k_t = 1,66 – 1,1\ (1166 / 400 – 2)^{0,7} = 0,63;$$

$$k_\varepsilon = 1 + 0,43\ [\ 1 – 6,3\ (0,5 – \varepsilon)^2];$$

$$k_\varepsilon = 1 + 0,43\ [\ 1 – 6,3\ (0,5 – 0,32)^2] = 1,34;$$

$$k_u = 0,22 + 0,072\ (7 + \ell n\ u);$$

$$k_u = 0,22 + 0,072\ (7 + \ell n\ 2,32) = 0,89.$$

Визначаємо межу текучості.

$$\sigma_т = \sigma_{т6} \cdot k_t \cdot k_\varepsilon \cdot k_u;$$

$$\sigma_т = 81 \cdot 0{,}63 \cdot 1{,}34 \cdot 0{,}89 = 60 \text{ Н/мм}^2.$$

Визначаємо середній тиск.

$$P_{ср} = \sigma_{ср}(1 + 0{,}48 \times f_n \times \ell d / h_{ср}).$$

$$f_n = f_o \times k_B \times k_T \times k_V \times k_{см} \times k_\varepsilon;$$

$$f_o = 0{,}27 - 0{,}1(1166 / 400 - 2)^2 = 0{,}19;$$

$$k_t = 1 + 0{,}43\ (1 - НSД / 65)^2;$$

$$k_t = 1 + 0{,}43\ (1 - 45/ 65)^2 = 1{,}04;$$

$$k_v = 0{,}76 + 0{,}82\ (1{,}02 - 0{,}102 \times v)^2$$

$$k_v = 0{,}76 + 0{,}82\ (1{,}02 - 0{,}102 \times 1{,}05)^2 = 1{,}44;$$

$$f = 0{,}19 \times 1{,}04 \times 1{,}44 \times 1{,}01 = 0{,}28.$$

де $k_B = 1$; $k_м = 1$; $k_{см} = 1$; $k_\varepsilon = 1{,}01$.

$$f_n = f\ (0{,}92 + 1{,}27\varepsilon);$$

$$f_n = 0{,}28 \times (0{,}92 + 1{,}27 \times 0{,}32) = 0{,}37;$$

$$p_{ср} = 1{,}15 \times 60\ (1 + 0{,}48 \times 0{,}37 \times 1{,}24) = 85 \text{ Н/мм}^2.$$

Сила прокатування по формулі

$$P = p_{ср} \times \ell d \times B_{ср};$$

$$P = 85 \times 0{,}145 \times 1{,}05 = 13{,}58 \text{ МН}.$$

Визначаємо коефіцієнт положення рівнодіючих сил Ψ.

$$\Psi = 0{,}498 + 0{,}0283 \times \ell d / h_{ср}$$

$$\Psi = 0,46$$

Крутячий момент прокатки на одному валку по формулі дорівнює:

$$M = \Psi \times \ell d \times P;$$
$$M = 0,46 \times 0,145 \times 13,58 = 0,91 \text{ МНм},$$

Момент тертя у шейках валків кліті дорівнює:

$$M_{тр1} = P \times f_n \times d_ш:$$
$$M_{тр1} = 13,58 \times 0,003 \times 0,6 = 0,02 \text{ МНм},$$

де f_n – коефіцієнт тертя в підшипниках (в підшипниках рідинного тертя f_n = 0,003); $d_ш$ – діаметр шейки ($d_ш$ = 0,6 мм).

Момент тертя у деталях головної лінії стану визначаємо з вираження

$$M_{тр2} = (1 / \eta_\Sigma - 1) \ (2M + M_{тр1});$$

де η_Σ – сумарний коефіцієнт корисної дії передачі двигун – валки (η_Σ = 0,9)

$$M_{тр2} = (1 / 0,9 - 1) \ (2 \times 0,92 + 0,02) = 0,19 \text{ МНм}.$$

Сумарний момент діючий при прокатуванні розкату дорівнює (на два валка):

$$M_{пр} = 2M + M_{тр1} + M_{тр2};$$
$$M_{пр} = 2 \times 0,91 + 0,02 + 0,19 = 2,04 \text{ МНм}:$$

Фактична потужність на валу двигуна для двох валків з формули дорівнює:

$$N_{дв} = 960 \times M \times \nu / R \times \eta;$$
$$N_{дв} = 960 \times 2,04 \times 1,05 / 0,47 \times 0,9 = 3934 \text{ кВт},$$

що не перевищує допущеної [$N_{дв} = 6300$ кВт].

Кліть 2.

Довжина дуги контакту та фактор форми $\ell d / h_{ср}$ осередку деформації доведені у таблиці 2.1.

Швидкість деформації дорівнює:

$$u = \frac{1.25 \times 10^3 \times 0.34}{114} = 3,7c^{-1};$$

Визначаємо коефіцієнт тертя:

$$f_o = 0,27 - 0,1(1150 / 400 - 2) = 0,19;$$
$$k_t = 1 + 0,43(1 - 45 / 65)^2;$$
$$k_v = 0,76 + 0,82(1,02 - 0,102 \times 1,25)^2 = 1,41;$$
$$f = 0,19 \times 1,04 \times 1,41 \times 1,02 = 0,29;$$

Показник тертя дорівнює:

$$f_n = 0,29 \times (0,92 + 1,27 \times 0,34) = 0,39;$$

Розрахунок межі текучості метала при базовому його значенні $\sigma_{тб}$ = 81 Н/мм^2

($u < 10\ с^{-1}$):

$$k_t = 1,66 – 1,1(1150 / 400 – 2)^{0,7} = 0,66;$$

$$k_\varepsilon = 1 + 0,43[\ 1- 6,3\ (0,5 – 0,34)^2]= 1,34;$$

$$k_u = 0,22 + 0,072\ (7 + \ell n\ 3,7) = 0,92.$$

$$\sigma_т = 81 \times 0,66 \times 1,34 \times 0,92 = 67\ Н/мм^2.$$

Середній тиск ($\ell d / h_{ср} > 1$)

$$p_{ср} = 1,15 \times 67\ (1 + 0,48 \times 0,38 \times 1,44) =\ 97\ Н/мм^2$$

Сила прокатки

$$P = 97 \times 0,114 \times 1,1 = 12,17\ МН$$

Коефіцієнт положення рівнодіючих сил

$$\Psi = 0,498 + 0,0283\times\ 1,44 = 0,46$$

Визначаємо крутячий момент прокатки на одному валку

$$M = 0,6 \times 0,114 \times 12,17 = 0,63;$$

2M = 1,27, що менш допустимого з таблиці 2.

Момент тертя у шейках валків кліті кварто ($d_ш$ = 480 мм).

$$M_{тр1} = 12,17 \times 0,003 \times 0,48\ (810 / 1240) = 0,02\ МНм.$$

Момент тертя у деталях головної лінії [$\eta = 0,9$]

$$M_{тр2} = 0,111\ (1,27 + 0,02) = 0,13\ МНм.$$

Сумарний момент

$$M_{пр} = 1,27 + 0,02 + 0,13 = 1,42\ МНм.$$

Момент, приведений до вала двигуна (i = 19,5)

$$Mдв = 1,42 / 19,5 = 0,07\ МНм.$$

Фактично потужність на валу двигуна для двох валків дорівнює:

$$N_{дв} = 960 \times 1,42 \times 1,25 / 0,405 \times 0,9 = 3793\ кВт.$$

Кліть 3.

$$u = \frac{1330 \times 0.37}{81,67} = 5,95c^{-1};$$

$$f_0 = 0,27 – 0,1(1133 / 400 – 2)^2 = 0,2;$$

$$k_t = 1 + 0,43\ (1 – 45 / 65)^2 = 1,04;$$

$$k_v = 0,76 + 0,82\ (1,02 – 0,102 \times 1,33)^2 = 1,4;$$

$$f = 0,2 \times 1,04 \times 1,4 \times 1,03 = 0,29;$$

$$f_n = 0,29 \times (0,92 + 1,27 \times 0,37) = 0,41;$$

$$k_t = 1,66 – 1,1\ (1133 / 400 – 2)^{0,7} = 0,69;$$

$$k_\varepsilon = 1 + 0,43\ [1 – 6,3(0,5 – 0,37)^2] = 1,38;$$

$$k_u = 0,22 + 0,072\ (7 + \ell n\ 5,95) = 0,95;$$

$$\sigma_т = 81 \times 0,69 \times 1,38 \times 0,95 = 75\ Н/мм^2.$$

$p_{ср} = 1,15 \times 75(1 + 0,48 \times 0,41 \times 1,59) = 112$ Н/мм^2;

$P = 112 \times 0,082 \times 1,1 = 10,08$ МН;

$\Psi = 0,45$;

$M = 0,45 \times 0,082 \times 10,08 = 0,37$ МНм; $2M = 0,73$ МНм;

$M_{тр1} = 10,08 \times 0,003 \times 0,0396\ (580 / 1240) = 0,02$ МНм.

$M_{тр2} = 0,111\ (0,73 + 0,02) = 0,08$ МНм.

$M_{пр} = 0,73 + 0,02 + 0,08 = 0,83$ МНм;

$M_{дв} = 0,83 / 10,15 = 0,08$ МНм (i = 10,15);

$$M_{ном} = 0,975 \frac{4000 \times 0,9}{150 \times 10^2} = 0,23; \text{МНм}$$

$n = 60 \times 1,33 \times 10,15 / 3,14 \times 0,58 = 150$ об/хв

$k_n = 0,08 / 0,23 = 0,35.$

$N_{дв} = 960 \times 0,83 \times 1,33 / 0,29 \times 0,9 = 3331$ кВт,

Кліть 4.

$$u = \frac{1900 \times 0.3}{60} = 9,58c^{-1};$$

$f_0 = 0,27 – 0,1\ (1100 / 400 – 2) = 0,21;$

$k_t = 1,04;$

$k_v = 0,76 + 0,82\ (1,02 – 0,102 \times 1,9)^2 = 1,32;$

$f = 0,21 \times 1,04 \times 1,32 \times 1 = 0,29;$

$f_n = 0,37;$

$k_t = 1,66 – 1,1\ (1100 / 400 – 2)^{0,7} = 0,76;$

$k_\varepsilon = 1 + 0,43\ [\ 1 – 6,3\ (0,5 – 0,3)^2] = 1,32;$

$k_u = 0,22 + 0,072\ (7 + \ell n\ 9,58) = 0,98;$

$\sigma_т = 81 \times 0,76 \times 1,32 \times 0,98 = 82$ Н/мм^2.

$p_{ср} = 1,15 \times 82\ (1 + 0,48 \times 0,36 \times 1,75) = 124$ Н/мм^2;

$P = 124 \times 0,060 \times 1,1 = 8,10$ МН;

$$\Psi = 0{,}45;$$

$$M = 0{,}45 \times 0{,}060 \times 8{,}08 = 0{,}22 \text{ МНм};\ \ 2M = 0{,}44 \text{ МНм};$$

$$M_{тр1} = 8{,}10 \times 0{,}003 \times 0{,}396 \times 0{,}49 = 0{,}01 \text{ МНм};$$

$$M_{тр2} = 0{,}111\ (0{,}44 + 0{,}01) = 0{,}05 \text{ МНм};$$

$$M_{пр} = 0{,}44 + 0{,}01 + 0{,}05 = 0{,}5 \text{ МНм};$$

$$M_{дв} = 0{,}5 / 7{,}36 = 0{,}07 \text{ МНм};$$

що допустимо при короткочасному навантаженні.

$$N_{дв} = 960 \times 0{,}5 \times 1{,}9 / 0{,}295 \times 0{,}9 = 2735 \text{ кВт}.$$

Результати розрахунку заносимо до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Енергосилові параметри прокатки штаб 2,2 × 1050 мм у чорновій групі клітей

№№ клітей	ℓd, мм	ℓd /$h_{ср}$	$\sigma_т$ Н/мм^2	f	$p_{ср}$, Н/мм^2	**Р МН**	**Ψ**	розрахунок для двох валків	
								$M_Σ$, мнм	N,кВт
1	145	1,24	60	0,28	85	13,58	0,46	2,04	3934
2	114	1,44	67	0,29	97	12,21	0,46	1,42	3793
3	82	1,59	75	0,29	112	10,08	0,45	0,84	3331
4	60	1,75	82	0,29	124	8,10	0,45	0,49	2735

Аналогічно розраховуємо енергосилові параметри для клітей 5-10. Результати розрахунку енергосилових параметрів представлені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Енергосилові параметри прокатки штаб 2,2×1050 мм сталь 08кп у чистовій групі клітей ї

№№ клітей	ℓd, мм	ℓd /$h_{ср}$	$\sigma_т$ Н/мм^2	f	$p_{ср}$, Н/мм^2	**Р МН**	**Ψ**	розрахунок для двох валків	
								$M_Σ$, мнм	N,кВт
5	66	3,14	99	0,34	195	**14,14**	**0,41**	0,87	3686
6	40	3,53	113	0,31	213	**9,40**	**0,4**	0,35	2367
7	32	4,45	135	0,28	270	**9,47**	**0,37**	0,27	2862
8	25	5,48	168	0,24	345	**9,40**	**0,34**	0,19	3276
9	17	5,6	190	0,21	351	**6,62**	**0,34**	0,1	2253
10	11	4,58	177	0,19	278	**3,35**	**0,37**	0,04	986

2.3 Зменшення потовщення задньої кінцевої ділянки за рахунок підвищення швидкості у чорновій групі

Результати параметрів прокатки штаби 2,5х1100 мм при різній температурі заднього кінця представлені у таблиці 2.1.

У першій частині таблиці 2.7 приведені параметри прокатки заднього кінця проміжного розкату в серійному режимі, тобто при його температурі рівною 980 ºС. Товщина готової штаби заднього кінця прийнята рівною 2,5 мм. Як випливає з таблиці. 2.7, коефіцієнт тертя, у міру зменшення товщини штаби, істотно зменшується унаслідок превалюючого впливу швидкості прокатки, що збільшується.

Таблиця 2.7 – Параметри прокатки штаби 2,2х1050 мм з проміжного підкату НПР = 24 мм при різній температурі заднього кінця (для клітей 5-10)

Номер кліті	h, мм	f	$p_{ср}$, Н/мм^2	P, Мн	$M_П$, МН/мм	$t_н$, °С	$\delta h_П$, мм
5	14,80	0,355	226	15,8	1,43	980	-
6	8,50	0,315	269	14,1	2,31	958	-
7	5,50	0,278	300	11,8	3,49	941	-
8	3,70	0,233	338	10,6	5,33	919	-
9	2,90	0,214	288	6,2	6,50	898	-
10	2,50	0,189	250	3,9	7,88	867	0
10	2,48	0,188	249	3,8	7,90	1000	-0,02
10	2,43	0,187	244	3,7	7,80	1020	-0,07
10	2,38	0,185	237	3,5	7,40	1050	-0,12

Примітка: tн – початкова температура проміжного розкату

При прийнятому режимі деформації сила прокатки зменшується від кліті до кліті, а модуль жорсткості штаби зростає від 1,43 до 7,88 МН/мм. При додатковому нагріві внутрішніх витків проміжного розкату до температури 1000, 1020 і 1050 °С, сила прокатки і модуль жорсткості штаби знижуються, що обумовлює зменшення приросту товщини задньої кінцевої ділянки готової штаби на - (0,02.0,12) мм (останні три рядки в таблиці. 2.1).

Таким чином, для зменшення приросту товщини задньої кінцевої ділянки готової штаби необхідно підвищити температуру прокатуваної штаби перед чистовою групою, що можливо здійснити за рахунок підвищення швидкості прокатки у останніх клітях чорнової групи.

В даний час на деяких широкоштабових станах гарячого прокатка застосовується технологічне мастило. Застосування мастила знижує коефіцієнт тертя, середня нормальна контактна напруга, зусилля прокатка і, отже, міжвалковий розчин. Застосування мастила в клітях №№ 7-10 при плющенні потовщених ділянок штаби дозволить понизити подовжню різнотовщинність. У другій частині розрахунку розглядається вплив зміни коефіцієнта тертя при

прокатці задньої кінцевої ділянки 4 на подовжню різнотовщинність штаби. На рис. 2.4 показані розрахункові дані по зміні відносній подовжній різнотовщинності готової штаби залежно від коефіцієнта kсм що враховує [5] вплив на коефіцієнт тертя типу вживаного технологічного мастила. Розрахункові величини параметрів прокатка для базового варіанту дані в таблиці. У першому випадку розрахунок проводили для умов застосування мастила на задньому кінці штаби в трьох клітях чистової групи (пряма 1), а в другому – в чотирьох (пряма 2).

Таблиця 2.8 - Основні параметри прокатка ділянки 2 (рис. 2.2) штаби 2х1250 мм

Параметр	Кліть 5	Кліть 6	Кліть 7	Кліть 8	Кліть 9	Кліть 10
H, мм	20,00	13,00	8,20	5,05	3,35	2,45
h, мм	13,00	8,20	5,05	3,35	2,45	2,00
Δh, мм	7,00	4,80	3,15	1,70	0,90	0,45
v, м/с	1,44	2,47	3,81	5,78	7,72	8,96
$t_{ср}$, °С	958	942	931	920	902	876
f	0,363	0,333	0,295	0,244	0,210	0,194
$M_п$, МН/мм	1,81	2,66	4,31	6,49	9,04	12,05
P, МН	14,71	14,36	14,67	11,91	8,92	6,16

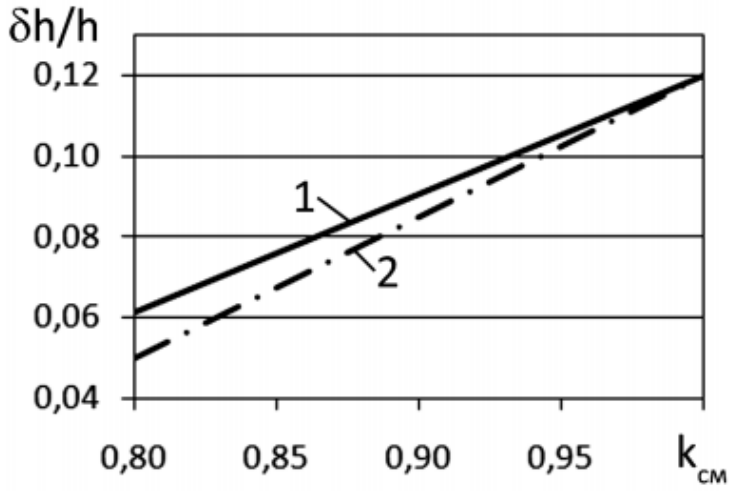


Рисунок 2.4 – Залежність відносної подовжньої різнотовщинності готової штаби для умов прокатка на ШСГП 1680 від коефіцієнта kсм [5]: 1-при використанні мастила в клітях 8-10; 2- в клітях 7- 10

За даними [5], якщо як технологічне мастило застосовується вода коефіцієнт kсм = 1, подовжня різнотовщинність для даного випадку розрахунку склала δhп = 0,232 мм. Для емульсії з ПХМ (полімеризоване бавовняне масло) kсм = 0,8, подовжня разнотолщинность в даному випадку (при використанні мастила в клітях №№7-10 – крива 2) склала δhп = 0,1 мм.

3 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Опис устаткування і характеристика кліті НШСГП 1680

Основним робочим інструментом кожного стану є валки в робочих клітях. Привід валків здійснюється від електродвигуна через проміжні передавальні механізми і пристрої. Механізми і пристрої, призначені для передачі обертання валким і сприйняття, виникаючих при пластичній деформації металу зусиль і моментів, що крутять, складають головну лінію кліті (рис. 3.1)

Устаткування, що входять в головну лінію, складається з робочої кліті 1, передавальних механізмів 2, 4, 5, 6, 7 і головного електродвигуна 3.

Робоча кліть складається з двох масивних литих сталевих станин 12, встановлених на плитовині 13, прикріпленими до фундаменту болтами 14.

У станинах змонтовані подушки з підшипниками і валкими 9, 10 11, а так само пристрій для переміщення верхнього валка по висоті і його осьовій фіксації. Передавальні механізми і пристрої залежно від призначення і конструкції прокатного стану можуть бути різними.

На НШСГП 1680 привід робочих валків здійснюється від одного електродвигуна через шестерінчасту кліть 4 з передавальними числами $\boldsymbol{i = 1}$: в цьому випадку між електродвигунами і робочою сумішшю в одну лінію розташовані моторна муфта 6, шестерінчаста кліть 4 і універсальні шпінделі 2 з пристроєм для урівноваження 8.

Якщо швидкість електродвигуна не співпадає із швидкістю обертання валків, то в лінії приводу валків встановлюють редуктор 5 і муфту 7.

Головного електродвигуна прокатного стану використовують як двигуни спеціального типа з повітряним охолоджуванням, що продувається; для станів з постійною швидкістю прокатування (чорнових клітей безперервних станів)

застосовують синхронні електродвигуни, постійного струму потужністю *5 – 7 тис. кВт*.

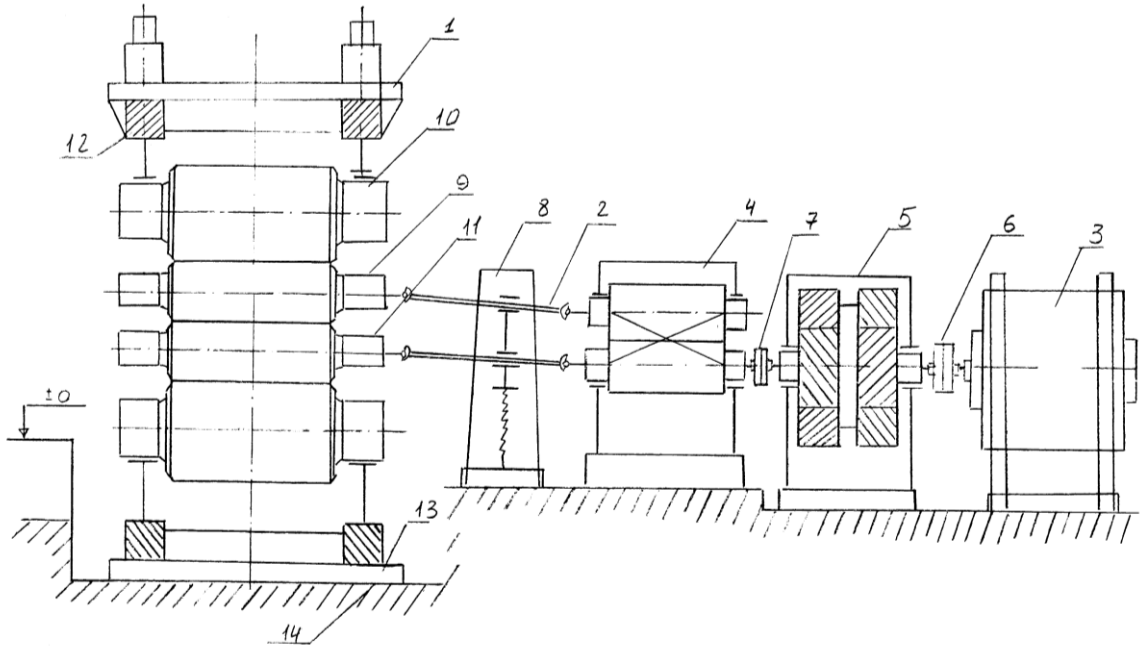


Рисунок 3.1 – Схема головної лінії робочої кліті

Кліть кварто використовують в листо - і штабапрокатних станах. Ці кліті по габаритах і масі більші, ніж кліті дуо. Пояснюється це тим, що у вікнах станин необхідно вбудовувати валковые вузли з чотирьох валків, при цьому діаметр бочок валків, наприклад опорних дорівнюють на деяких станах – *2000 – 2500 мм.* Це означає, що вікна станин рівні *2000 – 2500 мм.*

Валки прокатних станів виконують основну операцію прокатування, пластичну деформацію металу. В процесі деформації валки, що обертаються, сприймають тиск, що виникають при обтисканні металу і передають цей тиск на підшипники [13].

Валок складається з декількох елементів (рис. 3.2), бочки діаметром D і завдовжки L яка при плющенні безпосередньо стикається з прокатуваним металом; шийок (діаметром d і завдовжки l), розташованих з обох сторін бочки і що спираються на підшипники, і кінцевих частин.

Основні розміри валків – їх діаметр і довжину бочки вибирають на підставі практичних даних (залежно від типу і призначення прокатного стану) і уточнюють відповідним теоретичним аналізом з урахуванням міцності валків на вигин і допустимого прогину при плющенні.

При гарячому плющенні використовують сталеві або чавунні валки з достатньо хорошою якістю поверхні.

Валки що володіють достатньою міцністю і жорсткістю забезпечують отримання листів з якісною поверхнею і з мінімальними допусками на різнотовщиність штаби по ширині.

Для прокатних станів розрізняють найбільш раціональні співвідношення між завдовжки бочки валків і її діаметром

	L/D
Обтискові стани	*2,2 ч 2,7*
Сортові стани	*1,6 ч 2,5*
Товсто листові стани	*2,2 ч 2,8*
Стани кварто:	
Робочі валки	*3 ч 5*
Опорні валки	*1,5 ч 2,5*

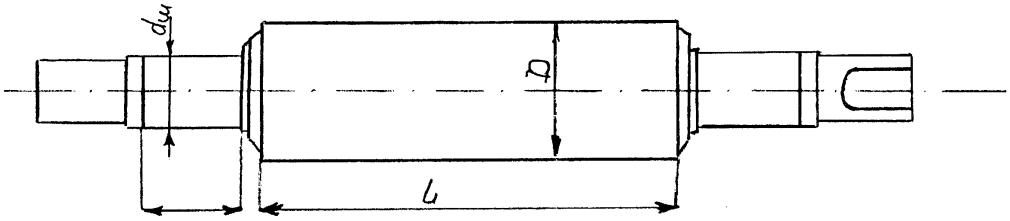


Рисунок 3.2 – Робочий валок клітей 3 – 10 БШСГП 1680

Валки працюють в умовах безперервного зношування їх металом при плющенні, випробовуючи великі напруги при динамічних навантаженнях і що різко змінюються температурою. Тому до якості валків пред'являються

підвищені вимоги, оскільки вони визначають нормальну роботу стану, його продуктивність і якість готового прокату.

Для станів гарячого прокатування застосовують валки з об'ємного чавуну із сталей марок 50Х І 50ХН. Великі опорні валки доцільно виготовляти складеним бандажем: матеріал осі сталь марок 50Х, 60ХН, 45ХНМ. Що добре чинять опір вигину: матеріал бандажа сталь марок 9Х2, 90ХФ, що володіє високою твердістю і зносостійкістю – після термообробки.

При заданому діаметрі валків прокатного стану діаметр шийок валків визначають, виходячи з умови міцності їх.

Для прокатних станів, валки які встановлені на підшипниках рідинного тертя або роликових, визначаються не тільки умовою міцності її але і габаритами цих підшипників [14].

Отже, для розміщення підшипників валків при даному діаметрі шийки валків конструкційно залишається дуже мало місця. Крім того зважаючи на, обмежених розмірів шийок валків в підшипниках валків доводиться допускати надзвичайно великий питомий тиск. З – за обмеження розмірів шийки валка і підшипників, а також великих навантажень при плющенні до конструкції підшипникових вузлів прокатних станів пред'являють особливі вимоги.

Підшипники прокатних станів можна розділити на дві групи: ковзання і кочення. Підшипники ковзання конструктивно виконують двох видів: відкритими і закритими, підшипники кочення застосовують роликовими, з конічними і рідше з сферичними циліндровими роликами.

Підшипники кочення, застосовують на стані гарячого прокатування 1680. Підшипники кочення так само широко застосовують для валків станів кварто гарячіше і холодного прокатування листів. Ці підшипники виключно роликові з конічними роликами (дворядні і чотирирядні), оскільки способи сприймати великі осьові навантаження.

На кожній шийці робочого валка встановлений чотирирядний конічний підшипник. Мастило підшипників здійснюється від централізованої системи густого мастила.

На рис. 3.3 показаний загальний вид опорного валка. Чотирирядний підшипник закріплений в подушці зовнішнім упором 1 і внутрішнім кільцем розпору 2. Кільце, розпору, 2 притискається до внутрішнього кільця роликопідшипника іншим кільцем 3 нагвинчує на півкільця 4 укріплені в розточуванні на кінці валка.

Для оберігання підшипника від пилу з обох боків в подушці передбачені ущільнювачі.

Для полегшення монтажу і демонтажу підшипникового вузла і підвищення міцності шийки робочого валка станів кварто застосовують роликові конічні підшипники з внутрішніми конусними отворами.

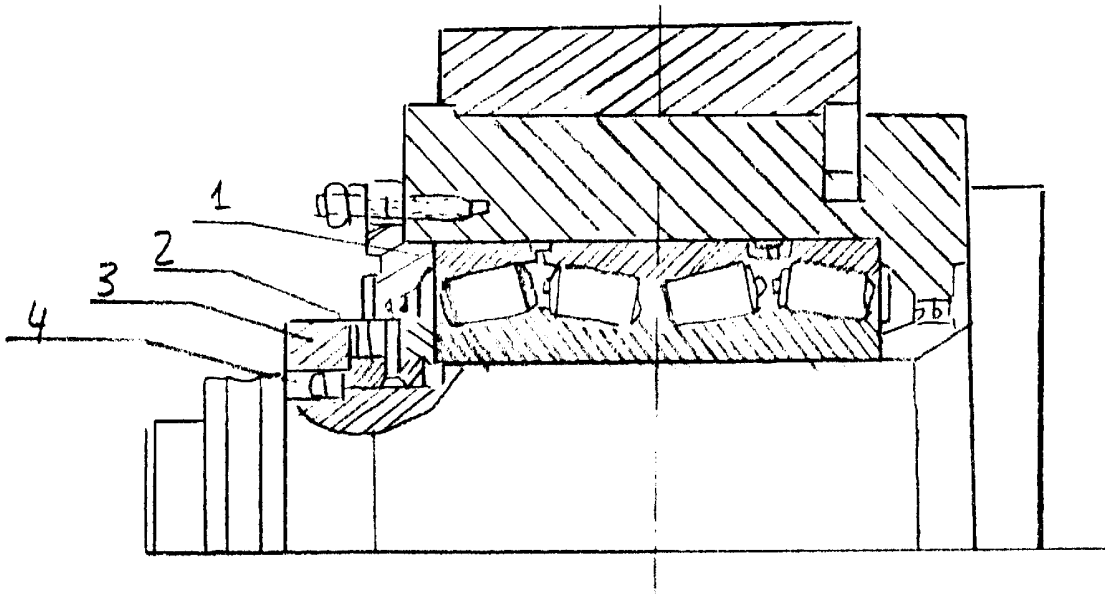


Рисунок 3.3 – Установка опорного валка на роликових конічних підшипниках

Так на валки в слідстві зносу необхідно часто міняти і перешліфовувати на стані, то з метою зручності монтажа роликові підшипники звичайно встановлюють з посадочним зазором. При установці підшипника його внутрішній отвір і шийку валка змащують. Проте при роботі внутрішні кільця підшипника провертаються, що приводить до задирак і зносу посадочних поверхонь, особливо шийок валка.

Установка валків у вертикальній площині на більшості станів здійснюється за допомогою спеціального механізму з нажимными гвинтами.

На всіх листових, штабових і обтискових станів положення нижнього валка з подушками в робочій кліті постійно. Тому розчин між валкими регулюється переміщенням за допомогою натискного пристрою тільки верхнього валка.

На станах кварто, що прокатують довгі штаби, для отримання заданої товщини штаби коректування обтискання здійснюється на ходу, тому нажимной механізм верхнього валка повинен бути розрахований на подолання повного зусилля, що діє на валки в процесі прокатування.

На станах кварто, де прокатуються тонкі штаби, швидкість переміщення верхнього валка обмежується необхідною точністю установки валків в певному положенні, тому ця швидкість повинна бути невеликою (на тонколистових станах вона складає *~ 0,1 мм/сек*).

Крім того, швидкість переміщення натискних гвинтів залежить також від довжини шляху, який повинен пройти нажимной гвинт при установці валка.

З метою можливого скорочення пауз при плющенні швидкість переміщення нажимных гвинтів приймаємо більше.

На практиці застосовують наступні швидкості переміщення (установки) верхнього валка, *мм/сек.*

На блюмінгах великих і середніх.....100 ч 250

На блюмінгах малих ..... 50 ч 100

На слябінгах.....100 ч 150

На середні і товсто листових.....5 ч 25

На станах дуо і тріо..... …….2 ч 5

Тонколистових.....0,05 ч 1,0

Багато валковых станах..... …….0,005 ч 0,01

На блюмінгах, слябінгах і тонколистових станах переміщення верхнього валка відбувається після кожного пропуску металу через валки, тому з метою скорочення паузи між проходами застосовують швидкохідні натискні механізми.

У кожного натискного пристрою немає циферблату на самій станині і положення валків контролюється сельсин – датчиками, передавальні імпульс на сельсин мотор, встановлений на пульті управління і забезпечений дисками з цифровими діленнями.

Натискний гвинт сприймає зусилля на валки при прокатці, що доводяться на одну шийку валка, і передає його через натискну гайку станині. Поверхні тертя натискного гвинта надана сферична форма для кращої саме установки подушки з підшипниками на осі натискного гвинта.

Гайка натискних гвинтів – найбільш швидкозношувальні деталі. Їх виготовляють з литої бронзи марок АЖ9 – 4 і АЖМц 10 – 3 – 1,5.

Для економії натискні гайки роблять складеними, зовнішні бандажі виготовляють з високоміцного чавуну.

Практично встановлено, що при рідкому мастилі натискної пари гвинт – гайка, знос їх різьблення в 1,5 – 2 рази менше, ніж при густій.

Для запобігання провертанню в розточуванні станини гайку кріплять знизу за допомогою торцевих планок.

Натискний гвинт обертається маточиною шестерні або черв'ячного колеса.

Цей профіль різьблення (як більш інший) застосовують для натискних гвинтів і гайок для тонколистових станів, які при плющенні сприймають вельми великі зусилля.

У всіх робочих клітях передбачені спеціальні пристрої для урівноваження верхнього валка і його подушок. За допомогою таких пристроїв подушки верхнього валка завжди щільно притиснуті до торців нажимных гвинтів і зазори в з'єднаннях шийки валка з нажимной гайкою не утворюється.

Для урівноваження верхнього валка з подушками застосовують пристрої вантажні, гідравлічні і пружинні.

Гідравлічне урівноваження застосовують як при великому ході верхнього валка (на обтискових станах), так і при невеликому розчині валків (на станах кварто). Цей пристрій працює безшумно і без поштовхів, має невеликі габарити і легко керовано при роботі стану. Недоліком цієї системи є те, що для живлення циліндрів урівноваження необхідно насосний – акумуляторна .

На стані гарячого прокатування 1680 урівноваження валків (робочих, опорних) здійснюється за допомогою гідравлічних плунжерів, розташованих між подушками опорних і робочих валків. Виключенням є кліть дуо, на якій урівноваження валків здійснюється при допомозі траверси на яку спирається верхній валок. Траверсу сполучена з гідроциліндром. Сам гідроциліндр встановлений зверху кліті дуо.

Гідравлічні циліндри для плунжерів вмонтовані в самих подушках валків.

Високий тиск в гідравлічних циліндрах створюється спеціальними вантажним акумулятором рис. 3.4, встановленим поблизу від робочої кліті стану. Необхідна маса вантажу у вантажному акумуляторі значно менше маси врівноважуваних деталей, тобто діаметр плунжера гідравлічного циліндра.

Для заповнення втрат масла в системі, в слідстві його витоку через ущільнення, акумуляторну систему забезпечують насосом. Заповнення масла здійснюється при розвантаженій системі.

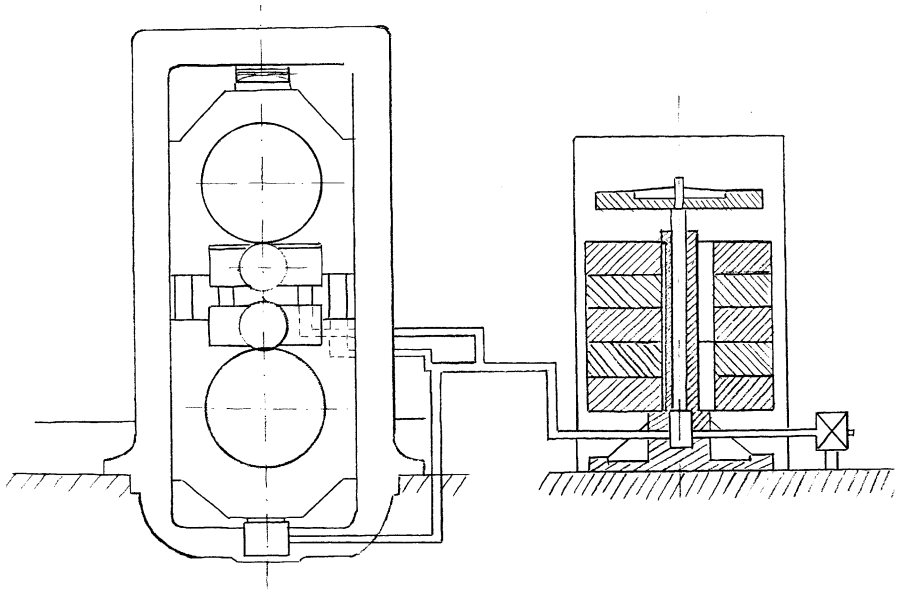


Рисунок 3.4 – Схема гідравлічного урівноваження верхніх опорного і робочого валків

Станини робочої кліті – найвідповідальніші деталі прокатного стану. У них вмонтовують подушки валків, а також інші пристрої і механізми, що забезпечують задану точність прокатування і продуктивність стану. Весь тиск металу на валки, що виникають при плющенні, сприймається станинами [15].

Тому при конструюванні і виготовленні станин особлива увага приділяється їх міцності і жорсткості.

По конструкції станини ділять на дві групи: закритого і відкритого типа.

Станини закритого типа є литою масивною жорсткою рамою; у середині її зроблено вікно для установки в ньому подушок валків; внизу станина має приливи (лапи). У приливах передбачені отвори для болтів, якими станини кріплять до плитовинам.

Станини закритого типа, як міцніші і жорсткіші, застосовують в робочих клітях блюмінгів, слябінгів, тонколистових станів гарячіше і холодного прокатування і іноді і сортових станів, заготівок.

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

Верхню і нижню частині називають поперечиною, а бічні – стійками. Перетин стійок роблять звичайно двотавровим або прямокутним. Стійки прямокутного перетину легше у відливанні, в слідстві чого частіше використовують стійки цього перетину для станів кварто.

Перетин стійок станини прямокутної форми, сполучені між собою трaвереамі внизу і вгорі. З внутрішньої сторони стійок станини прикріплені планки, напрямних, для подушок форми валків. Маси кожної станини складає *130 т.* Загальна маса станин в зборі з плита винами і траверсами складає *312 т* [16]..

У верхній поперечині станин зроблені розточування для установки бронзових гайок нажимных гвинтів.

Діаметр болтів, що скріпляють станини з плитовинами і плитовини з фундаментом, звичайно визначають із співвідношення $d = (0.09 \div 0.15)D + 10,$ *де* D - діаметр робочих валків.

3.2 Розрахунок валка на міцність

Розраховуємо на міцність валки кліті кварто безперервного тонколистового стану гарячої прокатки “1680”. Згідно з розрахунками максимальна сила прокатки дорівнює Р = 13,7 МН у першій кліті чорнової групи. Розрахункова схема валків приведена на рисунку 3.5 [26]. Розміри валків приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Основні розміри валків кліті кварто безперервного стану гарячої прокатки 1680

Валки	Діаметр валків, мм		Довжина бочки, $l_б$, мм.	Довжина шийки, $l_ш$, мм.	Діаметр шийки, $d_ш$, мм.
	D_{max} мм.	D_{min} мм.			
Робочий	940	880	1680	1025	660
Опорний	1320	1245	1680	1320	750

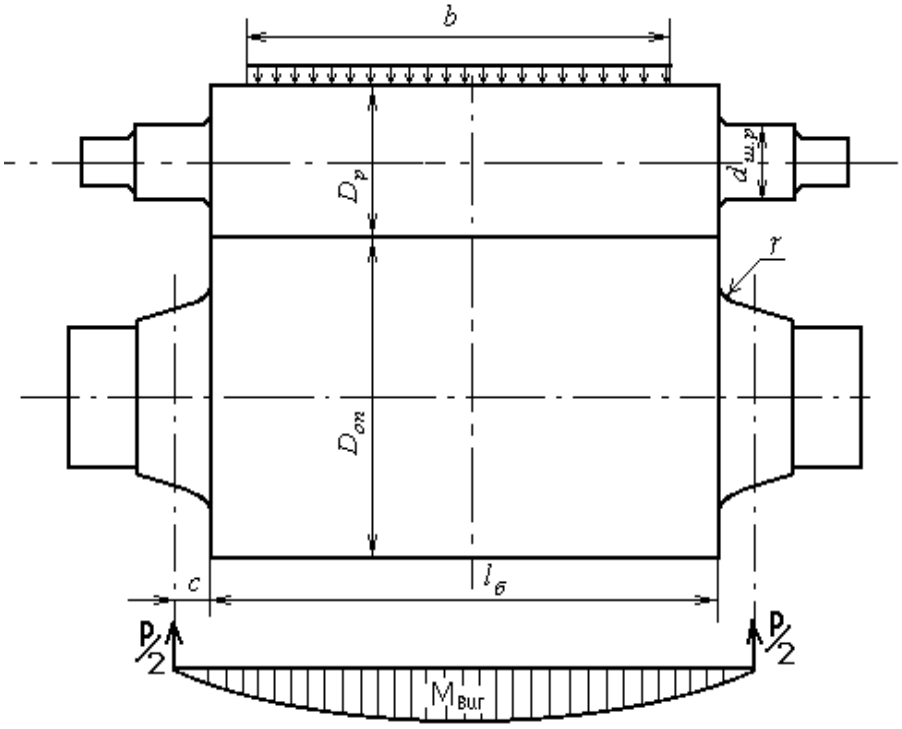


Рисунок 3.5 – Розрахункова схема валків кліті кварто

Визначаємо розподіл зусилля між робочим і опорним валками по формулі:

$$\left(\frac{D_{оп}}{D_p}\right)^4 = \left(\frac{1320}{940}\right)^4 = 3{,}89;$$

$$P_p = \frac{P}{1+\left(\frac{D_{оп}}{D_p}\right)^4} = \frac{13{,}7}{1+3{,}89} = 2{,}8МН;$$

$$P_{оп} = P - P_р = 13,7 - 2,8 = 10,9 МН.$$

Таким чином, робочі валки сприймають тиск:

$$\frac{2,8}{13,7} = 0,204(20,4\%).$$

Максимальний згинальний момент:

$$M_р = \frac{P_р \cdot a}{8} = \frac{2,8 \cdot (1,68 + 1,025)}{8} = 0,95 МН \cdot м.$$

Максимальний згинальний момент від різниці горизонтальних натягів штаби (для одного валка):

$$M_Т = \frac{1}{2} \cdot \frac{T}{4}\left(a' - \frac{b}{2}\right) = \frac{1}{2} \cdot \frac{0,2}{4}\left(2,705 - \frac{1,1}{2}\right) = 0,054 МН \cdot м,$$

де b - ширина штаби (1100 мм).

Результуючий згинальний момент по середині бочки робочого валка

$$M_{раб} = \sqrt{M_р^{\,2} + M_Т^{\,2}} = \sqrt{0,95^2 + 0,054^2} = 0,952 МН \cdot м.$$

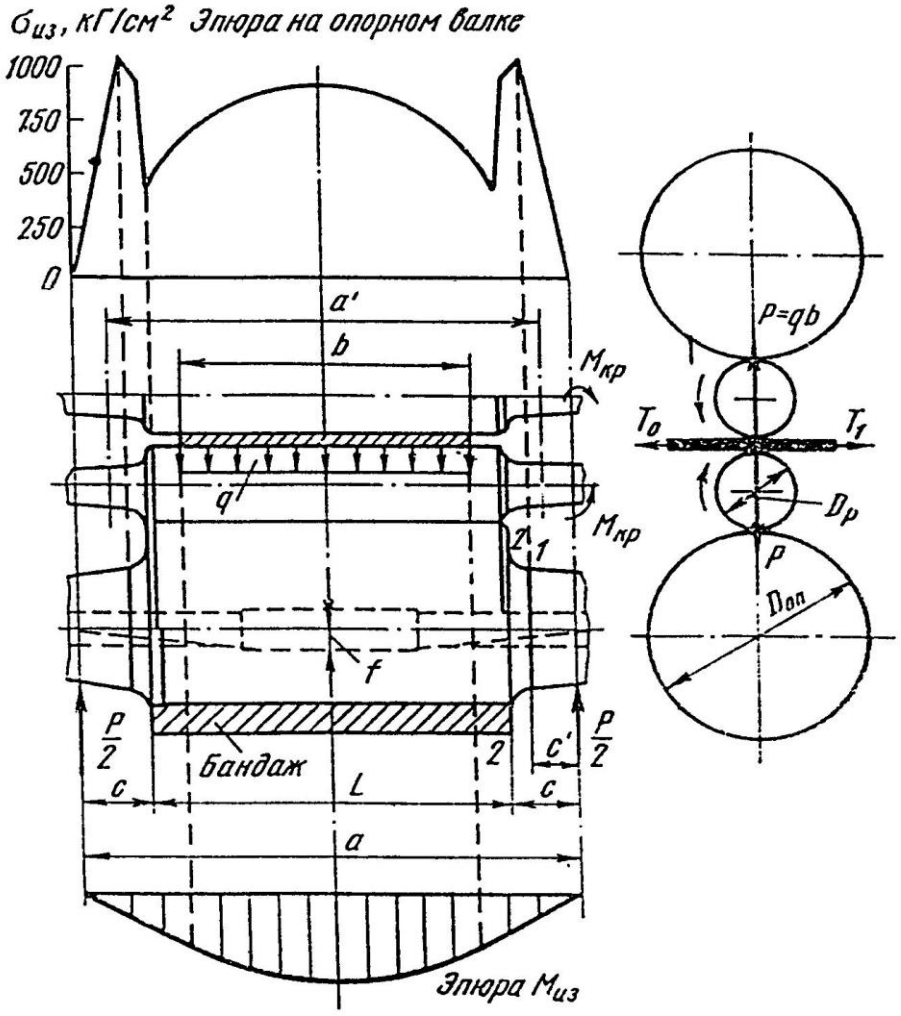


Рисунок 3.6 - До розрахунку валків чотирьохвалкового стана

Максимальна напруга вигину посередині бочки валка:

$$\sigma = \frac{M_{раб}}{0{,}1D_p^{\,3}} = \frac{952 \cdot 10^3 \cdot 10^3}{0{,}1 \cdot 940^3} = 11{,}46 H/мм^2 .$$

$\sigma_в$ = 500 – 600 Н, n = 5 – запас міцності

$$[\sigma] = \frac{\sigma_в}{n} = \frac{550}{5} = 110 \text{ Н/мм}^2$$

$[\sigma]$ – допустиме напруження, $[\sigma]$ = 110 Н/мм^2. Розрахунок показав, що напруження вигину бочки робочого валка не перевищує допустимих показників.

Напруги в опорному валку

Максимальний згинальний момент і напруга по середині бочки, при вигині:

$$M_{оп} = \frac{P_{оп}}{4}\left(a - \frac{b}{2}\right) = \frac{10{,}9}{4}\left(3{,}0 - \frac{1{,}1}{2}\right) = 6{,}68 МН \cdot м,$$

$$\sigma = \frac{M_{оп}}{0{,}1 D_{оп}^{\ 3}} = \frac{6{,}68}{0{,}1 \cdot 1{,}32^3} = 29 Н / мм^2.$$

Напруга вигину в перетині 1-1:

$$\sigma = \frac{P/2 \cdot C}{0{,}1 d^3} = \frac{(10{,}9/2 \cdot 0{,}51)}{0{,}1 \cdot 0{,}66^3} = 97 Н / мм^2$$

у перетині 2-2:

$$\sigma = \frac{(10{,}9/2) \cdot 0{,}66}{0{,}1 \cdot 0{,}75^3} = 85 Н / мм^2$$

Коефіцієнт запасу міцності в небезпечному перерізі:

$$n = \frac{[\sigma_ф]}{\sigma} = \frac{550}{97} = 5{,}67 \rangle [n] = 5,$$

тому розрахунок валка на витривалість не робимо.

3.3 Розрахунок на міцність станини

Розраховуємо на міцність станину безперервного стану гарячої прокатки 1680 (рисунок 3.2), тип станини закритий, матеріал станини ст.35л, $[\sigma_в] = 500 \div 600 Н/мм^2$, допустимі напруження приймають рівними:

Побудова нейтральної лінії станини [14, 17, 26].

Ордината центру тяжіння вибраних перетинів стійки та поперечок дорівнює $Y_C = \frac{S}{F}$, де S – статичний момент перетину відносно умовної вісі, F – площа перетину.

Перетин А–А (рисунок 3.2) – верхньої поперечки

Площа перетину:

$$F_A = F_1 + F_2 - F_3 - F_4 - F_5 - F_6 - F_7 \qquad (3.12)$$

$$F_1 = h_1 \cdot b_1 = 1145 \cdot 1950 = 2232750 \text{ мм}^2$$

$$F_2 = h_2 \cdot b_2 = 175 \cdot 570 = 99750 \text{ мм}^2$$

$$F_3 = h_3 \cdot b_3 = 175 \cdot 560 = 98000 \text{ мм}^2$$

$$F_4 = \frac{b_3 + b_4}{2} \cdot h_4 = \frac{560 + 440}{2} \cdot 100 = 50000 \text{ мм}^2$$

$$F_5 = h_5 \cdot b_5 = 235 \cdot 440 = 103400 \text{ мм}^2$$

$$F_6 = h_6 \cdot b_6 = 460 \cdot 670 = 308200 \text{ мм}^2$$

$$F_A = 1573400 \text{ мм}^2.$$

$$A = \frac{3600 \cdot G}{\tau_п + \tau_м} \cdot \frac{k_1}{k_2}, \text{ мм}^3 \qquad (3.13)$$

$$S_i = F_i \cdot c_i, \text{ мм}^3 \qquad (3.14)$$

$$S_A = 2232750 \cdot 572{,}5 - 99750 \cdot 1057{,}5 - 98000 \cdot 882{,}5 - 50000 \cdot 745 - $$
$$- 103400 \cdot 577{,}5 - 308200 \cdot 230 = 918429250 \quad мм^3$$

Ордината центру тяжіння

$$Y_A = \frac{S_A}{F_A}, \quad \text{мм} \tag{3.15}$$

$$Y_A = \frac{918429250}{1573400} = 584 мм$$

Перетин Б–Б (рис. 3.3) – стійки станини.

Площина перетину:

$$F_Б = h \cdot b, \text{ мм}^2 \tag{3.16}$$

$$F_Б = 740 \cdot 620 = 458800 \text{ мм}^2$$

Статичний момент відносно вісі Y–Y

$$S_Б = F_Б \cdot c_Б, \text{ мм}^3 \tag{3.17}$$

$$S_Б = 458800 \cdot 310 = 142228000 \text{ мм}^3$$

Абсциса центру тяжіння $X_c = 310$ мм.

Знаючи положення центрів тяжіння перетинів, будуємо нейтральні лінії поперечок та стійок, з'єднуємо їх та отримуємо таким чином жорстку раму, навантажену вертикальними силами $P_{макс}$ [14].

$$l_1 = 1320 + 2 \cdot 310 = 1940 \text{ мм};$$

$$l_2 = 4715 + 584 + (990 - 468) = 5821 мм$$

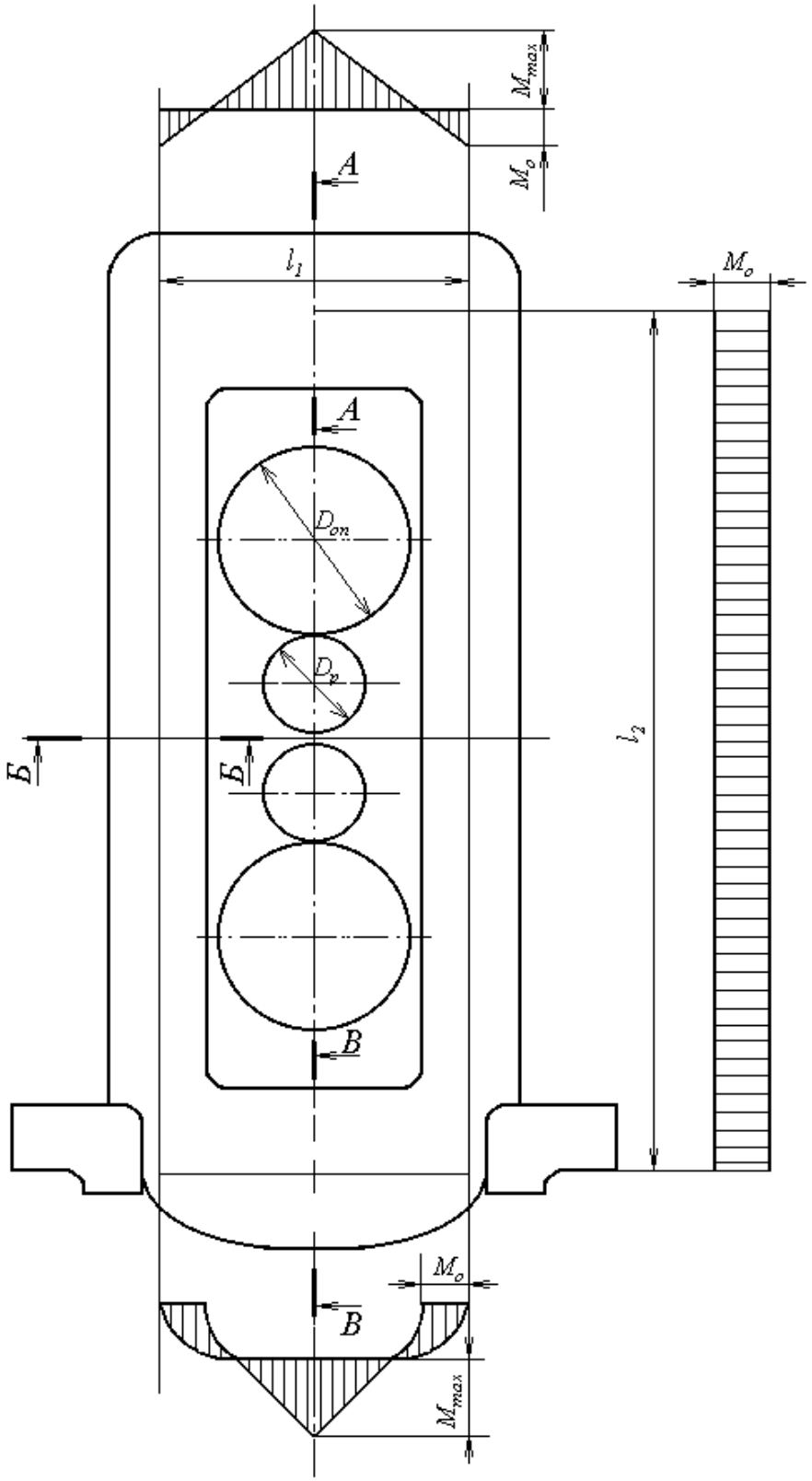


Рисунок 3.7 – Станина БШС 1680. Статичний момент перетину відносно вісі Х–Х

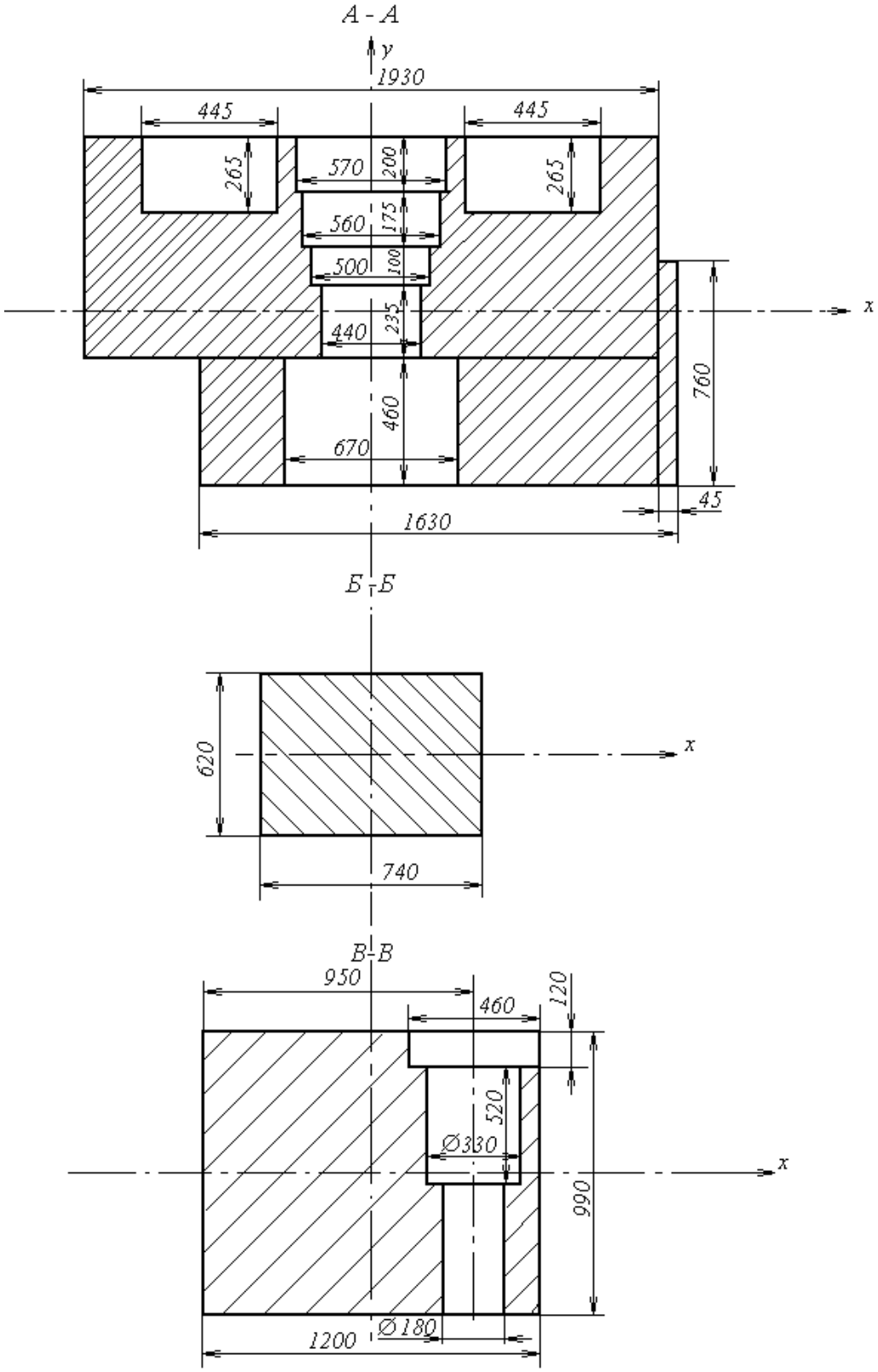


Рисунок 3.8 – Перетини станини

Моменти інерції перетинів відносно вісей, що проходять крізь центри тяжіння:

Верхньої поперечки:

$$I_A = I_1 - I_2 - I_3 - I_4 - I_5 - I_6 \text{ , мм}^4 \quad (3.18)$$

$$I_i = \frac{b_i \cdot h_i^3}{12} + a_i^2 \cdot F_i, \quad (3.19)$$

де h_i, b_i – відповідні розміри перетину;

a_i – відстань від центру тяжіння перетину до центру тяжіння елементу;

F_i – відповідна площина перетину.

$$I_1 = \frac{b_1 \cdot h_1^3}{12} + a_1^2 \cdot F_1 = \frac{1950 \cdot 1145^3}{12} + 11{,}5^2 \cdot 2232750 = 24{,}4 \cdot 10^{10} \text{ мм}^4$$

$$I_2 = \frac{b_2 \cdot h_2^3}{12} + a_2^2 \cdot F_2 = \frac{570 \cdot 175^3}{12} + 485^2 \cdot 99750 = 2{,}4 \cdot 10^{10} \text{ мм}^4$$

$$I_3 = \frac{b_3 \cdot h_3^3}{12} + a_3^2 \cdot F_3 = \frac{560 \cdot 175^3}{12} + 310^2 \cdot 98000 = 0{,}97 \cdot 10^{10} \text{ мм}^4$$

$$I_4 = \frac{b_4 \cdot h_4^3}{12} + a_4^2 \cdot F_4 = \frac{440 \cdot 100^3}{12} + 172{,}5^2 \cdot 50000 = 0{,}15 \cdot 10^{10} \text{ мм}^4$$

$$I_5 = \frac{b_5 \cdot h_5^3}{12} + a_5^2 \cdot F_5 = \frac{440 \cdot 235^3}{12} + 5^2 \cdot 103400 = 0{,}48 \cdot 10^{10} \text{ мм}^4$$

$$I_6 = \frac{b_6 \cdot h_6^3}{12} + a_6^2 \cdot F_6 = \frac{670 \cdot 460^3}{12} + 342{,}5^2 \cdot 308200 = 4{,}2 \cdot 10^{10} \text{ мм}^4$$

$$I_A = 162 \cdot 10^9 \text{ мм}^4$$

Стійки станини:

$$I_Б = \frac{b \cdot h^3}{12}, \text{мм}^4 \quad (3.20)$$

$$I_Б = \frac{740 \cdot 620^3}{12} = 14.7 \cdot 10^9 \text{мм}^4$$

Моменти опору перетин

$$W_i = \frac{I_i}{Y_i}, \text{ мм}^3 \quad (3.21)$$

$$W_A = \frac{I_A}{Y_A} = \frac{162 \cdot 10^9}{584} = 27{,}8 \cdot 10^7 \text{ мм}^3$$

$$W_Б = \frac{I_Б}{Y_Б} = \frac{14{,}7 \cdot 10^9}{310} = 4{,}74 \cdot 10^7 \text{ мм}^3$$

Розрахунок згинаючих моментів

Статично невизначений момент:

$$M_{0.A} = \frac{P \cdot l_1}{8} \cdot \frac{1}{1 + \frac{l_2}{l_1} \cdot \frac{I_A}{I_Б}}, \text{ Н·мм} \quad (3.22)$$

$$M_{0.A} = \frac{13{,}7 \cdot 10^6 \cdot 1940}{8} \cdot \frac{1}{1 + \frac{5821}{1940} \cdot \frac{162 \cdot 10^9}{14.7 \cdot 10^9}} = 97{,}7 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Максимальний момент в середині поперечині

$$M_{A\,max} = \frac{P \cdot l_1}{4} - M_{0.A}, \text{ Н·мм} \quad (3.23)$$

$$M_{A\,max} = \frac{13{,}7 \cdot 10^6 \cdot 1940}{4} - 97{,}7 \cdot 10^6 = 6{,}5 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Максимальне напруження в небезпечних перетинах

а) в середині поперечки

$$\sigma_A = \frac{M_{A\,max}}{W_A},\ Н/мм^2 \qquad (3.24)$$

$$\sigma_A = \frac{6{,}5 \cdot 10^9}{27{,}8 \cdot 10^7} = 23{,}4\ Н/мм^2$$

Напруження в середині поперечки входять в діапазон допустимих напружень $[\sigma]_п = 50 Н/мм^2$, тому вимоги міцності виповнюються.

б) в стійці на внутрішнім волокні

$$\sigma_Б = \frac{P}{2 \cdot F_Б} + \frac{M_{0.\,max}}{W_Б},\ Н/мм^2 \qquad (3.25)$$

$$\sigma_B = \frac{13{,}7 \cdot 10^6}{2 \cdot 458800} + \frac{154 \cdot 10^6}{4.74 \cdot 10^7} = 18{,}1\ Н/мм^2$$

$$\sigma_Б \le [\sigma]_{ст} = 40 \div 50\ Н/мм^2$$

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Аналіз потенційно небезпечних и шкідливих чинників виробничого середовища ЦГПТЛ

На тонколистовому стані постійно або тимчасово діючими небезпечними і шкідливими виробничими чинниками, що чинить різний вплив на організм, є: рухомі машини і механізми, запиленість і загазованість повітря, вібрація, шум, підвищена температура, промислові гази та ін.

Ділянка стану складається з методичних печей, нижнього і верхнього пічного рольганга, за допомогою яких сляб подається в лінію стану й транспортується до чорнової групи клітей, а потім до чистової групи клітей стану і, нарешті, до змотувача.

Виділення пилу і окалини на ділянці стана НТЛС 1680 виникає при розвантаженні слябів з методичних печей, при проходженні слябів під окаліноломачами, при прокатці слябів у клітях чорнової і чистової груп стана.

Якісний склад пилу наведено в таблиці 4.1.

Ступінь впливу пилу на організм людини залежить від її фізико-хімічних властивостей, токсичності, концентрації, дисперсності.

При вдиханні запиленого повітря частина пилових частинок виводиться з організму.

Це обумовлено захисними рефлексами (чханням, кашлем). Інша частина пилових частинок проникає вглиб легенів, викликаючи роздратування з'єднувальних тканей, сполучних тканин, тобто розвивається пневмоконіоз.

У ЦГПТЛ багато основних і допоміжних технологічних операцій супроводжуються виділенням значних кількостей пилу. Вміст різних елементів у пилу пропорційно хімічним складом прокатуваної сталі. Пил містить: 73,96%

Fe; 0,1%C; 0,51%Mn; 0,39%S; 25,04%O_2.

Таблиця 4.1 - Якісний склад пилу при прокатці

Найменування	Вміст (%)
Оксиди заліза	55,6 – 96,4
Оксиди кальцію	3 – 16,4
Оксиди магнію	1,3 – 1,6
Оксиди марганцю	0,4 – 3
Кремнезем	5,4 – 19
Вільний вуглець	1,5 – 4

Частинки пилу прокатного виробництва мають форму нерівномірних гранул, як правило, з одним або кількома гострими краями. Пил, що утворюється при прокатці і обробці металу, негативно впливає на організм людини. Медичні спостереження показують, що особи, які постійно працюють в атмосфері, яка містить зважений металевий пил, більш схильні до захворювання грипом, бронхітом, гострим захворюванням верхніх дихальних шляхів і запаленням легенів.

Пил, переважно фіброгенної дії, становить за фактом 22 мг/м ^{3}, в той час як, при нормативних значеннях 4,0 мг/м ^{3}. Перевищення ГДК пилу від норми становить більше 5,5 разів і відноситься до 3 ступеня шкідливості характеру праці [39].

Іншим фактором прокатного стану, що характеризує санітарно-гігієнічні умови праці оператора в цеху, є загазованість. Наявність різних газів в атмосфері прокатного цеху обумовлено порушеннями технологічного режиму, несправністю і недосконалістю устаткування. До основних джерел виділення шкідливих газів відносяться нагрівальні пристрої, прокатні стани, ріжучі механізми та інше технологічне обладнання.

У прольотах прокатних станів, на ділянках різання і складування металу, крім технологічних газів, в атмосферу надходить значна кількість газів, що утворюються при згорянні мастильних матеріалів (вуглекислий газ (CO_2), вуглець оксид (CO), сірчистий ангідрит (SO_2)).

Склад газу по карті умов праці: ангідрит хромовий - 0,011 мг/м^3, марганцю оксиди (аерозоль) - 0,190 мг/м^3, вуглецю оксид - 22,2 мг/м^3 [38].

У процесі прокатки виділяється значна кількість тепла, випромінюваного нагрітими заготовками та обладнанням стана. Велика кількість теплового випромінювання має місце на робочих місцях біля нагрівальних печей, у прокатних станів, на ділянках ножиць, а також у штабелів гарячого металу на складах готової продукції. Наявність численних источників теплового випромінювання вимагає дотримання спеціальних заходів щодо створення на цих ділянках нормальних санітарно-гігієнічних умов.

Інфрачервоне випромінювання від нагрівальних печей, нагрітого металу становить 2950 Вт/м² при нормативних значеннях 140 Вт/м². Перевищення допустимої норми інфракрасного випромінювання становить 2810 Вт/м² і відноситься до 3 ступеня шкідливості характеру праці.

Багато технологічних операцій прокатного виробництва супроводжуються утворенням шумів низької та високої частоти. Гучними шумами, рівень яких значно перевищує допустимі санітарні норми, супроводжується транспортування металу по рольгангах, прокатка на стані, різка на ножицях.

Шум, вироблений від прокатки металу прокатним станом, рольгангами, ножицями та іншими приладами становить, 98дБА при нормативних значеннях 80 дБА. Перевищення шуму на 18 дБА відносить цей вид шкідливого впливу також до 3 ступеня шкідливості характеру праці [41].

Окремі ручні операції в прокатних цехах сполучені з шкідливим впливом вібрації на організм людини. Особливо небезпечні в цьому відношенні ручна

дефектів вад на поверхні металу пневматичними зубилами, наждачна зачистка поверхні, ручне таврування металу за допомогою пневмоінструменту.

Істотне значення для санітарно-гігієнічної характеристики прокатного виробництва мають метеорологічні умови в цеху. Метеорологічні умови в ЦГПТЛ визначаються температурою, вологістю і рухливістю повітря. Температура повітря на гарячих ділянках прокатного цеху значно перевищує температуру зовнішнього повітря.

Рухливість повітря також впливає на самопочуття людини. У холодний період року у виробничих приміщеннях прокатного цеху оптимальна швидкість руху повітря приймається рівною 0,3-0,5 м/с. У літній час допускається швидкість руху повітря 0,3-1 м/с. Проблема створення нормальних метеорологічних умов праці в прокатному цеху вирішується в комплексі із заходами щодо зменшення тепловиділень за допомогою аерації, застосування припливно-витяжної вентиляції і кондиціонування повітря.

Дана оцінка факторів виробничого середовища трудового процесу. Розроблено карту умов праці (таблиця 4.2), для основної професії - оператора стана «1680».

Аналіз карти умов праці показав, що оператор відноситься до важкої категорії робіт.

Згідно з даними карти умов праці робітник має право на пільгову пенсію, на додаткову відпустку, профілактичне харчування.

Так як в цеху проводиться гаряча прокатка, то і в холодний, і в теплий період року температура повітря вище норми. Окалина, що відлітає і осколки від гарячих злитків, вібрація, виділення парів води, шум, пил, а також фізичні фактори, зливки, що рухаються з великою швидкістю і ударами - все це є шкідливими чинниками.

На підставі проведеного аналізу пропонуються заходи щодо зменшення та виключенню цих шкідливих факторів.

Таблиця 4.2 - Оцінка факторів виробничого середовища і трудового процесу оператора стана

№ з/п	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Нормо-тивне значен-ня (ПДК, ПДУ)	Фактичне значення	III клас - шкідливі і небезпечні умови і характер праці			Час дії фактор, за зміну %
				1 ст.	2 ст.	3 ст.	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м^3: I клас небезпеки - ангідрит хромовий	0,010	0,011	1,1р			86,3
	II клас небезпеки, - оксиди марганцю (аерозоль)	0,050	0,190		3,8р		86,3
	III - IV клас небезпеки - вуглецю оксид	20,0	22,2	1,11р			86,3
2	Пил переважно фіброгенної дії, мг/м^3	4,0	22			5,5р	90
3	Вібрація (загальна і локальна), дБ	92	99			7	90
4	Шум, дБА	80	98			18	90
8	Мікроклімат у приміщенні: теплий період	13-19	32			13	90
	- температура повітря, ^{0}C	0,5	0,24				90
	- швидкість руху повітря, м/с	75	50				90
	- відносна вологість, %						
	- інфрачервоне випромінювання, Вт/м^2	140	2950			2810	90
10	Важкість і напруженість праці	Категорія важкості - важка III Напруженість праці - напружена					
11	Загальна оцінка умов праці			2	1	5	

4.2 Розробка заходів захисту від впливу небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища ЦГПТЛ

4.2.1 Вентиляція і кондиціювання повітря

Для створення сприятливих умов робочим, зайнятих на гарячих роботах, а також для зниження температури, в закритих приміщеннях необхідно охолоджувати повітря у відповідних установках. Найбільш простим методом охолодження повітря є, його охолодження в камерах в результаті випаровування рециркулюючої води. Випаровування водяного пилу викликає охолодження повітря, засмоктуваного в камеру вентилятором. Витрата води, що йде на випаровування, в стічному резервуарі поповнюється за допомогою поплавкового клапана від водопровідної мережі.

При температурі охолоджуваного повітря близько 20-30 °С в повітряноохолоджуючих камерах випаровуванням рециркулюючої води охолоджують повітря на 6 – 8 °С, а при температурі повітря близько 35-40 °С на 10-15 °С [44].

Для найбільшого охолодження повітря, що подається на пости керування прокатними станами, що подають рольгангами, ножицями і пилами гарячого різання або для обдування робочих місць, застосовуються спеціальні кондиціонери, що дозволяють подавати повітря з початковою температурою близько 13-15°С, що забезпечує температуру повітря в приміщеннях пультів керування або на робочих місцях біля 20-22 ° С. При цьому температура холодоносія становить 6-8°С [43].

На постах управління прокатного стану застосовують охолоджене повітря спеціальних кондиціонерів з холодильними установками компресорного типу. В якості хладоагента найчастіше застосовується фреон.

Крім вентиляції з охолоджуванням повітря в літній час широко застосовується охолодження повітря зрошенням його водяним пилом, безпосередньо у робочих місць водорозпорошувальними форсунками, при цьому розпилювана вода випаровуватися в повітрі, охолоджуючи його. При зрошенні повітря невелика кількість найтоншої водяного пилу потрапляє на одяг і на відкриті частини тіла робітників, знижуючи при цьому температуру одягу на 4-5 град і температуру відкритих частин тіла на 1-2 град.

Охолодження повітря зрошенням його водяним пилом можна застосовувати у нагрівальних печей, прокатних станів, ножиць і пил, в місцях таврування заготовок, у штабелів гарячих заготівок на складі, близько холодильників, змотувачів та інших пристроїв.

У зв'язку з тим, що в процесі виробництва агрегати прокатних цехів виділяють в приміщення значну кількість тепла, пилу і газів, ЦГПТЛ має розвинену вентиляційну систему. Витяжна вентиляція служить для видалення з будівлі цеху нагрітого і забрудненого повітря і викиду його в атмосферу. Припливна вентиляція служить для подачі в цех чистого повітря замість вилученого.

ЦГПТЛ, як правило, обладнане системою як природної, так і механічної припливно-витяжної вентиляції.

У прокатному цеху застосовують різні способи повітрообміну, залежно від яких вентиляція підрозділяється на місцеву і загальну, або, як часто її називають загальнообмінну.

У зонах виділення шкідливих речовин застосовуються місцеві вентиляційні пристрої, такі як повітряне душування, і повітряні завіси.

Повітряне душування застосовується в цеху на місцях постійного перебування робітників, що піддаються впливу інфрачервоного випромінювання інтенсивністю 350 Вт/м^2. Для усунення перегріву організму

робочих припливне повітря спрямовується безпосередньо на поверхню тіла робочого у вигляді так званого повітряного обдування [42].

Повітряні завіси застосовують з метою запобігання надходження зовнішнього холодного повітря у виробниче приміщення через відкриті двері або ворота і захисту людей від його впливу. Повітряна завіса використовується також у прорізів в огорожі технологічного обладнання як перешкоду вибивання гарячого забрудненого повітря в приміщенні та в інших випадках, коли необхідно перекрити повітряний потік через отвір.

Витяжні зонти служать для уловлювання потоків шкідливих речовин, спрямованих вгору. Вони застосовуються, коли джерело утворення пилу, парів і газів переміщається на значній площі робочого місця, як в горизонтальній, так і вертикальній площині.

При загальнообмінній вентиляції шкідливості поширюються повітряними потоками по всьому цеху, тому роль припливної вентиляції полягає в розведенні шкідливостей до допустимих норм концентрацій.

У ЦГПТЛ застосовують змішану вентиляцію, тобто одночасно загальну і місцеву.

При механічній вентиляції переміщення повітря досягається за рахунок використання механічної роботи вентиляторів. При природній вентиляції переміщення повітря здійснюється під впливом різниці питомої ваги зовнішнього повітря і повітря всередині цеху, а також в результаті дії вітру.

У прокатному цеху, повітря, нагріте від обладнання, розпеченого металу і нагрівальних пристроїв, піднімається вгору і видаляється через стулки аераційних ліхтарів в даху будівлі (рис. 4.1).

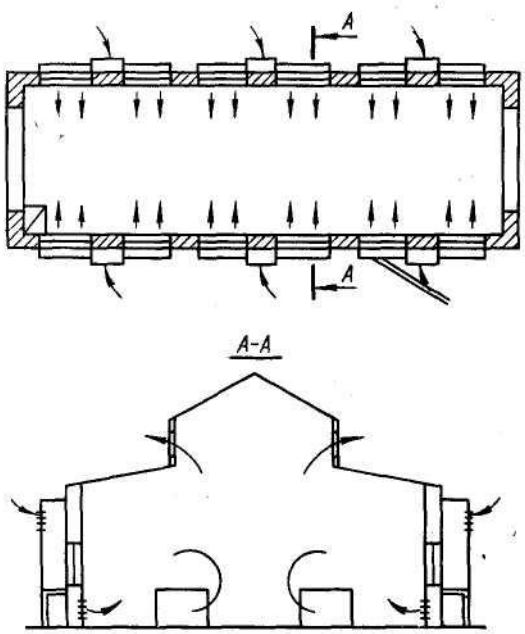


Рисунок 4.1 - Схема аерації приміщень

Для здійснення аерації є достатні за площею і правильно розташовані отвори для введення свіжого і видалення забрудненого повітря. У холодну пору року зовнішнє повітря вводять на висоті, з якою повітря, переміщаючись до робочої зони, нагрівається до необхідної температури в результаті перемішування з внутрішнім повітрям.

4.2.2 Освітлення в ЦГПТЛ

У цеху гарячої прокатки застосовується природнє і штучне освітлення. Для освітлення приміщень, як правило, передбачають газорозрядні лампи низького і високого тиску (люмінесцентні, ДРЛ).

Норму освітленості вибирають залежно від характеристики зорової роботи, види якої по напруженості ділять на вісім розрядів, з подразрядів.

Розряд залежить від величини об'єкта розрізнення, а подразряд від фону і контрасту між об'єктом розрізнення і фоном таблиця 4.3.

Найменша освітленість робочих поверхонь і території підприємств, які потребують обслуговування при аварійному режимі, повинна складати 5% робочого освітлення, але не менше 2лк всередині будівель і 1лк для території. Евакуаційне освітлення повинно забезпечувати найменшу освітленість на підлозі основних проходів, на землі і на сходах 0,5 лк у приміщенні і 0,2 лк на відкритих територіях. Правильне освітлення робочих місць в ЦГПТЛ має велике значення для створення безпечних умов праці [42].

Природне освітлення ЦГПТЛ здійснюється через світлові прорізи і світлові ліхтарі в даху будівель, тому його поділяють на бічне і верхнє. Раціональним вважається природне освітлення, що забезпечує хорошу рівномірність освітлення. Освітленість, створювана денним природним світлом, змінюється в широких межах: протягом декількох хвилин вона може збільшуватися або зменшуватися в кілька разів.

Таблиця 4.3 - Прийняті значення освітленості в цеху

Назва відділення ділянки	Розряд зорової роботи	Освітленість (лк) і коефіцієнт запасу при люмінесцентних лампах			Аварійне освітлення (лк)	
		Система комбінованого освітлення	Система загального освітлення	Коефіцієнт запасу	Для тривалих робіт	Евакуаційне
Стан 1680	VII	-----	150	1,5	10	0,5

Штучне освітлення в залежності від розташування джерела світла поділяють на загальне, місцеве і комбіноване. Загальне освітлення застосовується для освітлення прольотів цехів. Місцеве освітлення застосовується в якості додаткового при виконанні точних робіт, на пультах управління, на верстатах, при роботах, пов'язаних з ремонтом обладнання та нагрівальних пристроїв.

В освітлювальних установках прокатного цеху застосовуються лампи розжарювання і газорозрядні лампи. Для місцевого освітлення застосовуються лампи розжарювання. З газорозрядних джерел світла в освітлювальних установках цеху застосовуються люмінесцентні лампи і ртутні лампи високого тиску з виправленою кольоровістю типу ДРЛ.

У виробничих приміщеннях прокатного цеху застосовуються світильники наступних типів: «Універсаль» і типу «Люцетта цільна» - переважно прямого світла відкритого типу; світильники типу «куля» - розсіяного світла; світильники спеціального призначення серії РН і ВЗГ рудничного типу.

Крім робочого освітлення в прокатному цеху влаштовують аварійне освітлення. Воно призначене для безперебійного обслуговування агрегатів та устаткування у разі виходу з ладу робочого освячення і діє від незалежного джерела електроенергії.

4.2.3 Захист від виробничого випромінювання

Одним з найбільш істотних факторів, що визначають несприятливі умови праці в ЦГПТЛ, є тепловипромінювання. Для захисту робітників від тепла, випромінюваня прокатувальним металом, встановлюють водяні екрани між робочим місцем і місцем проходження гарячого металу.

Розпечений прокатуваний метал являє собою переміщувані по цеху джерела тепла. Променистa енергія на відстані 1м від прокату становить до 279 - 349Вт/м^2 [41].

Для зменшення тепловипромінювання в цеху максимально знижують температуру джерел променевого тепла. Зниження температури джерел випромінювання тепла в прокатних цехах практично здійснюються збільшенням товщини стінок агрегатів, теплоізоляцією їх зовнішньої поверхності або охолодженням цих поверхностей.

Для захисту працюючих від тепловипромінювання, поряд із зменшенням інтенсивності випромінювання встановлюють між джерелами тепловипромінювання і працюючими екранами або завісами, що затримують інфрачервону радіацію.

При застосуванні порожнистих екранів з циркулюючої водою або при безперервному змочуванні водою простих екранів, виконаних з листової сталі, теплове випромінювання затримується повністю.

При екрануванні необхідно залишати між тепло володіющею поверхнею і екраном повітряний проміжок (80 - 200 мм) для вільної циркуляції повітря. Якщо за характером виробництва потрібно вести спостереження за процесами, то екрани виконуються з прозорих матеріалів або густої металевої сітки.

Водяні завіси у вигляді суцільної пелени води, а також водоструменевої або водоповітряної завіси дозволяють зменшити вплив тепловипромінювання на робочих місцях на 60 - 85%, причому видимість крізь завіси істотно не погіршується. Водяні завіси слід застосовувати, наприклад, у робочих вікон нагрівальних печей, у місцях маркування гарячого металу і т.п.

Засобами індивідуального захисту від тепловиділень є густі металеві сітки або брезентові штори зі вставленими в них синіми стеклами. Густа мідна сітка знижує теплове опромінення особи приблизно в 3-4 рази, а шторки захищають особу від тепловипромінювання майже повністю. Велике значення у боротьбі з променистим теплом і теплом, що передається конвекцією, має спеціальний одяг. Матеріал для спецодягу застосовують з незаймистих тканин, стійких проти впливу променистого тепла, міцних, м'яких, що володіють великою повітропроникністю для полегшення повітрообміну тіла людини, що працють з навколишнім середовищем.

4.2.4 Захист від виробничого пилу

Пил при прокатці утворюється в результаті подрібнення окалини валками і випаровування внаслідок миттєвого збільшення тиску та підвищення температури.

Основними заходами щодо боротьби з пилом у прокатному цеху є: введення раціональних технологічних процесів, застосування ефективної герметизації і аспірації всіх пиловиделяющих джерел, зволоження пилу водою або парою; пристрій спеціальної пилоуловлювальної вентиляції від місць пилоутворення з очищенням повітря перед викидом його в атмосферу через систему фільтрів (розрахунок витяжного накриття над джерелом тепло- і пиловиділення); регулярне прибирання пилу з робочих місць спеціальними пилососами, застосування індивідуальних засобів захисту (респіраторів, окулярів, спецодягу тощо).

Природний повітрообмін, як правило, не забезпечує нормальних умов праці на робочому місці. Тому в таких випадках застосовується душуюча вентиляція і водорозпиленя.

Найбільш простим способом знепилювання повітря є, зрошення водою через форсунки. Ефективність дії пересувних душуючих установок підвищується при додаванні розпорошеної води. Для підвищення ефективності повітряного душування забезпечують високу дисперсність і правильне дозування розпилючої води. Що застосовується в прокатному цеху водяний захист. У цьому випадку з периферії повітряного струменя від віялових агрегатів створюється завіса із дрібнорозпиленої води, що покращує метеорологічні умови на робочому місці.

4.2.5 Захист від виробничого шуму і вібрації

Агрегати, що створюють сильний шум внаслідок вихреутворення або вихлопу повітря або газу, вентилятори, пневматичні інструменти і машини постачають спеціальними глушниками.

Зниження шуму звукоізоляцією досягається шляхом розташування оператора в звукоізолюючій кабіні, звідки він спостерігає та керує технологічним процесом, забезпеченою вікном з 2 - або 3-шаровим склінням, герметичними дверима і спеціальною системою вентиляції. Від впливу прямого звуку оператори захищаються за допомогою екранів, які розташовуються між робочим місцем і прокатним станом.

За допомогою звукоізолюючих перешкод можна знизити рівень шуму на 30 - 40 дБА. Ефективними звукоїзоліюючими матеріалами є метали, бетон, дерево і т.п. [40]

Для зниження шуму в приміщенні проводять його акустичну обробку, тобто наносять звукопоглинаючі матеріали на внутрішні поверхні, а також розміщують в приміщенні штучні звукопоглиначі.

Інтенсивність вібрацій деталей агрегатів, маючи великий випромінювальний шум поверхні (корпусу агрегатів, кожухів, кришок і т. п.), зменшують таким шляхом:

- пристрої гнучких зв'язків між цими деталями і вузлами агрегату, що викликають вібрації;
- заміна металевих деталей на пластмас або інші матеріали;
- заміна підшипників кочення підшипниками ковзання у випадках, коли переважаючим шумом є шум підшипників.

Ослаблення вібрації досягається застосуванням віброізоляції віброгасильних підстав під робоче місце оператора.

Віброізоляція є засобом боротьби з вібрацією і шумом. Добре зарекомендували себе віброізолюючи опори, які застосовуються при установці

виробничого обладнання. Пружинні амортизатори використовують для віброізоляції майданчиків, вентиляторів тощо.

Робітники, що працюють на машинах і агрегатах, що передають вібрацію на робочі місця, працюють у віброгасильному взутті, у разі необхідності застосовують наколінники.

Відповідно до санітарних норм і правил сумарний час контакту робітників з вібруючими поверхнями не перевищує двох третин тривалості робочого часу.

Для захисту від вібрацій застосовуються способи, основними з яких є: застосування безперервних процесів замість періодичних; застосування віброизолюючих і вибропоглинаючих матеріалів і конструкцій; якісний монтаж обладнання та його динамічне балансування; застосування динамічних гасителів вібрації.

4.3 Заходи з електробезпеки

У ЦГПТЛ велика частина електроустаткування працює при напрузі до 1000 В. Різні контрольно-вимірювальні прилади, пристрій автоматики, штучне освітлення виробничих приміщень живляться від електричної мережі. Застосовують і висока напруга - 6кВ [45].

На безпеку електрообладнання суттєво впливають умови виробничого середовища, від яких залежить стан ізоляції і електричний опір тіла людини.

Відділення станового прольоту відноситься до сухого, жаркого і запиленого приміщення, т.к відносна вологість 50%, що не перевищує 60%, температура повітря +33 ^{0}С, що перевищує на 3^{0}С і має струмопровідний пил оксиди заліза.

Підвищена температура в приміщенні прискорює старіння ізоляції, що призводить до зниження її електричного опору і навіть до руйнування. При

підвищеній температурі повітря знижується опір тіла людини внаслідок поту і зволоження шкіри.

У ЦГПТЛ відділення станового прольоту за ступенем небезпеки ураження електричним струмом відноситься до особливо небезпечних приміщень, оскільки температура повітря перевищує і має струмопровідні підлоги.

Практично всі приміщення, в яких встановлено електрообладнання, за ступенем небезпеки ураження електричним струмом відносимо до приміщень з підвищеною небезпекою, оскільки приміщення цеху гарячої прокатки спекотні, що викликають значні виділення вологи на тілі людини.

При пошкодженні ізоляції електрообладнання напруга може випадково з'явитися на металевих частинах (на корпусі, кожусі, станини і т.д.), яке в нормальному положенні не знаходяться під напругою. При зіткненні з металевими конструкціями, що опинилися під напругою, виникає небезпека ураження електричним струмом.

Нещасні випадки можливі також при дії електричного струму через дугу, безпосередньо зіткненні з відкритими струмоведучими частинами і проводами (випадковому не викликавши виробничою необхідністю, або вплив помилкової подачі напруги під час ремонтів і оглядів), при дотику до металевих частин обладнання, що випадково опинилося під напругою; при торканні струмоведучих частин за допомогою предметів з низьким опором ізоляції; при зіткненні з будівельними деталями конструкцій, що випадково опинилися під напругою; при впливі крокових напруг і ін.

Небезпека електричних поразок створює різноманітне обладнання: електричний привід, електрообладнання підйомно-транспортних пристроїв, електрифікований внутрішньозаводський транспорт, зварювальні апарати, високочастотні та освітлювальні установки, переносний інструмент і т.д.

У цехах з підвищеною температурою повітря використовують наступні заходи захисту від ураження електричним струмом:

- захист від дотику до струмоведучих частин;
- захист від дотику до обладнання, що випадково опинилося під напругою;
- захист від струмів надмірної сили (короткого замикання);

У першому випадку застосовують огорожі та ізоляцію струмоведучих частин, розміщення їх на недоступній висоті, використання зниженої напруги. У другому випадку застосовують захисне заземлення, занулення, пристрій автоматичного відключення електроустановки.

До засобів індивідуального захисту відносяться: ізолююча штанга, ізолюючі кліщі, діелектричні боти, діелектричні рукавички, ізолюючі підставки та ін.

4.4 Заходи з пожежної та техногенної безпеки

Джерелами пожежної небезпеки в цеху гарячої прокатки є: наявність легкозаймистих і горючих рідин, горючих (природний, коксовий і доменний) газів, лакофарбових матеріалів і розчинників, промаслених матеріалів; виділення горючих сумішей і пилу в процесі виробництва на агрегатах і вентиляційних установках; іскріння в електроустановках і статичну електрику.

У таблиці 4.4 показано класифікація приміщень прокатного цеху з вибухопожежонебезпечності.

Таблиця 4.4 - Класифікація виробничих ділянок цеху з вибухопожежної та пожежної небезпеки згідно ОНТП. 24-86 і класи зон за ПУЕ

№ п/п	Відділення, дільниці, стани, агрегати, приміщення, майстерні, склади	Категорія	Клас приміщень і установок по зонах по ПУЕ
1	Верхній пічної рольганг (ВПР)	В	П-3
2	Нижній пічної рольганг (НПР)	В	П-3
3	«НТЛС-1680»	В	П-3

Усі виробничі, допоміжні та підсобні приміщення цеху повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння.

Пісок використовується для гасіння невеликих вогнищ загоряння горючих рідин (різні масла, солярки), електрокабелів, електропроводки та ін Гасіння піском проводити накиданням його на палаючу поверхню. Пісок також використовується для видалення невеликих патьоків горючих рідин, з метою обмеження розтікання горючих рідин при аварії, захисту цінного обладнання від дії теплових променів при пожежі (накидання на обладнання).

Повсть використовується для гасіння невеликих вогнищ загорянь. Накидається на палаючу поверхню і ізолює її від кисню, повітря.

Вуглекислота не проводить струм, тому вона може застосовуватися для гасіння пожеж в електроустановках, що знаходяться під напругою до 1000В. У цеху використовуються ручні вуглекислотні вогнегасники ВВ-2, ВВ-3, ВВ-5, ВВ-8 з балонами ємністю відповідно 2, 3, 5, 8 літрів [45].

У ЦГПТЛ широко застосовується повітряно-пінна установка. Вона встановлюється для гасіння пожеж в початковій стадії. Її можна успішно використовувати при займанні масла в гартівних ваннах, на ділянках потокових ліній виготовлення кріпильних виробів.

У ЦГПТЛ передбачена пожежна сигналізація типу ЕПС - електронна пожежна сигналізація, забезпечена термодатчиками і датчиками полум'я.

Поширеним видом зв'язку є пожежна електрична сигналізація, яка забезпечує прямий зв'язок пожежної охорони з об'єктом, що охороняється, не вимагаючи при цьому передачі адреси пожежі.

4.5 Розрахунок струму, що проходить через тіло людини, при дотику до фазного проводу трифазної трьохдротової мережі з глухозаземленою нейтраллю

Перший випадок:

1) опір тіла людини $R_{ТЛ} = 600$ Ом,

2) ємність фаз щодо землі $C_1 = C_2 = C_3 = 0$ мкФ,

3) опір ізоляції фаз відносно землі, $r_1 = r_2 = r_3 = r = 4$ кОм.

Струм, що проходить через людину, визначається за формулою, А [38]:

$$I_{ТЛ} = \frac{U_Ф}{R_{ТЛ} + \frac{r}{3}}; \tag{4.1}$$

де $R_{ТЧ}$ - опір тіла людини, Ом;

$U_Ф$ - фазна напруга мережі ($U_Ф = 220$ В);

r - опір ізоляції фаз відносно землі ($r = 4000$ Ом);

Тоді струм, що проходить через тіло людини, мА:

$$I_{ТЛ} = \frac{220}{600 + \frac{4000}{3}} = 0{,}11 мА.$$

Другий випадок:

1) опір тіла людини, $R_{ТЛ} = 1000$ Ом;

2) опір ізоляції фаз відносно землі $r_1 = r_2 = r_3 = \infty$, КОм;

3) місткість фаз щодо землі $C_1 = C_2 = C_3 = C = 0{,}01$ мкФ;

4) відповідне ємнісний опір $X_C = 90$ кОм.

Струм, що проходить через тіло людини, при його дотику до фази мережі визначається за формулою, А [39]:

$$I_{ТЛ} = \frac{U_Ф}{\sqrt{R_{ТЛ}^2 + \left(\frac{X_C}{C}\right)^2}}; \quad (4.2)$$

де $U_Ф$ - фазна напруга, В;

$R_{ТЧ}$ - опір тіла людини, Ом;

X_C - ємнісний опір, Ом.

При $X_C = 90000$ Ом отримаємо:

$$I_{ТЛ} = \frac{220}{\sqrt{1000^2 + \left(\frac{90000}{3}\right)^2}} = 0{,}0073A = 7{,}3мА.$$

Проведений розрахунок показує, що в трифазній трехдротовій мережі з глухозаземленою нейтраллю небезпеку для людини, що доторкується до одного з фазних проводів у період нормальної роботи мережі, залежить від опору проводів відносно землі: зі збільшенням опору небезпека зменшується.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано виробництво гарячекатаних штаб на неперервному стані гарячого прокатування 1680. На даний момент на ринку чорних металів є великий попит на листову і рулонну сталь з високою точністю прокату і високою чистотою поверхні, а також на рулони з масою до 16 тонн і більш.

2. Перехід на «транзитне» прокатування створило передумови для прямого прокатування слябів завдовжки 10-12 метрів і масою до 16 тонн. Для цього була модернізована чорнова група клітей стану тонколистового «1680» з перекладом електроприводу із змінного струму на постійний і організоване неперервне прокатування слябів в підгрупах чорнових клітей.

3. З метою зниження енергосилових параметрів прокатки та підвищення показників якості штаб у роботі пропонується збільшення швидкості в чорновій групі до 2,5 м/с. В результаті зміни температурно-швидкісного режиму прокатки у чорновій групі клітей є можливість підвищення температури кінця прокатки на 15-20 ^{o}C, що дозволить зменшити показники поздовжньої різнотовщинності.

4. Визначені енергосилові показники прокатки штаби товщиною 2,2х1050 мм зі сталі 08кп. Максимальна сила прокатки складає 13,7 МН. Запас міцності валків і станини знаходиться в допустимих межах. Отже, робота кліті проходитиме без перевантажень, а власне технологічний процес прокатування без збоїв і поломок.

6. Розглянуті питання охорони праці. У цеху найшкідливішим і небезпечним вважається шум, вібрація, запорошена і загазованість. Складена карта умов праці. Запропоновані заходи по зниженню впливу шкідливих чинників виробничого процесу.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Ніколаєв, В.О.* Виробництво плоского прокату / В.О. Ніколаєв, В.Л. Мазур. – Запоріжжя, ЗДІА, 2010. – 320 с.

2. *Николаев, В.А.* Горячая прокатка листов и полос / В.А. Николаев. – Запорожье: ЗГИА, 2013. – 169 с.

3. *Николаев, В.А.* Формирование толщины полосы при прокатке на широкополосных станах / В.А. Николаев. – Запорожье, ЗГИА, 2010. – 181 с.

4. *Николаев, В.А.* Прокатка широкополосной стали / В.А. Николаев, А.Ю. Путноки. - К.: Освіта України, 2009. – 268 с.

5. *Куприн, М.И.* Основы теории прокатки: [учебник для студ. высш. учеб. зав.] / М.И. Куприн, М.С. Куприна. – М.: Металлургия, 1971. – 240с.

6. *Целиков А.И.* Машины и агрегаты металлургических заводов: [учебник для студ. высш. учеб. зав.] / А.И. Целиков, П.И. Полухин – М.: Металлургия, 1981. – 576 с.

7. *Бахтинов В.Б.* Прокатное производство: [учебник для студ. высш. учеб. зав.] / В.Б. Бахтинов – М.: Металлургия, 1987. – 416с.

8. Теория прокатки: [научное издание справочник] / А.И. Целиков, В.И. Зюзин, А.В. Третьяков, Г.С. Никитин – М. Металлургия, 1982. – 335с.

9. *Василёв Я.Д.* Производство полосовой и листовой стали: [учебник для вузов] / Василёв Я.Д., Сафъян М.М. – Киев: Вища школа, Головное издательство, 1976. – 192с.

10. Технология прокатного производства: [учебное пособие для вузов] / Клименко В.М., Онищенко А.М., Минаев А.А. Горелик В.С. – Киев: Вища школа, Головное издательство, 1989. – 311с.

11. Прокатное производство: [учебник для вузов] / И.И. Полухин, Н.М. Федосов, А.А. Королев, Ю.М. Матвеев. – М.: Металлургия, 1982. – 696с.

12. Технология процессов прокатки и волочения. Листопрокатное производство: [учебник для вузов] / М.М. Сафъян, В.Л. Мазур, А.М. Сафъян, А.И. Молчанов. – Киев: Вища школа, Головное издательство, 1988. – 351с.

13. *Проников А. С.* Параметрическая надёжность машин: [издательство МГТУ им. Н. Э. Баума] / А. С. Проников. – Москва:, 2002. – 560 с.

14. *Гребеник В. М.* Надежность металлургического оборудования (оценка эксплуатационной надёжности и долговечности) В. М. Гребник, В. К. Цапко. – М.: Металлургия, 1989. – 592 с.

15. Седуш В. Я. Надёжность, ремонт и монтаж металлургических машин: [учебник – 3-е изд.]. – М.: Металлургия, 1992. – 368 с.

16. Техническая диагностика. Контроль и прогнозирование. Монография. / А. Я. Жук, Г. П. Малышев, Н. К. Желябина, О. М. Клевцов. – Запорожье ЗГИА, 2008. – 224 с.

17. *Колёсов К. С.* Надёжность, ремонт и монтаж технологического оборудования завод цветной металлургии / К. С. Колёсов, А. В. Выскребицкий, А. С. Москва. – М.: Металлургия, 1984. – 224 с.

18. *Чащин В. В.* Использование температурной математической модели при разработке технологии регулируемого охлаждения горячекатаной полосы в рулоне / В. В. Чащин, В. А. Капитанов, Е. С. Попов // Производство проката. - 2008. - № 8. – С. 17-23.

19. *Чащин В. В.* Технологические особенности регулируемого охлаждения рулонов полосовой стали различного назначения / В. В. Чащин, А. В. Куклев, Е. С. Попов // Труды седьмого конгресса прокатчиков. Т. 1. – М.: МОО «Объединение прокатчиков». – 2007. – С. 66-70.

20. *Чащин В. В.* Технология регулируемого охлаждения рулонов – важный этап горячей полосовой прокатки / В. В. Чащин, И. Б. Бардин // - М.: ЗАО « Металлургиздат», - 2003. - С. 121-127.

21. *Пешков В. А.* Улучшения качества горячекатаных полос регулируемым охлаждением рулонов / В. А. Пешков, В. Н. Хлопонин, В. В. Чащин // Сталь. - 1990. - №3. - С. 77-81.

22. *Трофимчук В. Д.* Дефекты прокатной стали и меры борьбы с ними / В. Д. Трофимчук. – М.: Металлургиздат, 1954. – 631 с.

23. *Бровман, М. Я.* Энергосиловые параметры и усовершенствование технологии прокатки / М. Я. Бровман. – М.: Металлургия, 1995. – 256 с.

24. *Василев, Я. Д.* Теорія поздовжньої прокатки: [підручник] / Я. Д. Василев, О. А. Мінаєв. – Донецьк: УНІТЕХ, 2009. – 488 с.

25. Теория прокатки: [справочник] / А. И. Целиков, А. Д. Томлёнов, В. И. Зюзин [и др.]. – М.: Металлургия, 1982. – 335с.

25. *Сероватин А.И.* Расчет производительности оборудования прокатных цехов: [учебник для студ. высш. учеб. зав.] / А.И. Сероватин – М.: Металлургия, 1981.– 96 с.

26. *Королев А.А.* Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов: [учебник для студ. высш. учеб. зав.] / А.А. Королев – М.: Металлургия, 1985 – 376 с.

27. *Гуляев, А.П.* Металловедение. 5-е издание / А.П. Гуляев. – М.: Металлургия, 1977. – 664 с.

28. *Лахтин, Ю.М.* Металловедение и термическая обработка металлов / Ю.М. Лахтин. – М.: Металлургия, 1979. – 368 с.

29. *В.Г. Сорокин* Марочник сталей и сплавов [учебник для студ. высш. учеб. зав.] / В.Г. Сорокин, С. А. Веткин – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.

30. *Горелик С. С.* Формирование микроструктуры основы термической обработки ферритов / С. С. Горелик, Э. А. Бабич, Л. М. Лютик. – М.: Металлургия, 1984. – 110 с.

31. *Горелик С. С.* Рекристаллизация металлов и сплавов [учебник для студ. высш. учеб. Зав. 3-е узд.] / С. С. Горелик, С. В. Добаткин, Л. М. Капуткина. Москва – М.: «МИСИС», 2005. – 432 с.

32. *Дубовский Б. А.* Иследование влияния технологических параметров горячей прокатки на структуру низкоуглеродистых и низколигированных марок стали / Б. А. Дубовский, Б. А. Никифоров, Л. В. Радионова // Производство проката, – 2006. – №10.

33. *Іващенко, О. В.* Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломного проекту / О.В. Іващенко. – Запоріжжя: Вид. ЗДІА, 2004. – 31 с.

34. *Бойчик И. М.* Экономика предприятия: [учебное издание.] / И. М. Бойчик. – К.: Атика, 2002. – 480 с.

35. *Покропивного С. Ф.* Економика предприятий: [учебник\За об. ред. С.Ф. Покропивного. – изд.2-е, переред. и доп.] / С. Ф. Покропивного. – К.: КНЕУ, 2001. – 528 с.

36. *Метс О. Ф.* Организация, планирование и управление производством на предприятиях чёрной металлургии / О. Ф Метс. – М.: Металлургия – 1986. – 560 с.

37. *Чепчунов, Ю.П.* Себестоимость проката и пути ее снижения / Ю.П. Чепчунов. – М.: Металлургия, 1985. – 57 с.

38. *Жидецкий В. Ц.* Основы охраны труда. [учебник. – изд. 2-е, дополненное.] / В. Ц. Жидецкий, В. С. Джигирей, А. В. Мельников. – Львов.: Афиша, 2000. – 350 с.

39. *Вяземского Б. А.* Охрана труда [учебник для вузов/ под ред.,-2е изд. перераб. и доп.]/ Б. А. Вяземского. - М. : Высш. школа, 1982.-311 с.

40. *Ткачук К. Н.* Справочник по охране труда на промышленном предприятии./ К. Н.Ткачук, Д. Ф. Иванчук, Р. В. Сабарно, А. Г. Степанов. К.: Техника, 1991.-285 с.

41. *Панасейко С. П.* Гигиена труда и производственная санитария [учебное пособие для студентов ЗГИА] / С. П. Панасейко. – Запорожье: ЗГИА, 2003. – 232 с.

42. *Меклер В. Я.* Вентиляция и кондиционирование воздуха на машиностроительных заводах. / В. Я. Меклер, П. А. Овчинников Справочник. – М.: Машиностроение, 1980. – 244с.

43. *Панасейко С. П.* Методические указания для курсового и дипломного проектирования по дисциплине «Охрана труда» (раздел «Вентиляция и кондиционирование»)/ Сост.: С.П. Панасейко – Запорожье: ЗГИА, 2002.– 45с.

44. *Злобинского Б. М.* Производственная санитария. [Справочное пособие.] / под ред. Б. М. Злобинского М.: Металлургия,1969.-688 с.

45. *Рижков В. Г.* Електробезпека. Методичні вказівки до дипломного та курсового проектування, контрольних робіт і практичних занять для студентів ЗДІА спеціальності „Металургія чорних металів" спеціалізації „Охорона праці та екологія металургійного виробництва" денної та заочної форм навчання / Укл.: В. Г. Рижков. – Запоріжжя, 2004. – 60 с.