

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

Кваліфікаційна робота / проект

Перший (бакалаврський)

(рівень вищої освіти)

на тему Розробка технології прокатки штаби 2,5x1245 мм зі сталі 08кп на
стані гарячої прокатки

Виконав: студент IV курсу, групи 6.1361-омт
спеціальності 136 Металургія

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Обробка металів тиском

(код і назва освітньої програми)

М. С. Магалатій

(ініціали та прізвище)

Керівник

доц. каф. МТЕТБ, к.т.н.

Д. О. Кругляк

Рецензент

проф. каф. МТЕТБ, д.т.н.

Ю.О. Белоконь

Запоріжжя – 2024 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний університет
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально – науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки
 Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень
 Спеціальність 136 «Металургія»
 (код та назва)
 Освітньо-професійна програма Обробка металів тиском
 (код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри МТЕТБ
Ю.О. Белоконь
 “ 12 ” 02 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ / ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Магалатій Микита Сергійович
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) **Розробка технології прокатки штаби 2,5x1245 мм зі сталі 08кп на стані гарячої прокатки**

керівник роботи (проекту) Кругляк Дмитро Олегович, д.т.н.,
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “26” 12. 23 р. № 2215-с

2. Строк подання студентом роботи 10 червня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: Матеріали виробничої (переддипломної) практики, курсові проекти, технічна документація ПАТ «Запоріжсталь», літературні джерела, інтернет-ресурси. Розміри штаби 2,5x1245 мм, сталь - 08кп

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

Мета кваліфікаційної роботи – розробка режиму прокатки штаб 2,5x1245 мм зі сталі 08кп шляхом оптимізації режиму деформації чорнової групи клітей стану гарячої прокатки 1680 ПАТ “Запоріжсталь”.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)
Презентація до 15 слайдів (графіки залежностей, схем деформацій, схеми розміщення устаткування та обладнання тощо).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
1 Загальна частина	Кругляк Д.О., доц. каф. МТЕТБ	
2 Технологічна частина	Кругляк Д.О., доц. каф. МТЕТБ	
3 Механічна частина	Кругляк Д.О., доц. каф. МТЕТБ	
4 Охорона праці та техногенної безпеки	Кругляк Д.О., доц. каф. МТЕТБ	

7. Дата видачі завдання 26.12.2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Реферат, вступ, розділ 1.	12.02.24 – 13.03.24	
2.	Розділи 2 - 3	16.03.24 – 17.04.24	
3.	Охорона праці (розділ 4), висновки, оформлення ПЗ і креслень, підготовка доповіді і презентації.	20.04.24 – 24.05.24	

Студент

_____ (підпис)

М. В. Вернидуб
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ (підпис)

Д. О. Кругляк
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено
 Нормоконтролер

_____ (підпис)

Ю. О. Белоконь

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота 85 с., 17 табл., 7 рис., 19 джерел.

СТАН БЕЗПЕРЕРВНИЙ ТОНКОЛИСТОВИЙ 1680, ПРОФЛЕГИБОЧНИЙ АГРЕГАТ, ОКАЛИНОЗЛАМУВАЧ, СМУГА, СЛЯБ, МЕТОДИЧНІ НАГРІВАЛЬНІ РЕКУПЕРАТИВНІ ЧОТИРЬОХЗОННІ ПЕЧІ, ШТОВХАЧІ, ГІДРОЗМИВ, ЧОРНОВА ГРУПА КЛІТЕЙ, ЧИСТОВА ГРУПА КЛІТЕЙ, ВЕРТИКАЛЬНІ ВАЛКИ – ЕДЖЕРИ, ПЕТЛЕТРИМАЧІ, ПРОМІЖНИЙ ПЕРЕМОТУЮЧИЙ ПРИСТРІЙ – «КОЙЛБОКС», ДУШИРУЮЧИЙ ПРИСТРІЙ, ЗМОТУВАЧ.

Мета кваліфікаційної роботи: розробка режиму обтисків у чорновій групі клітей при прокатці слябів зі зливків типу 2С на безперервному стані 1680 ЦГПТЛ ПАТ «Запоріжсталь»

У технологічній частині роботи розробляється технологічний процес прокатки штаби 2,5x1000 мм зі сталі 08Ю.

В механічній частині проводили розрахунку на міцність деталей клітей.

У розділі охорона праці та техногенна безпека проведено аналіз потенційних небезпек і шкідливих чинників виробничого середовища.

У якості технічного рішення у роботі пропонується змінити змотувачі на універсальний гідравлічний змотувач.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	
1.1 Характеристика цеха.....	9
1.2 Технічна характеристика обладнання стана.....	11
1.3 Сортамент стана та марки сталі.....	25
1.4 Технологічний процес прокатки.....	30
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	
2.1 Аналіз недоліків роботи обладнання стану.....	36
2.2 Заходи щодо усунення недоліків.....	38
2.3 Розробка режиму обтисків у чорновій групі клітей при прокатці слябів зі зливків типу 2С на безперервному стані 1680 ЦГПТЛ ПАТ «Запоріжсталь».....	39
2.4 Розрахункова частина	
2.4.1 Розрахунок режимів обтисків.....	41
2.4.2 Розрахунок зусилля прокатки.....	51
2.4.3 Розрахунок годинної продуктивності стану.....	58
РОЗДІЛ 3. МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА	
3.1 Розрахунок валків на міцність та жорсткість чистової чотиривалкової кліті безперервного широкоштабового стана 1680	61
3.2 Розрахунок на міцність та жорсткість станини чистової чотиривалкової кліті безперервного широкоштабового стана 1680.....	65
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	
4.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації НТЛС 1680.....	69
4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	71
4.2.1 Мікроклімат.....	72

4.2.2	Склад повітря робочої зони.....	73
4.2.3	Виробниче освітлення.....	74
4.2.4	Виробничий шум.....	75
4.2.5	Виробничі вібрації.....	75
4.2.6	Виробничі випромінювання.....	76
4.3	Пожежна безпека.....	77
4.3.1	Технічні рішення системи запобігання пожежі.....	78
4.3.2	Технічні рішення системи протипожежного захисту.....	79
4.4	Заходи щодо захисту навколишнього середовища.....	81
	ВИСНОВКИ.....	83
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	84

ВСТУП

Прокатне виробництво це завершальний етап виробничого циклу металургійного підприємства. Через прокатні цехи проходять близько 92% виплавленого металу. В прокатних цехах металу надають форму готових виробів або заготовок. Технологічний процес прокатного виробництва на сучасному металургійному підприємстві, складається з двох стадій:

1. Виготовлення напівпродукта.
2. Прокат напівпродукта в готовий прокат.

Основними задачами при виробництві прокату являється отримання прокату різних розмірів та форм в максимально можливій кількості та з найменшими затратами, а також отримання прокату найвищої якості, котре характеризується не тільки фізико - механічними властивостями, а також станом поверхні.

У залежності від форми, розмірів і властивостей продукції, яку виробляють, застосовуються прокатні стани різних типів. Вони класифікуються за пристроями робочих клітей, їхньому взаємному розташуванню й іншим ознакам. Листова сталь є одним з найбільш економічних видів прокатної продукції. З листової сталі виготовляють труби, гнуті профілі, різноманітні штамповані і зварні конструкції. Листовий прокат використовується для виготовлення більш тонкостінних труб і більш легких профілів у порівнянні з гарячекатаними, що забезпечує зниження витрати металу на 10 – 15%.

Продукція, яка прокатана на листових станах широко використовується в машинобудуванні, будівництві, та інших галузях промисловості.

Велику увагу приділяють вдосконаленню технологічного процесу прокатки та вдосконаленню конструкції станів. Завданням металургії і машинобудування на перспективний період є вдосконалення традиційних і створення нових технологічних процесів, заснованих на принципах безперервності і поєднання в єдині металургійні комплекси. Це забезпечить

зростання виробництва і підвищення якості готового прокату при зниженні капітальних і поточних витрат на одиницю продукції збільшенні продуктивності праці.

Найважливіша умова зростання продуктивності прокатних станів і якості продукції - безперервність процесу і застосування оптимальних режимів деформації з автоматизацією процесу.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика цеху

Цех гарячої прокатки тонкого листа призначений для виробництва гарячекатаних рулонів і листів.

До складу цеху входять: ділянка методичних нагрівальних печей, стан гарячої прокатки тонкого листа 1680, ділянка ремонту й ревізії валків, ділянка відділки листів, відділення гнутих профілів.

На стані виготовляють наступні види продукції: прокат тонколистової з вуглецевої сталі, прокат тонколистової з конструкційної низьколегованої сталі, прокат товстолистової і широкосмугової конструкційної сталі, прокат листовий гарячекатаний з вуглецевої сталі.

Для нагрівання слябів перед прокаткою використовуються рекуперативні чотирьохзонні методичні печі. У печах використовується двостороннє нагрівання, видача й посадка слябів торцева. Методичні печі опалюються сумішшю коксо - доменного й природного газів. Стан гарячої прокатки БТЛС 1680 складається із двох груп клітей - чорнової й чистової.

До складу чорнової групи входять: чорновий окалинозламувач, чотири робочі кліті кварто і три вертикальних кліті, які встановлені перед клітями 2,3,4.

До складу чистової групи входять: чистовий окалинозламувач, шість робочих клітей кварто, проміжний перемотуючий пристрій – Койлбокс барабанні ножиці для обрізки переднього й заднього кінців смуги.

Дільниця підготовки валків включає у себе: дільницю ревізії підшипників, дільницю шліфовки валків, дільницю зборки та розбори валків. На дільниці розміщені станки для шліфовки валків. Шліфовка відбувається абразивними колами, які перед використанням перевіряються на міцність.

Дільниця ревізії та зборки, розбори включає в себе спеціально підготовлені місця для огляду та ремонту валків та подушок.

На дільниці розмішено 6 апаратів для підігріву валків перед завалкою.

На ділянці відділки листів розташовані агрегати поперечної різки №1 і №2, агрегати поздовжньої розпуску №3, №4.

Агрегат поперечного розпуску №2 призначений для різки рулонів на листи довжиною від 1500 до 6000 мм. Після різки листи укладаються в пачки і траверсою передаються на пакувальну ділянку. Пачки пакуються вздовж і впоперек декількома смугами за допомогою пневматичних машинок. Кожна пачка маркується двома бирками, на яких вказуються розміри листів, № плавки, № замовлення, марка сталі та безпосередньо замовник.

Агрегати поздовжньої розпуску №3, №4 призначені для різки рулонів розмірами від 1000 до 1500 мм вздовж на бунти розмірами від 30 до 1500 мм. Рулон після різки запаковується на моталці, а потім в збірному кармані (на агрегаті №3 на поворотній колонці).

На агрегатах поздовжньої розпуску №3, №4 ріжуть заготівлю для відділення гнутих профілів, заготівлю для труб, пакувальну смугу для упаковки рулонів.

Ділянка відділки листів містить у собі п'ять прольотів. Кожен з п'яти прольотів дільниці має пакувальні ділянки для обрізки і упаковки рулонів. Рулони запаковуються різною кількістю смуг, залежно від того куди вони проставляються. На ділянці відділки листів розташований агрегат поперечної різки.

Відділення гнутих профілів має у своєму складі 3 профілегибових агрегати: профілегибовий агрегат $1 \div 4 \times 400 \div 500$, профілегибовий агрегат безкінечного гнуття $1 \div 4 \times 50 \div 300$ та профілегибовий агрегат $2 \div 7 \times 80 \div 500$. На цих агрегатах виготовляється близько 500 видів профілів продукції з вуглецевої, низьколегованої й легованої сталі з товщиною листа від 1 до 8 мм і

шириною розгортання профілю до 1540мм. Ремонт і виготовлення валків профілегибових агрегатів виконують у спеціальній вальцетокарній майстерні.

1.2 Технічна характеристика обладнання стана

Методичні печі необхідні для нагріву зливків перед прокаткою на БТЛС в тому випадку, якщо прокатка являється не транзитною.

Повітря необхідне для горіння, підігрівається в блоковому керамічному рекуператорі обсягом 330 м² до температури 500 - 600 °С. Для відводу родуктів горіння від всіх печей встановлені димові труби висотою 85 метрів.

Таблиця 1.1 – Характеристика горизонтальних клітей

Кліть	Тип валків	Матеріал Валків	Діаметр бочки, Мм		Довжина на бочки, мм	Довжина валка, мм	d _{шийки} , мм	d _{труфа} , мм
			П оч.	Кі нц.				
Дуо	Робочі	Ковані 50ХН	900	810	1680	4240	620	380
№1	Робочі	Ковані 9ХФ	940	880	2440	4800	660	580
№1	Опорні	Ковані 9ХФ	1320	1245	2440	5060	750	-
№2	Робочі	Ковані 9ХФ	850	780	1680	4070	480	440
№2-10	Опорні	Ковані 9ХФ	1240	1175	1680	4320	650	-
№3,4	Робочі	Чавун	593	580	1680	3730	396	360

		ЛПХН Д-63						
№5- 10	Робочі	Чавун ЛПХН Д-63	620	580	1680	3730	396	360

Стан складається з двох груп клітей: чорнової та чистової. До складу чорнової групи входять: одна двохвалкова кліть, чотири чотирьохвалкові та три вертикальні. До складу чистої групи входять: одна двохвалкова кліть-чистовий окалинозламувач та шість чотирьохвалкових робочих клітей.

Таблиця 1.2 – Характеристика вертикальних клітей

№ Кліті	Діаметр валків, Мм	Потужність двигуна приводу, кВт	Швидкість обертання вала двигуна, об/хв.	Відносне обтиснення, %	Швидкість обертання валків, об/хв	Швидкість прокатки, м/с
1	Від 760 до 810	200	Від 400 до 800	1,5	Від 10,7 до 21,4	0,42- 0,90
2	Від 760 до 810	200	Від 400 до 800	1	Від 16,5 до 33	0,66- 1,40

3	Від 570	200	Від 400 до 800	Від 0,5	Від 26,1 до 52,3	0,78- 1,67
	до 610			до 0,75		

Таблиця 1.3 Коротка технічна характеристика проміжного перемотуючого пристрою

Марки сталі	Низьковуглецеві і високовуглецеві сталі, високоміцні низьколеговані сталі, нержавіючі сталі
Товщина розкату	18 - 36 мм
Ширина розкату	850 - 1520 мм
Температура розкату	950 - 1150 °С
Питома вага рулону, на од.ширини	4,5 – 12.5 кг/мм
Маса рулону	4,5 - 18.6 тонн
Внутрішній діаметр рулону, намотуваного на проміжному перемотуючому пристрої	600 – 650 мм
Максимальний зовнішній діаметр рулону, намотуваного на ППУ	1600 мм
Заправна швидкість "Coilbox"	2.0 – 4.5 м/с

Максимальна робоча швидкість "Coilbox"	4.5 м/с
Максимальна швидкість розмотування	2.5 м/с
Швидкість різки головної частини розкату на кінцевих ножицях	2.0 м/с
Швидкість зближення з чистової кліттю № 5	2.0 м/с и 1.5 м/с
Мінімальний час паузи між гуркотом перед чистової кліттю № 5	5 секунд

Між робочими клітями чистової групи встановлені петле-утримувачі, які необхідні для створення натягів смуги й регулювання швидкості прокатки в робочих клітях.

Для отримання смуг з необхідною площинністю і мінімальною поперечною різнотовщинністю застосовується система противигину робочих валків клітей №№ 8, 9 і 10

Система противигину робочих валків клітей №№ 8-10.

Діапазон зміни вихідного тиску

робочої рідини, МПа від 0 до 200

Швидкість зміни тиску, МПа 300

Режим роботи безперервний

Робоча рідина масло індустріальне 12

Діаметр гідродомкратів, мм 120

кількість гідродомкратів в одній подушці, шт 2

Робочий хід плунжера, мм 30

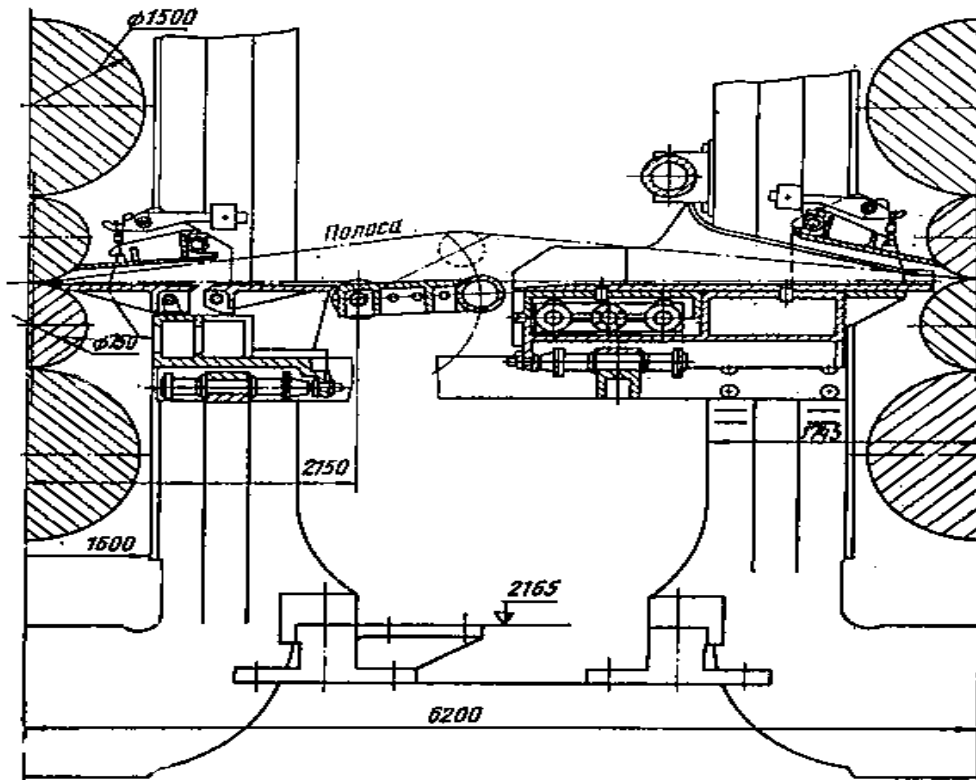


Рисунок 1.2 – Загальний вид петле-утримувача між клітями чистової групи

Регулювання площинності і поперечної різновтовщинності здійснюється вручну за візуальною оцінкою за 10-й кліттю БТЛС 1680.

Перед чистовою групою клітей розташовані летючі ножиці барабанного типу, для обрізання переднього й заднього кінців смуги.

Температура при різанні повинна бути не менш 900°C . Величина кінців смуги, що відрізають, коливається від 100 до 300 мм. Число обертів барабана становить від 12,2 до 27,4 об/хв.

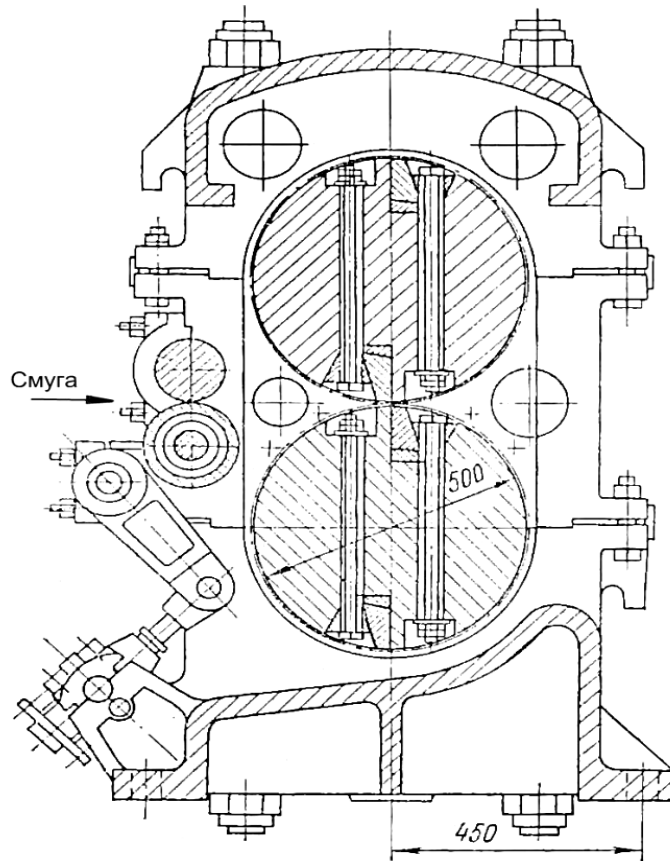


Рисунок 1.3 – Барабанні летючі ножиці

Характеристика ножиць:

Тип ножиць	Барабанні
Перетин смуги, мм	(18-28) x (600-1550)
Температура смуги, 0С, не менше	900
Питомий опір сталі, МН/м ² , не більше	11,5
Довжина ножів, мм	1700

Перекриття ножів:

- максимальне, мм	78,9
- мінімальне, мм	9,8

Максимальний зазор між ріжучими

крайками ножів, мм	0,75
--------------------------	------

Зусилля різання максимальне, МН	1,70
Максимальний момент різання, МНм	6
Величина відрізуваних кінців розкату, мм	від 100 до 300
Кут початку різання, град-хв	25-7
Кут різання, град-хв	17-37
Число обертів барабана, об / хв	від 12,21 до 27,4
Потужність двигуна, кВт	1000
Число оборотів двигуна, об / хв	160
Максимальна швидкість руху розкату при різанні, м / с	2,20

Для видалення окалини з верхньої і нижньої поверхонь слябів і розкатів встановлено по одному колектору з кожного боку на всіх гідрозбивах.

Всі колектори встановлюються в горизонтальній площині паралельно роликам рольганга.

Всі сопла встановлюються на колекторах під кутом нахилу приблизно 15 ° проти ходу прокатуємої смуг. Довга вісь щілини сопла повинна бути розташована під кутом приблизно 15 ° до лінії, перпендикулярної напрямку прокатки.

Колектори повинні забезпечити повний збив окалини водою високого тиску на смугах шириною від 850 до 1530мм.

Включення і вимикання колекторів в роботу для здійснення гідравлічного видалення окалини з поверхні прокатуваних слябів і розкатів проводиться автоматично за допомогою фотоімпульсатора.

Тиск води при видаленні окалини має бути не менше 8 МПа при одночасній роботі всіх колекторів.

Швидкості прокатки в клітях чистової групи повинні забезпечити в умовах заданих величин обтиснень необхідні температури кінця прокатки для даного профілю і даної групи марок сталі.

Після виходу із чистової групи клітей, смуга по транспортному рольгангу направляється до душируючого пристрою.

Душируючий пристрій призначений для охолодження смуг до температур передбачених технологічною картою. Використовується ламінарне охолодження. При цьому типі вода з ванн верхньої секції подається на смугу по типу «водяної завіси», а з ванн нижньої секції по типу «водяного стовпа». Подача води здійснюється триходовими відсічними клапанами, які управляються повітрям від пневмосистеми.

Кількість секцій верхнього охолодження, шт	12
в тому числі секцій грубого охолодження	
Струминного типу	6
Переливного типу	4
тонкого охолодження переливного типу	2
Кількість ванн в одній секції переливного типу, шт	
грубого охолодження	2
тонкого охолодження	3
Кількість колекторів струминного типу ванн секції нижнього охолодження, шт	18
Секцій нижнього охолодження шт	9
Максимальні витрати води	
на душируючого установку, м ³ / Г	3000
в тому числі на верхні ванни	1200
на нижні ванни	1800
Витрата води через одну секцію верхнього охолодження, м ³ / год	
грубого охолодження	100
тонкого охолодження	50
Витрата води через одну нижню секцію, м ³ / Г	200
Робочий тиск води, МПа	
на верхніх ваннах	0,2

на нижніх ваннах 0,3
 Товщина охолоджуваних смуг, мм від 2 до 6
 Ширина охолоджуваних смуг, мм від 1000 до 1500
 Максимальна швидкість прокатки, м / с 12
 Температура охолоджуючої води, °С від 5 до 50

Змотувачі 1 групи ролико – барабанні призначені для змотування смуг товщиною від 1,8 до 8,0 мм, шириною від 600 до 1510 мм, максимальна вага рулону – 15000 кг, максимальна температура змотки смуги 600 °С.

Тип Ролико-барабанні

Товщина змотувати смуг

вуглецевих марок сталі, мм від 1, 7 до 9,0

Товщина змотувати смуг легованих

марок сталі, мм від 2,0 до 4,0

Ширина змотувати смуг, мм від 720 до 1550

Максимальна вага рулону, тонн 15

Зовнішній діаметр рулону, мм

- максимальний 1600

- мінімальний 900

Температура змотування смуг, °С

- товщиною від 1,7 до 7,0 мм від 500 до 800

- товщиною від 8,0 до 9,0 мм від 600 до 800

Швидкість змотування смуг, м / с від 6 до 15

Заправна швидкість, м / с до 10

Діаметр барабана, мм 750

Довжина барабана, мм 2150

Кантувач рулонів що обслуговує змотувачі 1 групи призначені для зняття і кантування рулонів. Максимальна вага рулону - 15000кг; висота рулону – 1530мм; діаметр - 1400 мм. Час кантування рулонів 7 секунд. , без рулону - 3 с. Час повернення у вихідне положення - 10 с. Тип привода кантувача -

гідравлічний. Рулон кантується на приймальний візок. Кількість візків – 3 шт. Час переміщення візка від 7 до 10 с. Тип привода - пневматичний. Кількість циліндрів - 1. Діаметр циліндра - 320 мм. Діаметр штока - 125 мм. Хід поршня - 3500 мм.

Приймальна візок моталок 1 групи

Кількість, шт..... 3

Максимальна вага рулону, тонн 15

Час переміщення, з від 7 до 10

Привід візка:

тип пневматичний

кількість циліндрів, шт 1

діаметр циліндра, мм 320

діаметр штока, мм 125

хід поршня, мм 3500

тиск в системі МПа (кгс / см²) 0,5 (5,0)

Змотувачі 2 групи ролико – барабанні призначені для змотування одинарних рулонів. Змотують смуги легованих марок сталей товщиною від 2,0 до 6,0 мм. Ширина смуг, які змотуються, від 720 до 1550 мм. Максимальна вага рулону 7,5 т. Зовнішній діаметр рулону 900 -1600 мм. Температура змотування смуг 500 - 800⁰С. Швидкість змотування смуг 6-15м/с. Діаметр барабана – 750мм. Довжина барабана – 2150 мм.

Тип ролико-барабанні

Товщина змотуваної смуги, мм від 1,8 до 6,0

Ширина змотуваної смуги, мм від 600 до 1500

Максимальна вага рулону, тонн 7,5

Максимальна температура товстої смуги, 0С 600

Зовнішній діаметр рулону, мм

- максимальний 1200

- мінімальний 900

Діаметр подаючих роликів, мм	
- верхнього	900
- нижнього	500
Діаметр барабана, мм	700
Довжина барабана, мм	2200

Кантувач рулонів що обслуговує змотувачі 2 групи: максимальна вага - 7,5 т. Висота рулону від 720 до 1500 мм, діаметр рулону від 1000 до 1300 мм. Ритм збирання рулонів 25 с. Час пересування на довжині 6200 мм - 6,45 с. Кут кантувача - 88°. Час кантування - 2,85с. Час підйому порожнього кантувача - 2,38с. Тип привода переміщення потужністю 75 кВт, число обертів - 520 об/хв. Тип привода кантувача, потужністю 46 кВт, число обертів - 580 об/хв.

Зі змотувачів 1 групи на конвеєр рулони переставляються крокуючою балкою. Довжина балки 8416 мм. Ширина нерухомих балок 2×1018 мм, рухомих - 500 мм. Зазор між рухливою й нерухомою балками 2×50 мм. Кількість рулонів на балці - 3шт. Максимальна вага рулону - 15 т. Максимальні габарити рулону: діаметр зовнішній - 1650 мм, висота - 1539 мм. Крок балки - 1704 мм. Висота підйому балки - 250 мм. Швидкість переміщення 0,4 м/с. Час циклу - 25 с. Тип привода - гідравлічний.

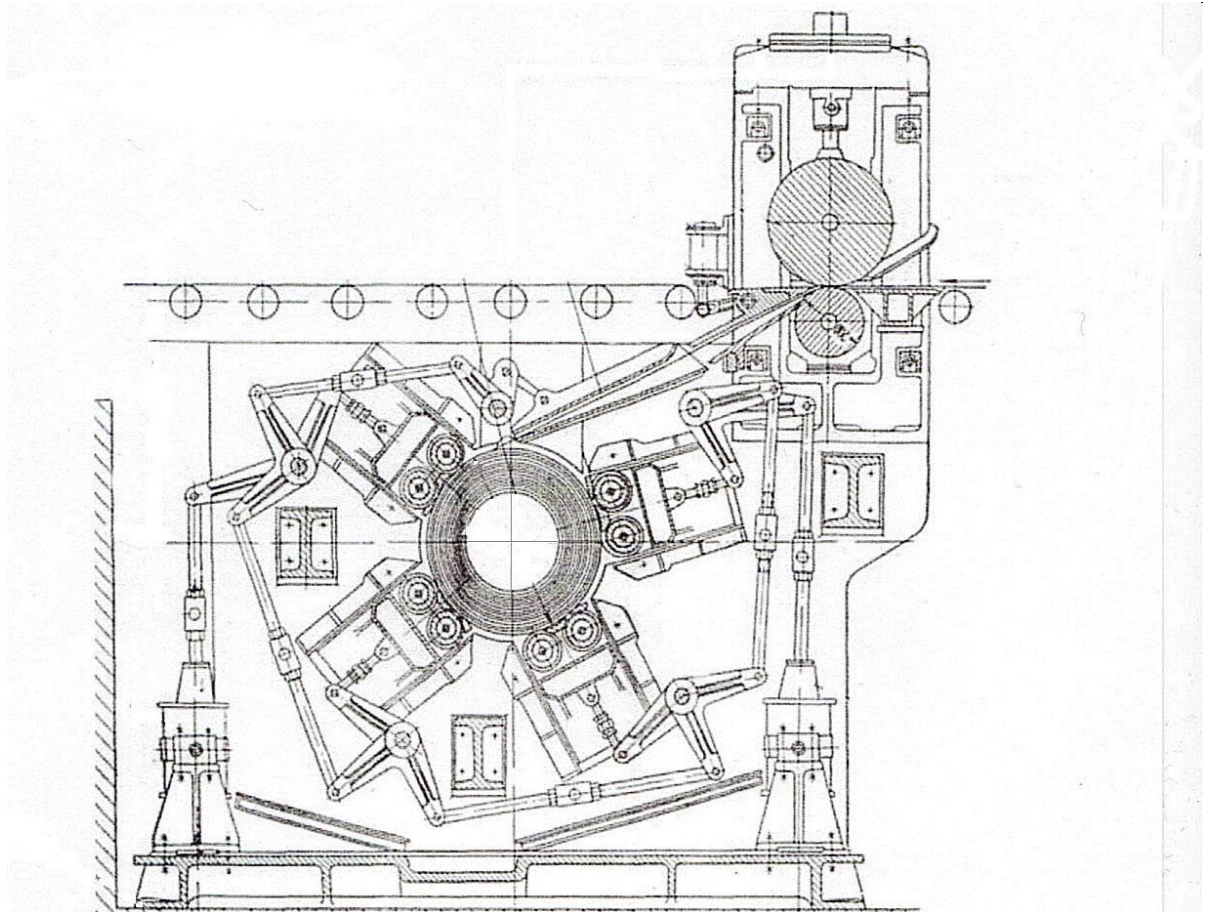


Рисунок 1.4 – Ролико – барабанна моталка для змотування штаб

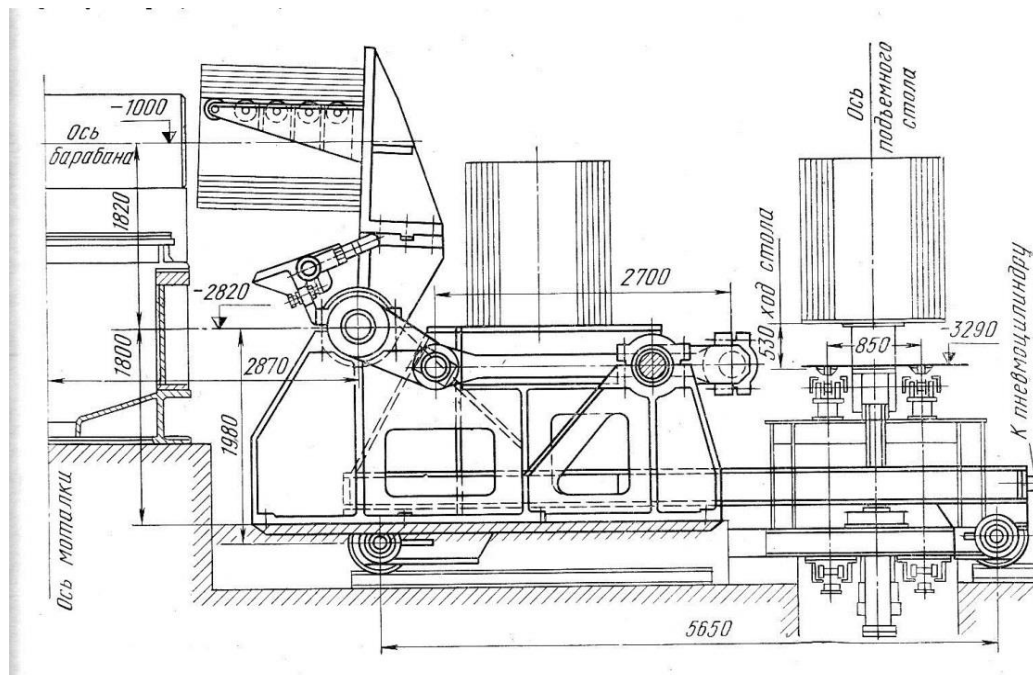


Рисунок 1.5 – Знімач рулонів

Від змотувачів рулони по конвеєру №1 відправляються до підйомно - поворотного столу №1. Швидкість руху конвеєра від 4,5 до 9,0 м/хв. Число ланцюгів - 2шт. Крок ланцюгів - 630 мм. Найменший крок розміщення рулонів: масою до 7,5 т - 1500 мм; масою до 15 т - 3000 мм. Тип привода конвеєра - МП-72, потужність - 72 кВт, число обертів 520 об/хв.

Підйомно-поворотний стіл №1 призначений для повороту стола на 90°. Час повороту стола – 7,5 с. Вантажопідйомність стола – 25 т. Швидкість завдання рулонів на стіл від 4,5 до 9,0 м/хв. Час повороту стола на 180° - 10,3 с. Час підйому стола - 4,0 с. Час опускання - 4,0 с. Хід стола - 550 мм.

Підйомно - поворотний стіл №2 призначений для повороту стола на 90°. Час повороту стола – 7 с. Вантажопідйомність – 15 т. Час підйому стола – 5 с. Час опускання стола – 5 с. Хід стола – 570 мм.

Намотувальний пристрій у лінії лівого холодного рольганга, призначений для змотування смуги товщиною від 2 до 6 мм. Матеріал смуги: вуглецева, легована або нержавіюча сталь. Ширина смуги – 1500 мм. Зовнішній діаметр рулону 1400 мм. Максимальна вага рулону 10 тонн. Швидкість намотування 65м/хв. Хід візка, який знімає рулони 2700 мм. Хід стола, який знімає рулони 500 мм.

1.3 Сортамент стана і марки сталі

Безперервний широкосмуговий стан гарячої прокатки тонкого листа 1680 призначений для прокатки смуг від 1,9 до 6,0 мм і шириною від 900 до 1520мм

Допускається прокатка освоєного сортаменту смуг товщиною від 6,1 до 10,2 мм.

За спеціальними замовленнями дозволяється прокатувати смуги шириною від 850 до 900 мм.

Смуги товщиною 2мм прокатуються шириною не більше 1250 мм.

Товщина, ширина, форма (площинність, серповидність) і якість поверхні гарячекатаних смуг повинні відповідати вимогам, а також технічним умовам і стандартам підприємства.

При поставці прокату на поверхні гарячекатаного прокату не повинно бути полон, порізів, пухирів, заходів, тріщин, наскрізних розривів, вкатою окалини, перетравів, недотравів. Розшарування не допускаються.

Фактичне граничне відхилення по ширині смуг не повинне перевищувати плюс 20 мм при ширині смуг до 1000 мм (включно) і плюс 30 мм при ширині смуг понад 1000 мм.

Поперекова різнотовщинність смуг, вимірювана на відстані 40 мм від краю й посередині смуги, призначених для подальшого переділу на холоднокатаний листа, не повинна перевищувати 0,10 мм.

Різнотовщинність крайок, обмірювана на відстані 5 і 40 мм від крайки, не повинна перевищувати 0,10 мм.

Таблиця 1.4 – Сортамент гарячекатаних смуг, що катають на БТЛС 1680

Група сталі	Товщина смуги, мм	Ширина смуги, мм
Напівспокійні, киплячі, нестаріючі	1,5	970-1030
	1,8	970-1100
	1,9	970-1100
	2,0-2,4	1000-1250
	2,5	860-950;1000-1250
	2,6-2,9	860-950;1000-1360
	3,0-3,9	860-950;1000-1500
	4,0-8,0	860-950;1000-1500
Спокійні	8,1-10,0	1000-1250
	2,0-2,4	1000
	2,5-3,1	1000-1250
Низьколеговані	3,2-10,0	860-950;1000-1400
	2,0-2,9	970-1000
	3,0-3,9	970-1250

	4,0-10,0	970-1400
Високовуглецеві для ремонтних цілей	30-90	1000-1270
Високовуглецеві для подальшого переділу	2,7-2,9 3,0-6,0	970-1050 970-1250
Високовуглецеві	2,7-3,9	970-1080

Поперекова різнотовщинність смуг, вимірювана на відстані 40 мм від крайки й посередині смуги, призначених для поставки на експорт у рулонах, не повинна перевищувати 0,15 мм.

Таблиця 1.5 – Граничні відхилення по товщині сталі

Товщина смуг, Мм	Граничні відхилення по товщині, мм			
	Висока точність АА	Підвищена точність А	Нормальна точність Б при ширині, мм	
			до 1250	більше 1250
від 4,0 до 5,0 вкл.	±0,25	±0,30	-	-
св. 5,0 до 6,0 вкл.	±0,28	±0,35	-	-
св. 6,0 до 7,0 вкл.	±0,30	±0,37	+0,3 -0,5	±0,50
св. 7,0 до 8,0 вкл.	-	±0,37		
св. 8,0 до 10,0 вкл.	-	-		

Таблиця 1.6 – Граничні відхилення по товщині сталі, що поставляється в листах і рулонах

Товщина смуг, мм	Граничні відхилення по товщині сталі при ширині, мм			
	До 1250 мм		Понад 1250 мм	
	Підвищена точність	Нормальна точність	Підвищена точність	Нормальна точність
від 4,0 до 5,0	+0,30	-	+0,30	-
	-0,30	-	-0,30	-
від 5,0 до 6,0	+0,35	-	+0,35	-
	-0,35	-	-0,35	-
від 6,0 до 7,0	+0,37	+0,30	+0,37	+0,50
	-0,37	-0,50	-0,37	-0,50
від 7,0 до 8,0	+0,37	+0,30	+0,37	+0,50
	-0,37	-0,50	-0,37	-0,50

Таблиця 1.7 – Граничні відхилення по товщині сталі при ширині

Товщина смуг, мм	Граничні відхилення по товщині сталі при ширині, мм			
	понад 950 до 1000		понад 1000 до 1500	
	Підвищена точність (клас А)	Нормальна точність (клас Б)	Підвищена точність (клас А)	Нормальна точність (клас Б)
1	2	3	4	5
1,4 до 1,6	±0,13	±0,15	±0,13	±0,18

1,60 до 1,80	$\pm 0,14$	$\pm 0,17$	$\pm 0,14$	$\pm 0,18$
1,80 до 2,00	$\pm 0,15$	$\pm 0,17$	$\pm 0,16$	$\pm 0,18$
2,00 до 2,20	$\pm 0,16$	$\pm 0,18$	$\pm 0,17$	$\pm 0,19$
2,20 до 2,50	$\pm 0,17$	$\pm 0,19$	$\pm 0,18$	$\pm 0,20$
2,50 до 3,00	$\pm 0,18$	$\pm 0,20$	$\pm 0,19$	$\pm 0,21$
3,00 до 3,50	$\pm 0,19$	$\pm 0,21$	$\pm 0,20$	$\pm 0,22$
3,50 до 3,90	$\pm 0,21$	$\pm 0,23$	$\pm 0,22$	$\pm 0,24$
3,9 до 5,50	+0,15-0,40	+0,30-0,40	+0,10-0,50	+0,30-0,50
5,50 до 7,50	+0,10-0,60	+0,20-0,60	+0,10-0,60	+0,25-0,60
7,50 до 10,0	+0,10-0,80	+0,20-0,80	+0,20-0,80	+0,30-0,80

В дипломному проекті розглядається марка сталі 08кп. Конструкційна вуглецева якісна сталь 08кп використовується для вироблення прокладок, шайб, вилок, труб, а також деталей, що піддаються хіміко-термічній обробці, — втулок, проушин, тяг.

Таблиця 1.8 – Хімічний склад сталі 08кп, % [10]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0,05-0,12	До 0,03	0,2-0,5	До 0,3	До 0,04	До 0,035	До 0,1	До 0,3	До 0,08

Таблиця 1.9 – Технологічні властивості сталі 08кп

Зварюваність:	без обмежень.
Флокеночутливість:	не чутлива.
Схильність до відпускнуї крихкості:	не схильна

1.4 Технологічний процес прокатки

Сляби прокатані в обтискному цеху передаються по транспортному рольгангу до кліті дуо, або по верхньому пічному рольгангу для нагріву в методичній печі. Сляби, нагріті до температури 1050-1120С, видаються з печі й по нижньому пічному рольгангу транспортуються до кліті дуо (чорновий окалинозламувач) і далі до робочих клітей чорнової групи, де обтискається відповідно до розрахунку. Для завантаження і переміщення слябів через печі використовуються штовхачі рейкового типу, кожен з яких має зусилля 80 тон. Кожна зона печі обладнана системою контролю й регулювання температури. На кожній печі автоматично регулюється тиск за допомогою електричного регулятора й виконавчого механізму, що управляє шибером.

Після обтиснення сляба в чорновому окалинозламувачі на 20 - 25 мм окалина зі сляба змивається гідрозбивом. Високий тиск води досягається роботою трьох насосів, так як окалина повинна бути повністю прибрана з

поверхні, як слябів, так і розкатів. Далі смуга надходить до робочих клітей, де обтискається до певної товщини.

Збив окалини проводиться за допомогою води високого тиску, що минає з спеціальних сопел, встановлених на гідравлічних колекторах води високого тиску перед і за кліттю ДУО, за чорновими клітями №№ 2 і 3 і чистовим окалинозламувачем. Особлива увага приділяється якісній роботі фільтрів води високого тиску, встановлених перед насосами, для чого в дні профілактичних ремонтів обов'язково проводиться їх чистка, а також промивання всіх колекторів.

Обтиснення в чорновій групі клітей проводиться до товщини 18 - 25 мм, залежно від кінцевої товщини розкату. Обтиснення країв розкату проводиться у вертикальних валках, встановлених перед клітями № 2, 3 і 4 на величину від 4 до 23 мм. У вертикальних валках виконується вирівнювання ширини смуги. Практично обтиснення у вертикальних валках зменшує величину смуги на величину поширення. При обтисненні у вертикальних валках поліпшується якість країв смуги за рахунок їх деформації.

Температура розкатів за кліттю № 4 повинна бути в межах, зазначених у технологічній карті для забезпечення температури кінця прокатки смуг у заданих межах. Тиск води при збиванні окалини з поверхні розкатів, що прокатують, при одночасній роботі всіх колекторів повинна бути не менше 80 атмосфер. Збивання повинне забезпечити повне її видалення з поверхні розкату.

Таблиця 1.10 – Максимальний обтиск, який допускають по клітях чорнової групи залежно від ширини сляба

Кліть	Максимальний обтиск при прокатці вуглецевих та низьковуглецевих сталей, %	
	Ширина слябу до 1250 мм	Ширина слябу понад 1250 мм

ДУО	25	20
1	35	30
2	37	35
3	40	37
4	40	37

Перевірка наявності окалини на поверхні гарячекатаних смуг здійснюється шляхом вирізки на всю ширину смуги проб довжиною від 300 до 350 мм. Проби вирізають на відстані не менш 4 м від заднього кінця рулону. Відбір проб проводиться на спеціальних ножицях, встановлених біля змотувачів №4-6. При виявленні вкатої окалини прокатка припиняється й стан зупиняється.

Перед тим, як розкат потрапляє в чистовий окалинозламувач, його змотують в рулон на проміжному перемотуючому пристрої і видають заднім кінцем вперед. Усі подвійні сляби прокатуються з використанням перемотуючого пристрою, а усі одинарні сляби без використання.

У чистовому окалинозламувачі видаляється вторинна окалина, що утворилася в процесі прокатки в чорновій групі клітей. Чистова група клітей являє собою безперервну групу, яка складається з 6 клітей кварто.

Таблиця 1.11 – Максимальні обтиски, по клітках чистової групи залежно від ширини сляба

№ клітей	Максимальні обтиснення при прокатці вуглецевих і низьколегованих сталей, %	
	До 1200 мм	Від 1200 до 1500 мм
5,6	50	45
7,8	40	35
9	25	25
10	15	15

Для забезпечення безперервності процесу прокатки між клітками чистової групи, встановлені петле-утримувачі, які призначені для запобігання нахльосту та розриву смуги. Петле-утримувачі необхідні для постійного натягнення смуги між клітками. При розподілі обтиснень у клітках чистової групи старший вальцювальник повинен стежити за тим, щоб навантаження на двигуни не перевищували гранично припустимі. Швидкості прокатки в клітках чистової групи повинні забезпечити в умовах заданих величин обтиснень необхідні температури кінця прокатки для даного профілю й даної групи марок стали. Максимальна швидкість прокатки досягає 9 м/с.

При підвищеній хвилястості по обидва крайках смуг вальцювальник 7-го або 6-го розряду збільшує тиск масла в системі противигину робочих валків кліті № 10. У разі неможливості виправлення хвилястості смуги тільки зміною

тиску масла в системі противигину кліті № 10 додатково проводиться зниження тиску масла в системі противигину робочих валків кліті № 9 або кліті № 8 або одночасно клітей №№ 8 і 9.

При коробоватості смуг проводиться зниження тиску масла в системі противигину робочих валків кліті № 10, а в разі неможливості виправлення коробоватості зміною тиску масла в системі противигину тільки кліті № 10 додатково проводиться збільшення тиску масла в системі противигину кліті № 9 або кліті № 8 або одночасно клітей №№ 8 і 9.

При підвищеній поперечної різнотовщинності смуг проводиться збільшення тиску масла в системі противигину робочих валків кліті № 8, а при необхідності і клітей №№ 9 і 10.

Межею зменшення поперечної різнотовщинності є поява за 10-й кліттю стану хвилястості при збільшенні тиску масла в системі противигину робочих валків клітей №№ 8 і 9 або поява коробоватості при збільшенні тиску масла в системі противигину кліті № 10.

У тих випадках, коли дії, що управляє противигину робочих валків клітей №№ 8-10 виявляється недостатньо для виправлення хвилястості, коробоватості або поперечної різнотовщинності, проводиться перерозподіл обтиснень: при хвилястості і підвищеної поперечної різнотовщинності - обтиснення в кліті № 10 зменшується, а в кліті № 9 - збільшується; при коробоватості - обтиснення в кліті № 10 збільшується, а в кліті № 9 - зменшується.

Контроль товщини і ширини прокатуваних смуг здійснює старший вальцювальник стану за показниками стаціонарних товщиномірів і шириномірів.

Розкати, які виходять із чистової групи клітей по транспортному рольгангу направляються до змотувачів 1 (№1,2,3) і 2 (№4,5,6) групи. При необхідності смуги охолоджуються в охолоджуючому пристрої. Температуру змотування смуг оператор змотувачів регулює шляхом вмикання (вимикання)

певної кількості верхніх і нижніх ванн душируючого пристрою. Для вирівнювання температури по довжині смуг, що змотують, оператор змотувачів використовує систему автоматичної підтримки температури.

Після охолодження смуги змотуються в рулони на змотувачах ролико-барабанного типу. Змотування смуг у рулони повинно забезпечити щільне прилягання витків рулону друг до друга з телескопічністю в межах стандартів, технічних умов і стандартів підприємства.

Після змотування рулони зіштовхувачем виштовхуються з барабана змотувача на кантувач. Потім рулони кантуються на конвеєр і направляються до підйомно-поворотного стола №1 для сортування металу по напрямках, для подальшого переділу. Знімання рулонів, призначених для подальшого переділу в ЦГПТЛ та ЦХП-3 проводиться з 1-ої секції конвеєра на склад з 5-ої секції конвеєра на склад 17-ої колії й з 7-ої секції конвеєра на склад 21-ої колії. Інші рулони за допомогою підйомно-поворотного стола №2 по конвеєру направляються в ЦХП-1.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз недоліків роботи обладнання стану

Наявність водоохолоджуваних гліссажних труб призводить до зниження температури металу в місці контакту на 20°C і більш, що приводить до нерівномірного нагрівання.

На нижньому пічному рольгангу відсутня система безударної видачі слябів, що приводить до деформації слябів.

Існуючі рекуператори фізично і морально зношені і не забезпечують ефективного підігрівання повітря.

Відсутня система запобігання підсосам холодного повітря через вікна видачі, що приводить до охолодження правої кромки слябів, що знаходяться на подині печі перед видачею.

Наявність неопалювальної методичної зони не дозволяє збільшити продуктивність печі, особливо при гарячому посаді слябів. Нерівномірний нагрів слябів по товщині приводить до різнотовщинності розкату при прокатці.

Недостатня обтискаюча здатність робочих клітей чорнової групи, що не дозволяє збільшити обтиснення слябів.

Відстані між робочими клітями чорнової групи не дозволяють прокатувати сляби масою більше 8 тон без утворення безперервних підгруп.

Відсутність ефективних засобів центрування розкату, що приводить до різнотовщинності розкату.

Не ефективна система гідрозбиву окалини (низький тиск води: 80-100 атм; застаріла конструкція сопел, що не забезпечує рівномірну і достатню силу удару струменя; великі відстані від поверхні розкату до сопла: 300-450 мм замість 150-200 мм; фізичний знос устаткування).

Відсутність шириноміра за чорною групою стану не дозволяє стежити за розміром розкату.

Конструкція редуктора кліті 10 не дозволяє збільшити швидкість прокатки більше 9,2 м/с.

Відсутні системи автоматичного регулювання товщини і форми смуг.

Існуючі системи противигину робочих валків на клітях 8-10 через конструктивні особливості не дозволяють збільшити зусилля противигину більше 90 тонн.

Існуючі системи противигину працюють лише в ручному режимі управління і не забезпечують оперативного регулювання площини смуг.

Високий темп прокатки і існуюча система охолодження робочих валків клітей чистової групи (витрата води не більше 3500 м³/час) зумовлюють температуру валків до 80-90⁰С, що не дозволяє використовувати робочі валки з сучасних зносостійких матеріалів.

Існуючий швидкісний режим прокатки не забезпечує необхідну температуру кінця прокатки смуг товщиною 2,7 мм і менш.

Відсутня система механізованої перевалки робочих валків клітей чистової групи, що приводить до втрат виробництва і не забезпечує терміни міжперевалочного періоду роботи валків, що рекомендуються.

Недостатня обтискаюча здатність чистової групи стану приводить до неточних розмірів.

Використання чавунних робочих валків недостатньої твердості (70-73 HRS) приводить до швидкого зносу валків.

Використання опорних валків недостатньої твердості (40-45 HRS) приводить до швидкого зносу валків.

Велика відстань (600-610 мм) між роликами рольгангу (має бути 260-330 мм) може привести до деформації переднього та заднього кінців.

Наявність суцільних плит (без роликів) над змотувачами, приводить до гальмування смуг і погіршення змотування смуг в рулони.

Витрата води на охолодження, складає до 2600 м³/час, що не забезпечує необхідну температуру змотуваних смуг завтовшки 4-8 мм без зниження швидкості прокатки.

Навіть при максимальній витраті води не забезпечується регулювання температури на задніх кінцях смуг.

Конструкція змотувачів застаріла і не забезпечує якісного змотування смуг товщиною менше 2 мм.

Змотувачі не дозволяють регулювати швидкість в процесі змотування для регулювання температури по довжині смуги.

Після змотування на змотувачах рулони транспортуються у вертикальному положенні, що приводить до травмування кромки.

2.2 Заходи щодо усунення недоліків

Можливість здійснення модернізації клітей чорнової групи з метою збільшення їх обтискної здатності, перш за все клітей з вертикальними валками, що дозволить збільшити обтискання розкатів по ширині і скоротити тим самим кількість типорозмірів слябів по ширині, що відливаються на МНЛЗ. Розглядається також варіант заміни клітей чорнової групи однією потужною реверсивною універсальною кліттю, який може бути реалізований на одному з наступних етапів реконструкції стану. В ході модернізації чистової групи стану пропонується збільшити швидкість прокатки до 14,0м/с, замінити механічне устаткування головних ліній і збільшити потужність головних приводних двигунів кожної кліті з 5000 до 7000кВт, а також встановити додаткову (сьому) чистову кліть, що забезпечить прокатку смуг з мінімальною товщиною до 1,0 мм.

Пропонується реконструкція і модернізація систем гідрозбиву окалини, охолодження валків і смуги. Підвищити міру автоматизації стану. З цією метою чистова група клітей стану буде оснащена наступними системами:

автоматичним попереднім налаштуванням і перебудовою міжвалкового зазору, колової швидкості валків і розчину лінійок; стабілізації натягнення смуги і автоматичного регулювання швидкісного режиму прокатки; автоматичного регулювання товщини смуги; автоматичного контролю і регулювання профілю і площини смуги; автоматичного регулювання і управління процесом охолодження смуги на рольгангу, що відводить.

Реалізація перерахованих технічних вирішень дозволить освоїти прокатку смуг з мінімальною товщиною до 1,0 мм із слябів збільшеної маси, понизити подовжню і поперечну різнотовщинність, відповідно, з 0,20-0,30 мм до $\pm 0,05$ мм і з 0,06-0,10 мм до 0,03-0,06 мм, зменшити неплоскостність і різноширинність смуг, відповідно, з 20-30мм/м до 10 мм/м і з +(20-30) мм до +(10-15) мм; понизити питому витрату енергії на прокатку в чистовій групі на 10 %, підвищити стабільність механічних властивостей по довжині смуги

2.3 Розробка режиму обтисків у чорновій групі клітей при прокатці слябів зі зливків типу 2С на безперервному стані 1680 ЦГПТЛ ПАТ «Запоріжсталь»

Таблиця 2.12 - Сортамент зливків 2С типу, прокатуваних на стані Слябінгу

Тип зливка	Перетин зливка, мм		Нормати вна висота, мм	Нормати вна маса зливка, мм	Ширина прокатуваних слябів, мм
	Верх	Низ			
Кипляча, напівспокійна і нестаріюча сталь					
2С	720×1	780×1	2500	17,1	1170-1400
	420	450			
2Б/2 Д	720×1	780×1	2350	15,73/15, 47	1170-1360
	370	400			
Сталь ковшового варіанти розкислення (заспокоєна)					
2С	720×1	780×1	2500	17,4	1170-1400

	420	450			
2Б/2	720×1	780×1	2350	16,07/15,	1170-1360
Д	370	400		84	

Зливки 2С типу відрізняються від інших звичайних плавок великим об'ємом за рахунок нової конструкції виливниць. Зливки 2С типу більші по висоті. За рахунок великого об'єму злиwkів 2С типу дає можливість прокатувати зливки більшої довжини ніж зазвичай.

Висота злиwkів 2С типу складає від 2450 – 2600 мм, ширина прокатуваних злиwkів від 1170 – 1400 мм. Розрахункова маса злиwkів 2С типу дорівнює 17,2 тонни на 1,4 тонни більше злиwkів 2Д типу.

Обтиснення клітей чорнової групи розподіляють за рахунок довжини слябу, тому посадчик гарячого металу при порізки злиwkів 2С типу на пульті управління (ПУ2) оперативно передає інформацію на пост чорнової групи довжину слябу.

Таблиця 2.13 – Рекомендована товщина сляба після прокатки в клітях чорнової групи

Довжина сляба	ДУО	Кл.№1	Кл.№2	Кл.№3	Кл.№4
2 Д до 10000 мм	130 мм	86 мм	51 мм	35 мм	23 мм
2С до 10500 мм	130 мм	91 мм	53 мм	36 мм	23 мм
2С до 11000 мм	130 мм	93 мм	54 мм	37 мм	23 мм

Оператору чорнової групи при перерозподілі обтиснень по клітям необхідно налаштувати швидкісні режими клітей і еджерів. У випадку обмеження швидкості по клітям через зміни діаметра валків робочих клітей

чорнової групи спільно з вальцювальником перерозподілити обтиснення клітей і не допускати утворення петлі при спільній прокатці сляба в кл.№2 і 3, кл.№3 і 4, аж до збільшення товщини підкату для чистової групи.

Сляб 150×1245×10350 мм

Обтиснення в кліті ДУО і в кліті №1 розподіляють так, щоб при проходженні розкату в еджері №1 і в кліті №2, розкат встиг вийти з кліті №1. Відстань від кліті ДУО до кліті №1 складає 6,25 м. В кліті ДУО при довжині сляба 10350 складає 15,3 %, щоб товщина смуги вийшла 127 мм. В кліті №1 складає 30%, щоб товщина прокатуваного слябу вийшла 89-90 мм. Відстань між клітьми №1 і №2 дорівнює 21,0 м. Потім розкат задається в еджер №2 і в кліть №3, при цьому розкат знаходиться в кліті №2. Таким чином розкат прокатується одночасно в кліті №2 і №3. Обтиснення в кліті №2 складає 35%, щоб товщина прокатуваного слябу вийшла 58 мм. Відстань між клітьми №2 і №3 складає 19,1 м. Далі смуга надходить до еджера №3 і до кліті №4, при цьому смуга повинна встигнути вийти з кліті №2. Розкат прокатується одночасно в кліті №3 і №4. Обтиснення в кліті №3 складає 37%, щоб товщина прокатуваного слябу вийшла 36 мм. Обтиснення в кліті №4 складає 39,5%, щоб підкат для чистової групи дорівнював 22 мм. Відстань між клітьми №3 і №4 дорівнює 25,5 м. Ні в якому разі смуга не повинна знаходитися в трьох клітьх одночасно (№2,№3 і №4). Таким чином розрахунок режиму обтисків в чорновій групі клітей відповідає заданим режимам для прокатки зливків типу 2С.

2.4 Розрахункова частина

2.4.1 Розрахунок режиму обтисків

Вихідні дані:

$$h_0 \times b_0 = 150 \times 1245 \text{ мм} \quad h_k \times b_k = 2,5 \times 1245 \text{ мм}$$

Марка сталі 08кп

1. Визначаємо величину відносного обтиску в чорновій групі клітей:

$$\varepsilon_{\text{ДГО}} = 15,3 \% \quad (2.1)$$

$$\varepsilon_1 = 30 \%$$

$$\varepsilon_2 = 35 \%$$

$$\varepsilon_3 = 37 \%$$

$$\varepsilon_4 = 39,5 \%$$

2. Визначаємо товщину розкату в чорновій групі клітей:

$$h_{\text{ДГО}} = h_0(1 - \varepsilon_{\text{ДГО}}) = 150(1 - 0,153) = 127 \text{ мм} \quad (2.2)$$

$$h_1 = h_{\text{ДГО}}(1 - \varepsilon_1) = 127(1 - 0,3) = 89 \text{ мм}$$

$$h_2 = h_1(1 - \varepsilon_2) = 89(1 - 0,35) = 58 \text{ мм}$$

$$h_3 = h_2(1 - \varepsilon_3) = 58(1 - 0,37) = 36 \text{ мм}$$

$$h_4 = h_3(1 - \varepsilon_4) = 36(1 - 0,395) = 22 \text{ мм}$$

3. Визначаємо абсолютний обтиск в чорновій групі клітей:

$$\Delta h_{\text{ДГО}} = h_0 - h_{\text{ДГО}} = 150 - 127 = 23 \text{ мм} \quad (2.3)$$

$$\Delta h_1 = h_{\text{ДГО}} - h_1 = 127 - 89 = 38 \text{ мм}$$

$$\Delta h_2 = h_1 - h_2 = 89 - 58 = 31 \text{ мм}$$

$$\Delta h_3 = h_2 - h_3 = 58 - 36 = 22 \text{ мм}$$

$$\Delta h_4 = h_3 - h_4 = 36 - 22 = 14 \text{ мм}$$

4. Визначаємо поширення в чорновій групі клітей:

$$\Delta b_{\text{ДГО}} = 0.35 \times \frac{\Delta h_{\text{ДГО}}}{h_0} \times \sqrt{R \times \Delta h_{\text{ДГО}}} = 0.35 \times \frac{23}{150} \times \sqrt{450 \times 23} = 5 \text{ мм} \quad (2.4)$$

$$\Delta b_1 = 0.35 \times \frac{\Delta h_1}{h_{\partial y_0}} \times \sqrt{R \times \Delta h_1} = 0.35 \times \frac{38}{127} \times \sqrt{470 * 38} = 14 \text{ мм}$$

$$\Delta b_2 = 0.35 \times \frac{\Delta h_2}{h_1} \times \sqrt{R \times \Delta h_2} = 0.35 \times \frac{31}{89} \times \sqrt{425 * 31} = 14 \text{ мм}$$

$$\Delta b_3 = 0.35 \times \frac{\Delta h_3}{h_2} \times \sqrt{R \times \Delta h_3} = 0.35 \times \frac{22}{58} \times \sqrt{310 * 22} = 11 \text{ мм}$$

$$\Delta b_4 = 0.35 \times \frac{\Delta h_4}{h_3} \times \sqrt{R \times \Delta h_4} = 0.35 \times \frac{14}{36} \times \sqrt{310 * 14} = 9 \text{ мм}$$

5. Визначаємо сумарну величину поширення:

$$\sum \Delta b = \Delta b_{\partial y_0} + \Delta b_1 + \Delta b_2 + \Delta b_3 + \Delta b_4 = 5 + 14 + 14 + 11 + 9 = 53 \text{ мм} \quad (2.5)$$

6. Визначаємо сумарну величину поширення в вертикальних клітках:

$$\sum \Delta h_{\text{спт}} = b_0 - b_k + \sum \Delta b = 1245 - 1245 + 53 = 53 \text{ мм} \quad (2.6)$$

7. Розподіляємо обтиск в вертикальних клітках по проходах:

$$\Delta h_{\varepsilon 1} = 25 \text{ мм} \quad (2.7)$$

$$\Delta h_{\varepsilon 2} = 20 \text{ мм}$$

$$\Delta h_{\varepsilon 3} = 8 \text{ мм}$$

8. Визначаємо ширину розкату по проходах в чорновій групі клітей:

$$b_{\partial y_0} = b_0 + \Delta b_{\partial y_0} = 1245 + 5 = 1250 \text{ мм} \quad (2.8)$$

$$b_1 = b_{\partial y_0} + \Delta b_1 = 1250 + 14 = 1264 \text{ мм}$$

$$b_2 = b_1 + \Delta b_2 - \Delta h_{\varepsilon 1} = 1264 + 14 - 25 = 1253 \text{ мм}$$

$$b_3 = b_2 + \Delta b_3 - \Delta h_{\varepsilon 2} = 1253 + 11 - 20 = 1244 \text{ мм}$$

$$b_4 = b_3 + \Delta b_4 - \Delta h_{\varepsilon 3} = 1244 + 9 - 8 = 1245 \text{ мм}$$

9. Визначаємо площі поперечного перетину по проходам:

$$F_0 = h_0 \times b_0 = 150 \times 1245 = 186750 \text{ мм}^2 \quad (2.9)$$

$$F_{\partial y_0} = h_{\partial y_0} \times b_{\partial y_0} = 127 \times 1250 = 158750 \text{ мм}^2$$

$$F_1 = h_1 \times b_1 = 89 \times 1264 = 112496 \text{ мм}^2$$

$$F_2 = h_2 \times b_2 = 58 \times 1253 = 72674 \text{ мм}^2$$

$$F_3 = h_3 \times b_3 = 36 \times 1244 = 44784 \text{ мм}^2$$

$$F_4 = h_4 \times b_4 = 22 \times 1245 = 27390 \text{ мм}^2$$

10. Визначаємо витягування в чорновій групі клітей:

$$\mu_{\partial y_0} = \frac{F_0}{F_{\partial y_0}} = \frac{186750}{158750} = 1,17 \quad (2.10)$$

$$\mu_1 = \frac{F_{\partial y_0}}{F_1} = \frac{158750}{112496} = 1,41$$

$$\mu_2 = \frac{F_1}{F_2} = \frac{112496}{72674} = 1,55$$

$$\mu_3 = \frac{F_2}{F_3} = \frac{72674}{44784} = 1,62$$

$$\mu_4 = \frac{F_3}{F_4} = \frac{44784}{27390} = 1,63$$

11. Визначаємо кути захоплення в чорновій групі клітей:

$$\alpha_{\partial y_0} = \sqrt{\frac{\Delta h_{\partial y_0}}{R}} \times 57.3 = \sqrt{\frac{23}{450}} \times 57.3 = 13^\circ \quad (2.11)$$

$$\alpha_1 = \sqrt{\frac{\Delta h_1}{R}} \times 57.3 = \sqrt{\frac{38}{470}} \times 57.3 = 16^\circ$$

$$\alpha_2 = \sqrt{\frac{\Delta h_2}{R}} \times 57.3 = \sqrt{\frac{31}{425}} \times 57.3 = 15^\circ$$

$$\alpha_3 = \sqrt{\frac{\Delta h_3}{R}} \times 57.3 = \sqrt{\frac{22}{320}} \times 57.3 = 14^\circ$$

$$\alpha_4 = \sqrt{\frac{\Delta h_4}{R}} \times 57.3 = \sqrt{\frac{14}{320}} \times 57.3 = 12^\circ$$

12. Визначаємо загальний коефіцієнт обтисків у чистовій групі клітей:

$$\eta_{заг} = \frac{h_K}{h_4} = \frac{2,5}{22} = 0,113 \quad (2.12)$$

13. Визначаємо середній коефіцієнт обтисків:

$$\eta_{сеп} = \sqrt[n]{\eta_{заг}} = \sqrt[6]{0,113} = 0,696 \quad (2.13)$$

14. Розподіляємо величину обтисків по проходах:

$$\eta = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times \eta_4 \times \eta_5 \times \eta_6 = 0,611 \times 0,655 \times 0,689 \times 0,711 \times 0,755 \times 0,768 = 0,113 \quad (2.14)$$

15. Визначаємо товщину розкату в чистовій групі клітей:

$$h_5 = h_4 \times \eta_5 = 22 \times 0,611 = 13,4 \text{ мм} \quad (2.15)$$

$$h_6 = h_5 \times \eta_6 = 13,4 \times 0,655 = 8,8 \text{ мм}$$

$$h_7 = h_6 \times \eta_7 = 8,8 \times 0,689 = 6 \text{ мм}$$

$$h_8 = h_7 \times \eta_8 = 6 \times 0,711 = 4,3 \text{ мм}$$

$$h_9 = h_8 \times \eta_9 = 4,3 \times 0,755 = 3,2 \text{ мм}$$

$$h_{10} = h_9 \times \eta_{10} = 3,2 \times 0,768 = 2,5 \text{ мм}$$

16. Визначаємо абсолютний обтиск в чистовій групі клітей:

$$\Delta h_5 = h_4 - h_5 = 22 - 13,4 = 8,6 \text{ мм} \quad (2.16)$$

$$\Delta h_6 = h_5 - h_6 = 13,4 - 8,8 = 4,6 \text{ мм}$$

$$\Delta h_7 = h_6 - h_7 = 8,8 - 6 = 2,8 \text{ мм}$$

$$\Delta h_8 = h_7 - h_8 = 6 - 4,3 = 1,7 \text{ мм}$$

$$\Delta h_9 = h_8 - h_9 = 4,3 - 3,2 = 1,1 \text{ мм}$$

$$\Delta h_{10} = h_9 - h_{10} = 3,2 - 2,5 = 0,7 \text{ мм}$$

17. Визначаємо площі поперечного перетину в чистовій групі клітей:

$$F_5 = h_5 \times b_4 = 13,4 \times 1245 = 16683 \text{ мм}^2 \quad (2.17)$$

$$F_6 = h_6 \times b_4 = 8,8 \times 1245 = 10956 \text{ мм}^2$$

$$F_7 = h_7 \times b_4 = 6 \times 1245 = 7470 \text{ мм}^2$$

$$F_8 = h_8 \times b_4 = 4,3 \times 1245 = 5353 \text{ мм}^2$$

$$F_9 = h_9 \times b_4 = 3,2 \times 1245 = 3984 \text{ мм}^2$$

$$F_{10} = h_{10} \times b_4 = 2,5 \times 1245 = 3112 \text{ мм}^2$$

18. Визначаємо витягування в чистовій групі клітей по проходах:

$$\mu_5 = \frac{F_4}{F_5} = \frac{27390}{16683} = 1,64 \quad (2.18)$$

$$\mu_6 = \frac{F_5}{F_6} = \frac{16683}{10956} = 1,52$$

$$\mu_7 = \frac{F_6}{F_7} = \frac{10956}{7470} = 1,46$$

$$\mu_8 = \frac{F_7}{F_8} = \frac{7470}{5353} = 1,39$$

$$\mu_9 = \frac{F_8}{F_9} = \frac{5353}{3984} = 1,34$$

$$\mu_{10} = \frac{F_9}{F_{10}} = \frac{3984}{3112} = 1,28$$

19. Визначаємо величину відносних обтисків в чистовій групі клітей по проходах:

$$\varepsilon_5 = \frac{\Delta h_5}{h_4} 100\% = \frac{8,6}{22} \times 100\% = 39\% \quad (2.19)$$

$$\varepsilon_6 = \frac{\Delta h_6}{h_5} 100\% = \frac{4,6}{13,4} \times 100\% = 34\%$$

$$\varepsilon_7 = \frac{\Delta h_7}{h_6} 100\% = \frac{2,8}{8,8} \times 100\% = 32\%$$

$$\varepsilon_8 = \frac{\Delta h_8}{h_7} 100\% = \frac{1,7}{6} \times 100\% = 28\%$$

$$\varepsilon_9 = \frac{\Delta h_9}{h_8} 100\% = \frac{1,1}{4,3} \times 100\% = 25\%$$

$$\varepsilon_{10} = \frac{\Delta h_{10}}{h_9} 100\% = \frac{0,7}{3,2} \times 100\% = 22\%$$

20. Визначаємо кути захоплення в чорновій групі клітей по проходах:

$$\begin{aligned} \alpha_5 &= \sqrt{\frac{8,6}{310}} \times 57,3 = 9^\circ & \alpha_6 &= \sqrt{\frac{4,6}{310}} \times 57,3 = 7^\circ \\ \alpha_7 &= \sqrt{\frac{2,8}{310}} \times 57,3 = 5^\circ & \alpha_8 &= \sqrt{\frac{1,7}{310}} \times 57,3 = 4^\circ \\ \alpha_9 &= \sqrt{\frac{1,1}{310}} \times 57,3 = 3^\circ & \alpha_{10} &= \sqrt{\frac{0,7}{310}} \times 57,3 = 2^\circ \end{aligned} \quad (2.20)$$

21. Визначаємо швидкості прокатки в чорновій групі клітей по проходах:

$$\begin{aligned} V_{\text{звс}} &= \frac{\pi D n}{60} = \frac{3,14 \times 0,9 \times 16}{60} = 0,75 \text{ м/с}; \\ V_1 &= \frac{\pi D n}{60} = \frac{3,14 \times 0,94 \times 22}{60} = 1,09 \text{ м/с}; \\ V_2 &= \frac{\pi D n}{60} = \frac{3,14 \times 0,85 \times 25}{60} = 1,12 \text{ м/с}; \\ V_3 &= \frac{\pi D n}{60} = \frac{3,14 \times 0,62 \times 45}{60} = 1,46 \text{ м/с}; \\ V_4 &= \frac{\pi D n}{60} = \frac{3,14 \times 0,62 \times 65}{60} = 2,11 \text{ м/с}. \end{aligned} \quad (2.21)$$

22. Визначаємо швидкості прокатки в чистовій групі клітей по проходах:

$$\begin{aligned} C &= h * V; \\ V &= 9 \text{ м}^2/\text{с} \\ C &= 2,5 * 9 = 22,5 \text{ м}^2/\text{с} \\ V_5 &= \frac{C}{F} = 1,68 \text{ м}^2/\text{с} \\ V_6 &= \frac{C}{F} = 2,55 \text{ м}^2/\text{с} \\ V_7 &= \frac{C}{F} = 3,75 \text{ м}^2/\text{с} \end{aligned} \quad (2.22)$$

$$V_8 = \frac{C}{F} = 5,23 \text{ м}^2/\text{с}$$

$$V_9 = \frac{C}{F} = 7,03 \text{ м}^2/\text{с}$$

$$V_{10} = \frac{C}{F} = 9 \text{ м}^2/\text{с}$$

Таблиця 2.14 – Розрахунок режиму обтисків

№ з/п	h_0 мм	b_0 мм	h_1 Мм	b_1 мм	Δh М м	Δ б м м	F мм ²	μ	η	α^0	V м/с
дуо	150	1245	127	1250	23	5	15780	117	—	13	0,75
1	127	1250	89	1264	38	14	112 496	141	—	16	1,09
2	89	1264	58	1253	31	14	726 74	155	—	15	1,12
3	58	1253	36	1244	22	11	447 84	162	—	14	1,46

4	36	1244	22	1245	14	9	273 90	163	—	12	2,11
5	22	1245	13,4	1245	8,6	—	16683	164	0,61	9	1,68
6	13,4	1245	8,8	1245	4,6	—	10956	1,5 2	0,655	7	2,55
7	8,8	1245	6	1245	2,8	—	7470	1,4 6	0,689	5	3,75
8	6	1245	4,3	1245	1,7	—	5353	1,3 9	0,711	4	5,23
9	4,3	1245	3,2	1245	1,1	—	3984	1,3 4	0,755	3	7,03
10	3,2	1245	2,5	1245	0,7	—	3112	1,2 8	0,768	2	9

2.4.2 Розрахунок зусилля прокатки

Зусилля прокатки знаходимо по формулі

$$P = p \cdot F$$

де p - контактний тиск

F - площа контактної поверхні

$$p = k \cdot n'_\sigma$$

де k - опір деформації

n'_σ - коефіцієнт, який враховує вплив тертя

Опір деформації визначаємо за методом Головіна-Тягунова [1]

$$k_n = k_m \cdot \sigma_B$$

де k_t - температурний коефіцієнт

σ_B - межа міцності

1. Розподіляємо температуру по проходах, виходячи з практичних даних

$$t_{дуо} = 1250 \quad (2.23)$$

$$t_1 = 1230^{\circ}\text{C}, \quad t_6 = 1010^{\circ}\text{C},$$

$$t_2 = 1200^{\circ}\text{C}, \quad t_7 = 950^{\circ}\text{C},$$

$$t_3 = 1160^{\circ}\text{C}, \quad t_8 = 900^{\circ}\text{C},$$

$$t_4 = 1110^{\circ}\text{C}, \quad t_9 = 870^{\circ}\text{C},$$

$$t_5 = 1060^{\circ}\text{C}, \quad t_{10} = 850^{\circ}\text{C},$$

2. Знаючи вміст вуглецю визначаємо температуру плавлення і межу міцності.

$$t_{пл} = 1500^{\circ}\text{C}, \quad \sigma_B = 350 \text{ МН/м}^2 \quad (2.24)$$

Визначаємо температурний коефіцієнт

$$k_{t_n} = \frac{t_{шт} - 75 - t_n}{1500}$$

$$k_{t_1} = \frac{1500 - 75 - 1250}{1500} = 0,11$$

$$k_{t_1} = \frac{1500 - 75 - 1230}{1500} = 0,13$$

$$k_{t_2} = \frac{1500 - 75 - 1200}{1500} = 0,15$$

$$k_{t_3} = \frac{1500 - 75 - 1170}{1500} = 0,17$$

$$k_{t_4} = \frac{1500 - 75 - 1110}{1500} = 0,21$$

$$k_{t_5} = \frac{1500 - 75 - 1060}{1500} = 0,24$$

$$k_{t_6} = \frac{1500 - 75 - 1010}{1500} = 0,28$$

$$k_{t_7} = \frac{1500 - 75 - 950}{1500} = 0,32$$

$$k_{t_8} = \frac{1500 - 75 - 900}{1500} = 0,35$$

$$k_{t_9} = \frac{1500 - 75 - 870}{1500} = 0,37$$

$$k_{t_{10}} = \frac{1500 - 75 - 850}{1500} = 0,38$$

3. Визначаємо опір деформації за методом Головіна-Тягунова [1]

$$k_n = k_m \cdot \sigma_B,$$

де σ_B – межа міцності, МН / м²

$$k_{дуо} = 0,11 \cdot 350 = 38,5 \text{ МН/м}^2 \quad (2.25)$$

$$k_1=0,13 \cdot 350=45,5 \text{ МН/м}^2$$

$$k_2=0,15 \cdot 350=52,5 \text{ МН/м}^2$$

$$k_3=0,17 \cdot 350=69,5 \text{ МН/м}^2$$

$$k_4=0,21 \cdot 350=73,5 \text{ МН/м}^2$$

$$k_5=0,24 \cdot 350=84 \text{ МН/м}^2$$

$$k_6=0,28 \cdot 350=98 \text{ МН/м}^2$$

$$k_7=0,32 \cdot 350=112 \text{ МН/м}^2$$

$$k_8=0,35 \cdot 350=122,5 \text{ МН/м}^2$$

$$k_9=0,37 \cdot 350=129,5 \text{ МН/м}^2$$

$$k_{10}=0,38 \cdot 350=133 \text{ МН/м}^2$$

4. Визначаємо довжину осередка деформації по проходах

$$l_n = \sqrt{R \cdot \Delta h_n} \quad (2.26)$$

$$l_{\text{дуо}} = \sqrt{450 \cdot 23} = 101,7 \text{ мм}$$

$$l_1 = \sqrt{475 \cdot 38} = 134,3 \text{ мм}$$

$$l_2 = \sqrt{425 \cdot 31} = 114,8 \text{ мм}$$

$$l_3 = \sqrt{310 \cdot 22} = 82,6 \text{ мм}$$

$$l_4 = \sqrt{310 \cdot 14} = 65,9 \text{ мм}$$

$$l_5 = \sqrt{310 \cdot 8,6} = 51,6 \text{ мм}$$

$$l_6 = \sqrt{310 \cdot 4,6} = 37,7 \text{ мм}$$

$$l_7 = \sqrt{310 \cdot 2,8} = 29,5 \text{ мм}$$

$$l_8 = \sqrt{310 \cdot 1,7} = 22,9 \text{ мм}$$

$$l_9 = \sqrt{310 \cdot 1,1} = 18,5 \text{ мм}$$

$$l_{10} = \sqrt{310 \cdot 0,7} = 14,7 \text{ мм}$$

5. Визначаємо коефіцієнт тертя по проходах:

$$f_y = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot (1,05 - 0,0005 \cdot t) \quad (2.27)$$

$$f_{\text{ДУО}} = 1 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot (1,05 - 0,0005 \cdot 1250) = 0,21$$

$$f_1 = 1 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot (1,05 - 0,0005 \cdot 1230) = 0,22$$

$$f_2 = 1 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot (1,05 - 0,0005 \cdot 1200) = 0,23$$

$$f_3 = 1 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot (1,05 - 0,0005 \cdot 1170) = 0,23$$

$$f_4 = 1 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot (1,05 - 0,0005 \cdot 1110) = 0,25$$

$$f_5 = 1 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot (1,05 - 0,0005 \cdot 1060) = 0,26$$

$$f_6 = 1 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot (1,05 - 0,0005 \cdot 1010) = 0,27$$

$$f_7 = 1 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot (1,05 - 0,0005 \cdot 950) = 0,29$$

$$f_8 = 1 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot (1,05 - 0,0005 \cdot 900) = 0,3$$

$$f_9 = 1 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot (1,05 - 0,0005 \cdot 870) = 0,31$$

$$f_{10} = 1 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot (1,05 - 0,0005 \cdot 850) = 0,31$$

6. Визначаємо коефіцієнт, який враховує вплив зовнішнього тертя

$$n' \sigma_n = 1 + f_y \left(\frac{L}{h_c} - 1 \right) \quad (2.28)$$

$$n' \sigma_{\text{ДУО}} = 1 + 0,21 \left(\frac{101,7 \cdot 2}{150 + 127} - 1 \right) = 0,94$$

$$n' \sigma_1 = 1 + 0,22 \left(\frac{134,3 \cdot 2}{127 + 89} - 1 \right) = 1,05$$

$$n' \sigma_2 = 1 + 0,23 \left(\frac{114,8 \cdot 2}{89 + 58} - 1 \right) = 1,13$$

$$n' \sigma_3 = 1 + 0,23 \left(\frac{82,6 \cdot 2}{58 + 36} - 1 \right) = 1,17$$

$$n'\sigma_4 = 1 + 0,25 \left(\frac{65,9 \cdot 2}{36 + 22} - 1 \right) = 1,32$$

$$n'\sigma_5 = 1 + 0,26 \left(\frac{51,6 \cdot 2}{22 + 13,4} - 1 \right) = 1,5$$

$$n'\sigma_6 = 1 + 0,27 \left(\frac{37,7 \cdot 2}{13,4 + 8,8} - 1 \right) = 1,65$$

$$n'\sigma_7 = 1 + 0,29 \left(\frac{29,5 \cdot 2}{8,8 + 6} - 1 \right) = 1,86$$

$$n'\sigma_8 = 1 + 0,3 \left(\frac{22,9 \cdot 2}{6 + 4,3} - 1 \right) = 2,03$$

$$n'\sigma_9 = 1 + 0,31 \left(\frac{18,5 \cdot 2}{4,3 + 3,2} - 1 \right) = 2,45$$

$$n'\sigma_{10} = 1 + 0,31 \left(\frac{14,7 \cdot 2}{3,2 + 2,5} - 1 \right) = 2,29$$

7. Визначаємо контактний тиск

$$p_{cp} = n'\sigma \cdot k \quad (2.29)$$

$$P_{срд\text{уо}} = 0,94 \cdot 38,5 = 36,2 \text{ МН/м}^2$$

$$p_{cp1} = 1,05 \cdot 45,5 = 47,8 \text{ МН/м}^2$$

$$p_{cp2} = 1,13 \cdot 52,5 = 59,3 \text{ МН/м}^2$$

$$p_{cp3} = 1,17 \cdot 69,5 = 81,3 \text{ МН/м}^2$$

$$p_{cp4} = 1,32 \cdot 73,5 = 97 \text{ МН/м}^2$$

$$p_{cp5} = 1,5 \cdot 84 = 126 \text{ МН/м}^2$$

$$p_{cp6} = 1,65 \cdot 98 = 161,7 \text{ МН/м}^2$$

$$p_{cp7} = 1,86 \cdot 112 = 208,3 \text{ МН/м}^2$$

$$p_{cp8} = 2,03 \cdot 122,5 = 248,7 \text{ МН/м}^2$$

$$p_{cp9} = 2,45 \cdot 129,5 = 317,3 \text{ МН/м}^2$$

$$p_{cp10} = 2,29 \cdot 133 = 304,5 \text{ МН/м}^2$$

8. Визначаємо площу контактної поверхні

$$F = \frac{b_{n-1} + b_n}{2} l \quad (2.30)$$

$$F_{\text{дуо}} = \frac{1245 + 1250}{2} \cdot 101,7 = 126871 \text{ мм}^2$$

$$F_1 = \frac{1250 + 1264}{2} \cdot 134,3 = 168815 \text{ мм}^2$$

$$F_2 = \frac{1264 + 1253}{2} \cdot 114,8 = 144476 \text{ мм}^2$$

$$F_3 = \frac{1253 + 1244}{2} \cdot 82,6 = 103126 \text{ мм}^2$$

$$F_4 = \frac{1244 + 1245}{2} \cdot 65,9 = 82012 \text{ мм}^2$$

$$F_5 = \frac{1245 + 1245}{2} \cdot 51,6 = 64242 \text{ мм}^2$$

$$F_6 = \frac{1245 + 1245}{2} \cdot 37,7 = 46936 \text{ мм}^2$$

$$F_7 = \frac{1245 + 1245}{2} \cdot 29,5 = 36727 \text{ мм}^2$$

$$F_8 = \frac{1245 + 1245}{2} \cdot 22,9 = 28510 \text{ мм}^2$$

$$F_9 = \frac{1245 + 1245}{2} \cdot 18,5 = 23032 \text{ мм}^2$$

$$F_{10} = \frac{1245 + 1245}{2} \cdot 14,7 = 18301 \text{ мм}^2$$

9. Визначаємо зусилля прокатки

$$P = p_{\text{cp}} \cdot F \quad (2.31)$$

$$P_{\text{дуо}} = 36,2 \cdot 0,1268 = 4,59 \text{ МН}$$

$$P_1=47,8 \cdot 0,1688=8,07 \text{ МН}$$

$$P_2=59,3 \cdot 0,1444=8,56 \text{ МН}$$

$$P_3=81,3 \cdot 0,1031=8,38 \text{ МН}$$

$$P_4=97 \cdot 0,0820=7,95 \text{ МН}$$

$$P_5=126 \cdot 0,0642=8,09 \text{ МН}$$

$$P_6=161,7 \cdot 0,0469=7,58 \text{ МН}$$

$$P_7=208,3 \cdot 0,0367=7,64 \text{ МН}$$

$$P_8=248,7 \cdot 0,0285=7,09 \text{ МН}$$

$$P_9=317,3 \cdot 0,0230=7,3 \text{ МН}$$

$$P_{10}=304,5 \cdot 0,0183=5,57 \text{ МН}$$

Таблиця 2.15 - Результати розрахунку зусилля прокатки

№	t, °C	k, МН/м ²	l, мм	n'σ	P _{ср} , МН/м ²	F, м ²	P, МН
Дуо	1250	38,5	101,7	0,94	36,2	126871	4,59
1	1230	45,5	134,3	1,05	47,8	168815	8,07
2	1200	52,5	114,8	1,13	59,3	144476	8,56
3	1170	69,5	82,6	1,17	81,3	103126	8,38
4	1110	73,5	65,9	1,32	97	82012	7,95
5	1060	84	51,6	1,5	126	64242	8,09
6	1010	98	37,7	1,65	161,7	46936	7,58
7	950	112	29,5	1,86	208,3	36727	7,64
8	900	122,5	22,5	2,03	248,7	28510	7,09

9	870	129,5	18,5	2,45	317,3	23032	7,3
10	850	133	14,7	2,29	304,5	18301	5,57

2.4.3 Визначаємо продуктивність стану

1. Визначаємо масу заготовки

$$Q = h_0 b_0 l_0 \rho = 0,15 \times 1,245 \times 10,35 \times 7,85 = 15 \text{ Т} \quad (2.32)$$

2. Визначаємо довжину розкату в чорновій групі клітей по проходах

$$L_1 = L_0 \times \mu_1 \quad (2.33)$$

$$L_{\text{ДНО}} = L_0 \times \mu_{\text{ДНО}} = 10,35 \times 1,17 = 12,1 \text{ м}$$

$$L_1 = L_{\text{ДНО}} \times \mu_1 = 12,1 \times 1,41 = 17 \text{ м}$$

$$L_2 = L_1 \times \mu_2 = 17 \times 1,55 = 26,4 \text{ м}$$

$$L_3 = L_2 \times \mu_3 = 26,4 \times 1,62 = 42,9 \text{ м}$$

$$L_4 = L_3 \times \mu_4 = 42,9 \times 1,63 = 69,9 \text{ м}$$

3. Визначаємо довжину розкату в чистовій групі клітей по проходах

$$L_5 = L_4 \times \mu_5 = 69,9 \times 1,64 = 114,6 \text{ м} \quad (2.34)$$

$$L_6 = L_5 \times \mu_6 = 114,6 \times 1,52 = 174,2 \text{ м}$$

$$L_7 = L_6 \times \mu_7 = 174,2 \times 1,46 = 254,4 \text{ м}$$

$$L_8 = L_7 \times \mu_8 = 254,4 \times 1,39 = 353,6 \text{ м}$$

$$L_9 = L_8 \times \mu_9 = 353,6 \times 1,34 = 473,8 \text{ м}$$

$$L_{10} = L_9 \times \mu_{10} = 473,8 \times 1,28 = 606,5 \text{ м}$$

4. Визначаємо час прокатки в чорновій групі клітей по проходах

$$t_{M_{\text{до}}} = \frac{l_{\text{до}}}{V_{\text{до}}} = \frac{12,1}{0,75} = 16,1 \text{ с} \quad (2.35)$$

$$t_{M1} = \frac{l_1}{V_1} = \frac{17}{1,09} = 15,6 \text{ с}$$

$$t_{M2} = \frac{l_2}{V_2} = \frac{26,4}{1,12} = 23,6 \text{ с}$$

$$t_{M3} = \frac{l_3}{V_3} = \frac{42,9}{1,46} = 29,4 \text{ с}$$

$$t_{M4} = \frac{l_4}{V_4} = \frac{69,9}{2,11} = 33,1 \text{ с}$$

5. Визначаємо час прокатки в чистовій групі клітей по проходах

$$t_{M10} = \frac{l_{10}}{V_{10}} = \frac{528}{9} = 70 \text{ с} \quad (2.36)$$

6. Визначаємо ритм прокатки

$$t_n = 20 \text{ с} \quad (2.37)$$

$$T = t_{M10} + t_n = 70 + 20 = 90 \text{ с}$$

7. Визначаємо продуктивність стана

K_1 – коефіцієнт використання обладнання = 0,92

K_2 – витратний коефіцієнт = 1,035

$$A = 3600 \frac{Q}{T \times K_1} K_2 = 3600 \frac{15}{90 \times 1,035} \times 0,92 = 529,1 \text{ т/Г} \quad (2.38)$$

8. Визначаємо середньогодинну продуктивність

$$A_{CP} = \frac{1}{\frac{\varphi_1}{A_{CT}'} + \frac{\varphi_2}{A_{CT}''} + \frac{\varphi_3}{A_{CT}'''} + \frac{\varphi_4}{A_{CT}''''}}$$

де $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n$ - кількість в сортаменті першого, другого і т.д. профілів або марок сталі, що прокочуються на стані, %

$A_{CT}', A_{CT}'', \dots, A_{CT}''''$ - продуктивність стану по придатному при прокатці відповідних профілів або марок сталі, т/г

Таблиця 2.16 – Середньогодинна продуктивність

№	Марка сталі	Обсяг виробництва, φ , %	Продуктивність, A , т/г
1	08кп	31,6	529,1
2	08пс	23,7	421,8
3	15пс	27,4	422,6
4	09Г2	17,3	330,2

$$P_{CP} = \frac{1}{\frac{0,316}{529,1} + \frac{0,237}{421,8} + \frac{0,274}{422,6} + \frac{0,173}{330,2}} = 429,2 \text{ т/г.} \quad (2.39)$$

3 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок валків на міцність та жорсткість чистової чотиривалкової кліті безперервного широкоштабового стана 1680

Розрахунок валків на міцність ведемо по максимальному зусиллю, яке впливає в п'ятому проході і складає 8,09 МН

$$\left(\frac{D_{\text{оп.}}}{D_{\text{р.}}}\right)^4 = \left(\frac{1,24}{0,62}\right)^4 = 16;$$

$$P_{\text{р.}} = \frac{P_{\text{мак.}}}{1 + \left(\frac{D_{\text{оп.}}}{D_{\text{р.}}}\right)^4}, \text{ МН}$$

де $P_{\text{мак.}}$ – максимальне зусилля прокатки, $P_{\text{мак.}} = 8,09$ МН;

$$P_{\text{р.}} = \frac{8,09}{1 + 16} = 0,05 \text{ МН};$$

$$P_{\text{оп.}} = P_{\text{мак.}} - P_{\text{р.}}, \text{ МН};$$

$P_{\text{р.}}$ – зусилля прокатки яке сприймають робочі валки, $P_{\text{р.}} = 0,05$ МН;

$$P_{\text{оп.}} = 8,09 - 0,05 = 8,04 \text{ МН};$$

1. Визначаємо момент прокатки

$$M_{\text{пр.}} = P \cdot \psi \cdot \sqrt{R_5 \times \Delta h_5}, \text{ МН}\cdot\text{м};$$

де P – зусилля прокатки, МН;

ψ – коефіцієнт, який показує частину від довжини осередку деформації складає плече прикладання сили $\psi = 0,5$;

R – радіус робочих валків, згідно з технічною характеристикою обладнання стана;

Δh – абсолютний обтиск метала, згідно попереднього розрахунку;

$$M_{\text{пр.}} = 8,09 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{0,310 \times 0,0086} = 0,21 \text{ МН}\cdot\text{м}; \quad (3.1)$$

2. Визначаємо момент тертя

$$M_{\text{тер.}} = P \cdot d_{\text{оп.}} \cdot f_y \cdot \frac{D_{\text{р.}}}{D_{\text{оп.}}}, \text{ МН}\cdot\text{м};$$

де $d_{\text{оп.}}$ – діаметр шийки опорного валка, згідно з технічною характеристикою обладнання стана $d_{\text{оп.}} = 650$ мм;

$D_p, D_{оп.}$ – діаметри бочки відповідно робочого і опорного валків, згідно з технічною характеристикою обладнання стана $D_p = 620$ мм, $D_{оп.} = 1240$ мм;

$$M_{тер.} = 8,09 \cdot 0,65 \cdot 0,005 \cdot \frac{0,62}{1,24} = 0,0131 \text{ МН}\cdot\text{м}; \quad (3.2)$$

3. Визначаємо обертаючий момент

$$\begin{aligned} M_{об.} &= M_{пр} + M_{тр} + M_{н}, \text{ МН}\cdot\text{м} \\ M_{об.} &= 0,21 + 0,0131 = 0,2231 \text{ МН}\cdot\text{м}; \end{aligned} \quad (3.3)$$

4. Визначаємо максимальний згинаючий момент в середині бочки опорного валка

$$M_{зг.оп.} = \frac{P_{оп.}}{4} \cdot \left(a - \frac{b}{2}\right), \text{ МН/м}^2;$$

де $P_{оп.}$ – тиск металу, що сприймається опорними валками, МН;

b – ширина смуги, мм;

$$a = l_{б.оп.} + \frac{l_{ш.оп1}}{2} + \frac{l_{ш.оп2}}{2} \text{ мм};$$

де $l_{б.оп.}$ – довжина бочки опорного валка, мм;

$l_{ш.}$ – довжина шийки опорного валка, мм;

$$a = 1,68 + \frac{700}{2} + \frac{700}{2} = 2,38 \text{ м}; \quad (3.4)$$

$$M_{зг.оп.} = \frac{8,09}{4} \times \left(2,38 - \frac{1,245}{2}\right) = 3,55 \text{ МН/м}^2;$$

5. Визначаємо напруження вигину в бочці опорного валка

$$\sigma_{б.оп.} = \frac{M_{зг.оп.}}{0,1 \cdot D^3}, \text{ МН/м}^2;$$

де $M_{зг.оп.}$ – згинаючий момент, який діє в розглянутому перетині бочки

опорного валка, МПа;

$D_{оп.}$ – діаметр бочки опорного валка, згідно з технічною характеристикою обладнання стана $D_{оп.} = 1240$ мм;

$$\sigma_{б.оп.} = \frac{3,55}{0,1 \times 1,24^3} = 18,62 \text{ МН/м}^2; \quad (3.5)$$

6. Визначаємо напруження вигину в шийці опорного валка

$$\sigma_{ш.оп.} = \frac{P_{оп.} \times l_{ш.}}{0,4 \times d^3}, \text{ МН/м}^2;$$

де $P_{оп.}$ – тиск металу сприймаємий опорними валками, МН;

$l_{ш.}$ – довжина шийки опорного валка, мм;

$d_{оп.}$ – діаметр шийки опорного валка, мм;

$$\sigma_{ш.оп.} = \frac{8,04 \times 700}{0,4 \times 650^3} = 51,23 \text{ МН}; \quad (3.6)$$

7. Визначаємо запас міцності опорного валка

$$n_{оп.} = \frac{[\sigma_B]}{\sigma_{ш.оп.}};$$

де σ_B – межа міцності матеріалу валка на вигин;

$\sigma_{ш.оп.}$ – напруження вигину в шийці опорного валка, МН/м²;

$$n_{оп.} = \frac{350}{51,23} = 6,83 > 4; \quad (3.7)$$

8. Визначаємо відстань між опорами валків:

$$a = L + \frac{l_w}{2} + \frac{l_w}{2}$$

$$a = 1680 + \frac{440}{2} + \frac{440}{2} = 2120 \text{ мм} = 2,12 \text{ м} \quad (3.8)$$

9. Визначаємо максимальний момент згину в небезпечному перетині валка:

$$M_{зг} = \frac{P}{4} \times \left(a - \frac{b}{2} \right)$$

$$M_{зг} = \frac{8,09}{4} \times \left(2,12 - \frac{1245}{2} \right) = 3,03 \text{ МНм} \quad (3.9)$$

10. Визначаємо згинаючий момент в небезпечному перетину валка при згині:

$$\sigma_{\delta} = \frac{M_{зг}}{W_{\delta}}$$

$$\sigma_{\delta} = \frac{M_{зг}}{0,1D^3} = \frac{3,03}{0,1 \times 0,62^3} = 12,71 \text{ МН/м}^2 \quad (3.10)$$

11. Визначаємо запас міцності в небезпечному перетині бочки валка:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{\text{г}}}{\sigma_{\delta}}$$

$$[\sigma] = \frac{350}{12,71} = 27,53 \quad (3.11)$$

12. Визначаємо згинаючий момент в небезпечному перетині шийки валка при згині:

$$\sigma_u = \frac{P \times l}{0,4 \times d^3}$$

$$\sigma_u = \frac{8,09 \times 0,0659}{0,4 \times 0,440^3} = 15,64 \text{ МН/м}^2 \quad (3.12)$$

13. Визначаємо напругу кручення в шийці валка при обертанні:

$$\tau_u = \frac{M_{об}}{0,2d^3}$$

$$\tau_u = \frac{0,2231}{0,2 \times 0,440^3} = 13,09 \text{ МН/м}^2 \quad (3.13)$$

14. Визначаємо результуюче навантаження в шийці робочого валка:

$$\sigma_{\text{рез}} = 0,37\sigma_{\text{ш}} + 0,625\sqrt{\sigma_{\text{ш}}^2 + 4\tau^2}$$

$$\sigma_{\text{рез}} = 0,37 \times 15,64 + 0,625\sqrt{15,64^2 + 4 \times 12,74^2} = 24,47 \text{ МН/м}^2 \quad (3.14)$$

15. Визначаємо запас міцності в небезпечному перетині шийки валка:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{\epsilon}}{\sigma_{рез}}$$

$$[\sigma] = \frac{350}{24,47} = 14,3 \quad (3.15)$$

3.2. Розрахунок на міцність та жорсткість станини чистової чотиривалкової кліті безперервного широкоштабового стана 1680

Вихідні дані: $l_1 = l_3 = 2,5$ м; $l_2 = 7,5$ м; $l_2/l_1 = 3$; $J_1 = 0,16$ м⁴;

$J_3 = 0,12$ м⁴; $n = J_1/J_3 = 4/3$; $J_2 = 0,04$ м⁴; $J_1/J_2 = 4$; $m = \frac{J_1}{J_2} * \frac{l_2}{l_1} = 4 * 3 = 12$; $Y = 8,09$ МН.

1. Визначаємо максимальний момент вигину верхній та нижній поперечок силою Y :

$$M_{\Pi} = \frac{Y * l_1}{4} = \frac{8,09 * 2,5}{4} = 5,056 \text{ МН}. \quad (3.16)$$

2. Знаходимо статично невизначені моменти у кутах жорсткої рами:

$$M_1 = \frac{M_{\Pi}}{2} * \frac{1}{1+m} = \frac{5,056}{2} * \frac{1}{1+12 \frac{3 * 4/3 + 12}{3 * 4/3 + 12 * 2/3}} = 0,1487 \text{ МН} \cdot \text{м}. \quad (3.17)$$

$$M_3 = \frac{M_{\Pi}}{2} * \frac{1}{1+m} = \frac{5,056}{2} * \frac{1}{1+12 \frac{3+12}{3 * 4/3 + 12 * 5/3}} = 0,297 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

$$\frac{M_1}{M_3} = \frac{1+12 \frac{2/3}{4}}{1+12 \frac{5/3}{4}} = \frac{1}{2}; \quad M_1 = \frac{M_3}{2};$$

при $J_1 = J_3$ і $n = 1$ отримаємо:

$$M_0 = M_1 = M_3 = \frac{5,056}{2} * \frac{1}{1+12} = 0,19 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

3. Визначаємо напруги розтягування в середині верхньої та нижньої поперечок за формулами:

$$\sigma_B = \frac{M_{II} - M_1}{W_1} = \frac{5,056 - 0,1487}{0,21} = 23,3 \text{ МПа}; \quad (3.18)$$

$$\sigma_H = \frac{M_{II} - M_3}{W_3} = \frac{5,056 - 0,297}{0,2} = 23,7 \text{ МПа}.$$

4. Розраховуємо напруги розтягування у стійці станини за формулою:

$$\sigma_{\max} = \frac{Y}{2F_2} + \frac{M_1 + M_3}{2W_2} = \frac{8,09}{2 \cdot 0,672} + \frac{0,1487 + 0,297}{2 \cdot 0,094} = 8,390 \text{ МПа}. \quad (3.19)$$

Запас міцності станини для нижньої поперечки при межі міцності вуглецевої сталі (σ_B) = 600 МПа:

$$n = \frac{(\sigma_B)}{\sigma_H} = \frac{600}{23,7} = 25,3.$$

5. Визначаємо прогин середнього перерізу від вигину та дії поперечних (перерізувальних) сил за формулами:

а) для верхньої поперечки:

$$f_B = \frac{l_1^2}{8EJ_1} \left(\frac{Yl_1}{6} - M_1 \right) 1000 + k \frac{1000Yl_1}{4GF_1} = \frac{2,5^2}{8 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0,16} \left(\frac{8,09 \cdot 2,5}{6} - 0,1487 \right) 1000 +$$

$$1,2 \frac{1000 \cdot 8,09 \cdot 2,5}{4 \cdot 0,75 \cdot 10^5 \cdot 1,34} = 0,078 + 0,060 = 0,138 \text{ мм}. \quad (3.20)$$

б) для нижньої поперечки:

$$f_H = \frac{l_1^2}{8EJ_3} \left(\frac{Yl_1}{6} - M_3 \right) 1000 + k \frac{1000Yl_1}{4GF_3} =$$

$$\frac{2,5^2}{8 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0,12} \left(\frac{8,09 \cdot 2,5}{6} - 0,297 \right) 1000 + 1,2 \frac{1000 \cdot 8,09 \cdot 2,5}{4 \cdot 0,75 \cdot 10^5 \cdot 0,99} = 0,10 + 0,08 = 0,18 \text{ мм}.$$

6. Знаходимо пружне розтягування стійки станини за формулою:

$$f_2 = \frac{Yl_2}{2EF_2} = \frac{8,09*7,5*1000}{2*2*10^5*0,672} = 0,22 \text{ мм.} \quad (3.21)$$

7. Сумарну деформацію станини по вертикалі визначаємо за такою формулою:

$$f_{\text{ст}} = f_{\text{в}} + f_{\text{н}} + f_2 = 0,138 + 0,18 + 0,22 = 0,538 \text{ мм.} \quad (3.22)$$

Жорсткість станини по вертикалі (у напрямку дії сили Y) знаходимо за формулою:

$$C = \frac{Y}{f_{\text{ст}}} = \frac{8,09}{0,538} = 15,03 \text{ МН.}$$

8. Прогин стійок станини по горизонталі (всередину вікна станини) повинен бути невеликим, тому що в іншому випадку може відбутися «затискання» подушок верхнього валка (при зазорі $\Delta = 0$), що переміщуються по вертикалі по напрямних планках, прикріплених до стійки всередині вікна станини.

Горизонтальний прогин однієї стійки (всередині вікна станини) посередині висоти (довжини) стійки можна визначити, приймаючи, що в цьому перерізі діє реактивний момент, що дорівнює половині суми моментів M_1 і M_3 , тоді:

$$f_{\Gamma} = \frac{(M_1+M_2)l_2^2}{2*8EJ_2} = \frac{(0,1487+0,297)7,5^2*1000}{2*8*2*10^5*0,04} = 0,19 \text{ мм.} \quad (3.23)$$

Таким чином, при складанні робочої кліті необхідно передбачити зазор між верхньою подушкою вала і направляючою планкою з внутрішньої сторони вікна станини рівний $\Delta \approx 0,4$ мм.

Для забезпечення необхідної мінімальної деформації станини по вертикалі (у напрямку дії сили Y) і мінімального прогину стійок усередину вікна станини конструктивно приймають відношення товщини поперечки h_1 (або h_3) до товщини стійки h_2 рівним $\frac{h_1}{h_2} = 1,3 \div 1,7$.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини в процесі трудової діяльності (стаття 1 Закону «Про охорону праці» в редакції від 21.11.02)

Правовою основою законодавства з охорони праці є Конституція України, закони України: «Про охорону праці»; «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування»; «Про охорону здоров'я», «Про пожежну безпеку»; «Про забезпечення санітарного і епідеміологічного благополуччя населення», Кодекс законів про працю (КЗпП).

4.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації стану 1680

Небезпечними виробничими факторами на прокатному стані є наступні: захоплення і затягування одягу і частин тіла валками, шпінделями, що обертаються, і сполучними муфтами; відліт окалини і уламків металу; опіки; удари прокатаним металом тощо. Для запобігання травматизму при прокатці металу максимально механізують і автоматизують прокатні стани.

Для безпечного пересування людей в прокатних цехах передбачають спеціальні проходи, надійно захищені від рухомих розкатів. Для запобігання виходу розкатів убік, прокатне поле захищають міцними суцільними бортами.

Щоб забезпечити безпечний перехід через лінію прокатки, встановлюють перехідні містки, які мають міцну огорожу заввишки 1,8 м.

Обладнання стану фарбують відповідно до основних принципів виробничої естетики і стандарту безпеки.

Для усунення розльоту окалини з поверхні слябів перед чорновими клітьми встановлений окалинозламувач із пристроєм для гідросбиву окалини. Прибирання окалини під клітьми станів і рольгангів механізують за

допомогою гідрозмиву, спеціальних транспортерів, скребків і інших пристосувань. Ширину проходу в тунелях для прибирання окалини роблять не менше 700 мм, а висоту не менше 2 м. Конструкція бункера для збору окалини під рольгангами повинна унеможливлувати застрявання в ньому окалини і шматків металу.

Сполучні шпінделі і муфти необхідно захищати не лише збоку, але і зверху захисними кожухами, причому запобіжні кожухи повинні впритул примикати до станин клітей.

Запобіжні кожухи забезпечують блокуванням. Сполучні шпінделі необхідно обладнати пристроями камерного типу.

Пристрій для управління натискними гвинтами для зручності і безпеки їх обслуговування розташовують в безпечному місці: на зовнішньому торцевому боці кліті. Для управління натискними гвинтами доцільно застосовувати штурвали, тому що важелі можуть спричинити удари робітників у разі втрати самогальмування натискних гвинтів. Оскільки прокатка металу супроводжується зміною зазору між валками, управління натискними гвинтами електрифікують.

Конструкція і розташування двигунів прокатних станів повинні задовольняти вимогам раціональної технології і безпеки їх обслуговування. Зокрема, управління електродвигунами виконують дистанційно з пультів управління прокатного стану.

Контроль розмірів прокату здійснюється дистанційно.

Пости управління прокатними станами і допоміжними агрегатами розташовують на висоті 2–2,5 м, щоб оператори добре бачили агрегати, що обслуговують.

Пости управління обладнані сигнальними пристроями і гучномовцями для сповіщення про пуск, зупинку або зміну режиму роботи обслуговуваних агрегатів.

Перед пуском стану майстер або старший вальцювальник зобов'язаний перевірити справність стану, наявність необхідних огорож і запобіжних пристроїв, переконатися у відсутності робітників поблизу елементів і допоміжного обладнання стану, що обертаються. Після цього подати встановлений сигнал.

Необхідно виконувати правила внутрішнього розпорядку, строго дотримуватись правил техніки безпеки.

4.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

У системі законодавства відносно гігієни праці основне місце займає Закон України «Про забезпечення санітарного і епідеміологічного благополуччя населення», а також СНіП:

№ 3044-84 Санитарные нормы вибрации рабочих мест.

№ 3223-85 Санитарные нормы допустимых уровней шума на рабочих местах

№ 4086-86 Санитарные нормы микроклимата производственных помещений

На стан здоров'я працівників впливають шкідливі фізичні, хімічні і психофізіологічні фактори технологічних процесів: гази, що виділяються в повітряне середовище, пари, пил, тепло, шуми, вібрації, різні види випромінювань.

На основі вивчення умов і характеру праці на підприємствах чорної металургії і впливу цих факторів, на організм працівників, розроблений комплекс організаційних, санітарно-технічних, лікувально-профілактичних і інших заходів, спрямованих на усунення шкідливих факторів виробничої середовища, попередження і ослаблення їх впливу на організм працюючих, а також на зміну самого характеру праці для зміцнення здоров'я працівників і підвищення їх працездатності:

- проведення вступного санітарного інструктажу з профілактики професійних захворювань і гігієні праці, а також санітарно-технічного інструктажу на робочому місці з робітниками, що зайняті на шкідливих ділянках виробництва;

- проведення оглядів-конкурсів санітарного стану робочих місць, санітарно-побутових приміщень і пристроїв.

До виробничої санітарії відносяться: обладнання приміщень вентиляцією, опалюванням і іншими санітарно-технічними пристроями; оснащення вбиралень, душових, вмивальних і інших санітарно-побутових приміщень; забезпечення працівників індивідуальними засобами захисту; запобігання забрудненню довкілля рідинами, газами, парами, випромінюваннями, шумами.

4.2.1. Мікроклімат

Метеорологічні умови виробничого середовища визначаються поєднанням ряду чинників: температурою, відносною вологістю і рухливістю повітря, рівнями теплового випромінювання.

Несприятливі метеорологічні і кліматичні умови можуть викликати серйозні патологічні зміни в організмі, а також спричиняти захворювання.

Для забезпечення нормальної роботи в різні періоди року на робочих місцях встановлюються різні пристрої для опалювання і вентиляції.

В літній період в ЦГПТЛ для очищення виробничого повітря і подачі чистого використовуються система загально обмінна вентиляція(аерація)

В приміщеннях з постійним або тривалим перебуванням обслуговуючого персоналу в холодний період встановлюються системи опалювання, батареї, калорифери.

В'їзні і виїзні ворота повинні обладнуватись повітряними і тепловими завісами з механічним приводом. На головних постах управління прокаткою встановлені батареї з паровим опаленням.

Температура повітря на ділянці прокатного стану в теплий період року не повинна перевищувати на 5°C температуру зовнішнього повітря і не більше 28°C, але фактично 38°C.

Висока і низька вологість негативно впливає на самопочуття і здоров'я людини.

Відносна вологість та швидкість повітря за даними карти умов праці відповідають нормі.

4.2.2 Склад повітря робочої зони

Гранично допустима концентрація згідно ГОСТ 12.1005 - 88 «Загальна вимога до повітря робочої зони».

Таблиця 4.17 - Склад повітря робочої зони.

Інгредієнт	Фактичне, мг/м ³	ГДК, мг/м ³
Пил	5,64	4,0
Ангідрид сірчастий	5,9	10,0
Марганцевий оксид	0,18 - 0,3	0,3
Оксид вуглецю	8,3	20,0

Склад повітря з більшості показників відповідає ГДК за ГОСТ 12.1005 - 88.

Виділення пилу і окалини на ділянці стану БТЛС 1680 виникає при вивантаженні слябів з методичних печей, при проходженні слябів під окалинозламувачами, при прокатці слябів в клітках чорнової і чистової груп стану.

Для видалення забрудненого повітря пропонується застосовувати загально обмінну витяжну вентиляцію.

4.2.3 Виробниче освітлення

У ЦГПТЛ передбачено штучне і природне освітлення.

Природне сонячне світло проникає скрізь світлові отвори (верхні і бічні). Природне освітлення на постах управління або диспетчерських відсутнє, тільки – штучне.

Вибір джерела світла залежить від характеру роботи, умов середи, розмірів приміщення. Лампи розжарювання застосовують в приміщеннях, в яких проводять відносно грубі роботи (нормована освітленість до 50 лк), а також для місцевого освітлення.

Для загального освітлення по становому прольоту застосовуються газорозрядні лампи, які мають бути оснащені захисними плафонами.

Природне освітлення цеху проводиться через вікна в стінах і світлові ліхтарі в даху будівлі.

Коефіцієнт природної освітленості дорівнює 3.

Освітленість в цеху не менше 200 лк, що є нормою.

Окрім робочого освітлення в цеху встановлено аварійне освітлення, яке призначене для безперебійного обслуговування стану і обладнання в разі відмови у дії робочого освітлення, а також для безперешкодного виходу назовні в разі аварії. Аварійне освітлення підключене до незалежного джерела електроенергії.

Контроль за станом освітленості проводять за допомогою приладів-люксометрів.

4.2.4 Виробничий шум

Надмірний шум надає шкідливий вплив на здоров'є працівників, сприяє виникненню травматизму і знижує продуктивність праці. Робота в умовах підвищеного шуму в перебігу всього дня викликає стомлення слухових органів. Тривала дія шуму, що перевищує допустимі норми, приводить до втрати слуху. Шум високих тонів негативно впливає на органи керування рівновагою людини в просторі.

За картою умов праці рівень шуму на ділянці стану - 90дБ при нормі - 80дБ.

Для зменшення рівнів шуму пропоную звукоізолювати обладнання або розмістити його в герметичних звукоізолюючих камерах; використовувати інструменти з рукоятками з еластичних матеріалів і застосування засобів індивідуального захисту у вигляді антифонів і спеціальних комбінованих рукавичок з бавовняної тканини і гуми.

4.2.5 Виробничі вібрації

Класифікацію, гігієнічні норми вібрації, вимоги до вібраційних характеристик виробничого устаткування, включаючи і транспортні засоби, визначає ГОСТ 12.1.012-90 «Вібраційна безпека».

При частоті більше 16-20 Гц вібрація супроводиться шумом. Людина починає відчувати вібрацію при коливальній швидкості рівної 1×10^{-4} м/с, а при швидкості 1 м/с виникають больові відчуття.

Тривала дія вібрації великої частоти викликає вібраційну хворобу, вражаючу нервово-м'язову і серцево-судинну системи людини і веде до пошкодження суглобів. При цьому може бути повна втрата працездатності.

Для вимірювання вібрації в цеху використовують віброщупи, що відносяться до приладів неелектричного типу.

Для захисту від вібрації і шуму пропоную:

- замінити виробничі процеси, що викликають шум і вібрації іншими менш гучними процесами;
- влаштувати спеціальні фундаменти, незалежні від конструкцій будівель і що мають значну масу і акустичні шви;
- застосувати ізолюючі прокладки і амортизатори;
- застосувати звукоізолюючі кожухи для закривання особливо гучного устаткування;
- застосувати звукоізолюючі і звукопоглинальні матеріали;
- використовувати індивідуальні засоби захисту від шуму і вібрації, а також проведення заходів гігієнічного характеру.

4.2.6 Виробничі випромінювання

Під час гарячої прокатки мають місце значні тепловипромінювання. За картою умов праці при санітарній нормі 140 Вт/м^2 на ділянці стану - 603 Вт/м^2 .

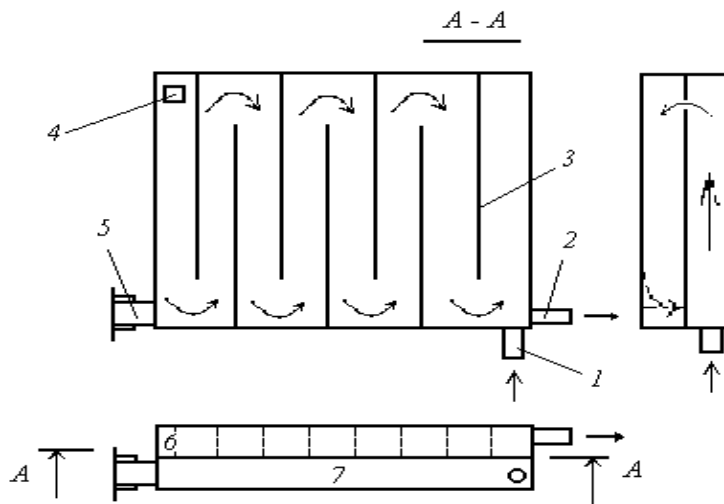
Для зменшення тепловипромінювання в цеху максимально знижують температуру джерел променистого тепла. Зниження температури джерел випромінювання в прокатних цехах практично здійснюються збільшенням товщини стінок агрегатів, теплоізоляцією їх зовнішньої поверхні або охолодженням цих поверхонь.

Для захисту працівників від тепловипромінювання, поряд із зменшенням інтенсивності випромінювання встановлюють між джерелами тепловипромінювання і працівниками екрани або завіси, що затримують інфрачервону радіацію, випромінювання.

При вживанні порожнистих екранів з циркулюючою водою або при безперервному змочуванні водою простих екранів, виконаних з листової сталі,

теплове випромінювання затримується повністю. Якщо по характеру 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 водоструминної або водоповітряної завіси дозволяють зменшити дію тепловипромінювання на робочих місцях на 60 - 85%



1 - підведення води; 2 - стік води; 3 - перетини; 4 - переливне вікно; 5 - труба з водою для промивання екрану; 6 - порожнина з перетинанням; 7 - порожнина без перетинання

Рисунок 4.6 - Водоохолоджувальний екран захисту від теплового опромінення робочих місць:

4.3. Пожежна безпека

Правовою основою діяльності в галузі пожежної безпеки є Конституція, Закон України «Про пожежну безпеку»

Згідно ДСТУ 2272-93 пожежна безпека об'єкту забезпечується системою запобігання пожежі, системою пожежного захисту і заходами організаційного характеру.

4.3.1 Технічні рішення системи запобігання пожежі

Для запобігання пожежі і вибуху в цеху необхідно дотримуватися правил пожежної безпеки.

До основних умов запобігання пожежі відносяться запобігання утворенню горючого середовища і появи джерел запалення.

Джерелами горючого середовища можуть бути: випарювання мастила при порушенні герметичності мастилопроводів, а також газова небезпека з боку методичних печей.

Основні небезпеки пожеж від електричних пристроїв виникають при займанні ізоляції дротів і короткому замиканні. Основною причиною займання ізоляції є перегрівання дротів.

Внаслідок порушення еластичності ізоляції і її руйнування нерідко виникає коротке замикання дротів. Для запобігання загорянню ізоляції і короткого замикання дротів потрібно застосувати плавкі запобіжники або спеціальні автомати, що відключають мережу при перевантаженні.

До організаційних заходів щодо забезпечення пожежної безпеки відносяться: пожежна охорона об'єкту спеціальними формуваннями; розробка і здійснення правил і норм пожежної безпеки, правил дотримання протипожежного режиму і встановлених заходів щодо ліквідації виниклої пожежі; навчання працівників заходам пожежної безпеки

Пожежний захист забезпечується застосуванням негорючих або важкогорючих речовин, обмеженням кількості горючих речовин і ізоляцією горючої середовища, а також запобігання пожежі, застосуванням ефективних засобів пожежогасіння, організацією безперешкодної евакуації людей, використанням засобів колективного і індивідуального захисту, протидимного захисту, застосуванням засобів сигналізації і зв'язку і організацією пожежної охорони об'єкту.

4.3.2 Технічні рішення системи протипожежного захисту

При проектуванні промислових підприємств мають бути забезпечені необхідні вимоги пожежної безпеки. До цих вимог відносяться: раціональне розміщення будівель і споруд на території підприємства з урахуванням вибухової, вибухопожежної і пожежної небезпеки технологічних процесів окремих цехів і інших виробничих об'єктів, а також з врахуванням створення оптимальних умов для запобігання поширенню і ліквідації пожеж; наявність доріг, що забезпечують безперешкодний під'їзд пожежних підрозділів у разі виникнення пожежі; раціональне розташування комунікацій з урахуванням вимог пожежної безпеки.

Протипожежні перешкоди влаштовують для запобігання поширенню пожежі. До них відносяться перекриття, що не згорають, і протипожежні стіни.

Протипожежні розриви між будівлями і спорудами визначаються залежно від ступеня вогнестійкості будівель і категорії вибухопожежонебезпечності виробництв.

За ДСТУ Б В.1.1–36:2016 будівля цеху гарячої прокатки тонкого листа належить до категорії «Г», а за ПБЕ приміщення електроустаткування-до класів П-І, 2.

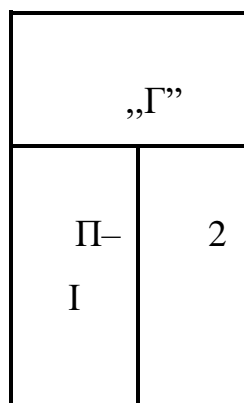


Рисунок 4.7 – Знак пожежонебезпеки

При проектуванні виробничих будівель передбачають можливість безперешкодного виходу з приміщень при виникненні пожеж, вибухів і інших аварій. Шляхи евакуації мають бути мінімальної довжини.

Для сповіщення пожежних підрозділів про виникнення пожежі в цеху використовують телефонний зв'язок і спеціальну електричну пожежну сигналізацію.

Для гасіння пожежі, в цеху застосовують вогнегасники, воду, водні емульсії вуглеводнів, водяну пару, повітряно-механічну піну, інертні гази, вуглекислоту, стисле повітря.

Залежно від умов загорання створені різні типи вогнегасників: повітряно-пінні, газові, порошкові.

Вуличні пожежні гідранти повинні забезпечуватися табличкою з написом, наприклад «ПГ № 1». У зимову пору року під'їзди до них повинні регулярно очищатися від снігу. Розпорядженням по цеху призначаються особи відповідальні за стан пожежних гідрантів. Будь-який робітник помітивши або почувши сигнали пожежної сигналізації, повинен негайно повідомити про це черговому електрикові, майстрові або майстрові зміни, за відсутності таких, будь-якому інженерно-технічному працівникові і діяти надалі відповідно до його вказівок.

На ділянці «прокатний стан» передбачена наявність пожежних щитів з інвентарем в склад, до якого входить: відро, лопата, багор і ящик з піском. На пожежному щиті повинно знаходитися 2 пінних вогнегасника типа ВНП – 10, а в машинному залі 2 углекислотних вогнегасника ВВ-8. Кількість вогнегасників повинна відповідати нормам: один вогнегасник на 600 м².

4.4 Заходи щодо захисту навколишнього середовища

90% виплавленої сталі надходять на прокатку. У прокатних цехах у порівнянні з іншими цехами підприємств чорної металургії виділення пилу й газів значно менше. У середньому загальний викид пилу від всіх джерел її утворення становить близько 200 г/т товарного прокату основними джерелами технологічних викидів є прокатні стани, машини вогневого зачищення й травильні відділення прокатних цехів.

При гарячій прокатці металу пил утвориться в результаті здрібнювання окалини валками й випару металу в наслідку миттєвого збільшення тиску й підвищення температури. Від станів гарячої прокатки через аераційні ліхтарі надходить до атмосфери пил у кількості 2-18 г/т прокату оксидів заліза, легуючих елементів залежно від ступеня легування сталі. Викиди нагрівальних печей містять оксиди азоту CO_2 , CO , SO_2 , CH_4 палива, що утворюються в результаті спалювання, і окислювання й обезвуглецювання сталі.

Для очищення димових газів від нагрівальних печей в металургії від оксиду азоту передбачаються ванадієві каталізатори, вбудовані в котли-утилізатори. В даний час в основному застосовуються димові труби, при цьому забезпечується концентрація в пилу в межах ПДК.

Стічні води, що утворюються в прокатному виробництві, становлять 30-50% загальної їхньої кількості підприємства з повним металургійним циклом. Стоки утворюються в результаті охолодження валків, підшипників, змиві окалини й масла, а також при охолодженні пил ножиць та інших допоміжних механізмів.

При хімічній і електрохімічній обробці металів нанесення покриттів и т.д., утворюються стічні води, які містять хімічні забруднювачі. Об'єм стічних вод при травленні металу залежить від виду оброблюваних виробів $3 \text{ м}^3/\text{т}$ металу обробленого кислотою. Обсяг промивних вод досягає $300\text{--}400 \text{ м}^3/\text{год}$. В стічних водах містяться амоній, кислота, метали кремній, хлор, хлориди.

В станах гарячої прокатки застосовується система оборотного водопостачання. При цьому передбачається триступеневе очищення оборотної води.

1 ступінь. Включає яму для окалини, радіальні відстійники з камерами сітчасті фільтри.

2 ступінь. Передбачені відстійники з камерами гідроциклонного типу

3 ступінь. Очистка (тонка). Застосовують спеціальні фільтри-ацитокварцові або із синтетичних матеріалів.

ВИСНОВКИ

У якості технічного рішення пропонується змінити змотувачі на універсальний гідравлічний змотувач, які дозволить виконувати наступні операції:

- надійне захоплення штаби тягнучими, формуючими роликами і барабаном на швидкостях до 12,5 м / с
- Надійна «прив'язка» штаби до барабана, час до виникнення натягу зменшується на 70%.
- Змотування рулонів з мінімальною телескопічності (не більше 20 мм).
- Змотування рулонів з мінімальними зазорами між витками (щільність з мотки не нижче 0,98).
- Змотування рулонів з мінімальними ушкодженнями поверхні штаби.
- Ефективне охолодження рулонів і вузлів змотувачів. Точне і стабільне позиціонування механізмів, підтримання настроювальних зазорів, швидкісних і енергосилових параметрів.
- Мінімальні динамічні навантаження
- Надійність і довговічність основних вузлів змотувачів.
- Зручність обслуговування і ремонту.

Що дозволить збільшити швидкість прокатки та якість рулонів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Серода Б.П. Обробка металів тиском : навчальний посібник. Запоріжжя : Видавництво Запорізької державної академії, 2009. 344 с.
2. Серода Б.П. Прокатне виробництво : навчальний посібник. Запоріжжя : Видавництво Запорізької державної академії, 2008. 312 с.
3. Основи металургійного виробництва металів і сплавів: підручник для металург. спец . вищ. Навч. Закл./Д. Ф. Чернега та ін. Київ: Вища шк., 2006. 503 с.
4. Металургія (проблеми, теорія, технологія, якість): підручник / П.С. Харлашин та ін.. Донецьк: ТОВ «Норд-комп'ютер», 2005. 724 с.
5. Інструкція з охорони праці для робітників усіх професій ЦГПТЛ.
6. Воденніков С. А., Тарасов В. К., Воденнікова О. С. Конструкції агрегатів чорної металургії : навч. посіб. Запоріжжя: ЗДІА, 2012. 192 с.
7. Готвянський Ю.Я. Фізико-хімічні та металургійні основи виробництва металів: навч. посібник. Київ: ІЗМН, 1996. 392 с.
8. Мовчан В. П., Бережний М. М. Основи металургії. навч.посібник. Дніпропетровськ: Пороги, 2001. 336 с.
9. Василев Я.Д., Мінаєв О.А. Теорія поздовжньої прокатки : підручник Донецьк : УНІТЕХ, 2009. 488 с.
10. Теорія прокатки: навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА спеціальності 6.05040104 Обробка металів тиском / Серода Б.П, Белоконь Ю.О; Запоріз. держ. інж. акад.Запоріжжя:ЗДІА,2013.105 с.

11. Серета Б.П. Теорія будови рідкого, кристалічного та аморфного стану речовини : навчальний посібник. Запоріжжя : Видавництво Запорізької державної інженерної академії, 2008. 238 с.
12. Серета Б.П. Металознавство і термічна обробка чорних і кольорових металів. Підручник. Запоріжжя: Видавництво Запорізької державної інженерної академії, 2008. 302 с.
13. Серета Б.П. Нові матеріали в металургії. Підручник. Запоріжжя: Видавництво Запорізької державної інженерної академії, 2009. 395 с.
14. Белоконь Ю.О. Фізичні процеси при пластичній деформації : для здобувачів ступеня вищої освіти магістра спеціальності 136 Металургія освітньо-професійної програми Обробка металів тиском. Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2023. 179 с.
15. Термомеханічна обробка металів. Методичні вказівки до практичних занять та виконання курсового проекту для студентів ЗДІА спеціальності 6.090404 «ОМТ» денної та заочної форм навчання/ Укл. Б. П. Серета, І. В. Кругляк. Запоріжжя: ЗДІА, 2005. 146 с.
16. Серета Б.П. Технологія ковальсько-штампувального виробництва. Запоріжжя: Видавництво Запорізької державної інженерної академії, 2009. 258 с.
17. Серета Б.П. Термічна обробка металів. Уч. Посібник. Запоріжжя. ЗДІА, 2003. 270 с.
18. Серета Б.П., Калініна Н.Є., Кругляк І.В. Поверхнєве зміцнення матеріалів : монографія. Запоріжжя : Вид. ЗДІА, 2004. 230 с.
19. Денисов С.І. Уловлювання та утилізація пилів та газів: навч. посібник. Київ: Вища школа, 1992. 333 с.