

Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

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

(назва факультету)

Кафедра Обробки металів тиском

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до бакалаврської роботи

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
(перший (бакалаврський) рівень, другий (магістерський) рівень)

на тему Розробка режиму прокатки слябу розмірами 180x1200 мм із сталі 08пс на обтискному стані для підвищення енергоефективності технології

Виконав: студент 4 курсу, групи б.1360-омт-д

Кривцов Олексій Олександрович

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

136 Металургія

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

освітньо-професійна програма

обробка металів тиском

(шифр і назва)

Керівник Кругляк Д.О.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Запоріжжя - 2022 року

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

Кафедра _____ Обробки металів тиском _____

Рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) рівень _____
(перший (бакалаврський) рівень, другий (магістерський) рівень)

Спеціальність _____ 136 Металургія _____
(шифр і назва)

Спеціалізація _____
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма _____ обробка металів тиском _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ ОМТ _____
_____ Ю.О. Белоконь _____

“ ___ ” _____ 2022 року

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

Кривцов Олексій Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) _____ Розробка режиму прокатки слябу розмірами 180x1200 мм із сталі 08пс на обтискному стані для підвищення енергоефективності технології _____

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

Затвер джені наказом вищого навчального закладу від “17” 01 2022 року № 90-с

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____ 17.06.2022 _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____ Визначення параметрів оптимізації прокатування сталі на обтискних станах гарячої прокатки _____

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

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення, презентаційний матеріал 10 слайдах (на 10 сторінках)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		Завдання прийняв
<i>Загальна частина</i>	<i>Кругляк Д.О., доцент</i>	
<i>Технологічна частина</i>	<i>Кругляк Д.О., доцент</i>	
<i>Механічна частина</i>	<i>Кругляк Д.О., доцент</i>	
<i>Охорона праці та техногенна безпека</i>	<i>Кругляк Д.О., доцент</i>	

7. Дата видачі завдання 17.02.2022

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Вступ</i>	29.04.2022 - 12.05.2022	
2	<i>Реферат</i>	12.05.2022 - 16.05.2022	
3	<i>Загальна частина</i>	29.04.2022 - 11.06.2022	
4	<i>Технологічна частина</i>	12.05.2022 - 07.06.2022	
4	<i>Механічна частина</i>	17.05.2022 - 30.05.2022	
5	<i>Охорона праці та техногенна безпека</i>	24.05.2022 - 15.06.2022	
6	<i>Висновки</i>	30.05.2022 - 17.06.2022	

Студент

_____ (підпис)

О.О. Кривцов

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ (підпис)

Д.О. Кругляк

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до випускної кваліфікаційної роботи містить 80 сторінок, 15 таблиць, 17 рисунків, 28 джерел.

У загальній частині дипломної роботи розглянуто технологію виробництва слябів на слябінгу 1150, особливості деформації високих розкатів.

У технологічній частині зроблено розгляд алгоритму розрахунку раціонального режиму деформації штаб. Виконано розрахунок режиму деформації штаби перетином 180×1200 мм і розрахунок продуктивності при цьому режимі. Проаналізовано результати теоретичних досліджень режимів обтиснення.

У механічному розділі зроблено розрахунки конструктивних елементів робочої кліті, які показали що валки працюють із запасом міцності, електродвигун забезпечує заданий режим роботи.

У розділі "Охорона праці та техногенна безпека" розглянуто шкідливі і небезпечні виробничі фактори. Розроблено заходи з поліпшення умов праці, електробезпеки, пожежної і техногенної безпеки.

РАЦІОНАЛЬНИЙ РЕЖИМ, СЛЯБ, ЗЛИТОК, ОБТИСКНИЙ, КОЛОДЯЗІ, ОСЕРЕДОК, ПРОКАТКА, ПРОДУКТИВНІСТЬ, КІНЦЕВИЙ НАКАТ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	7
1.1 Аналіз технологічного процесу виробництва на слябінгу 1150.....	7
1.2 Нагрів металу та характеристика печей.....	10
1.3 Прокатка на слябінгу 1150 і стисла характеристика його обладнання..	14
1.4 Механічне устаткування обтискного цеху і його характеристика	20
1.5 Перспективи розвитку виробництва та пропозиції щодо його вдосконалення	27
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	30
2.1 Розрахунок режиму деформації та енергосилових параметрів прокатки сляба перетином 150 ×1250 мм	30
2.2 Аналіз результатів режимів деформації.....	46
2.3 Визначення річного виробництва слябінга	49
3 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА.....	55
3.1 Розрахунок валків на міцність	55
3.2 Розрахунок натискного гвинта.....	58
3.3 Висновки до розділу.....	61
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	62
4.1 Аналіз потенційних небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища	62
4.2 Заходи з поліпшення умов праці	65
ВИСНОВКИ	77
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	78

ВСТУП

В даний час в Україні слябінги 1150 встановлені на металургійних комбінатах "Запоріжсталь" (м. Запоріжжя) і у м. Маріуполі. У найближчі роки слябінги будуть як і раніше основними постачальниками слябів для отримання листопрокатної продукції [1].

В останні роки отримали розвиток машини неперервного лиття заготовель (МНЛЗ), що поставило під сумнів доцільність використання і подальшого розвитку слябінгів. Як показує техніко-економічний порівняльний аналіз діючих МНЛЗ з обтискними станами [2], розвиток обтискних станів не зупинився, а лише відносно загальмувався. Це тим паче помітно на фоні повсюдного впровадження МНЛЗ.

У нашій країні на металургійних заводах поки не вдається виключити з циклу виробництва металопрокату переділ, зв'язаний з прокаткою на слябінгах. Тому питання, зв'язані з розробкою і вдосконаленням технології прокатки на реверсивних станах, не втрачають своєї актуальності.

Досвід експлуатації і дослідження вітчизняних слябінгів у останні роки дозволили накопичити значний фактичний матеріал, який може вже зараз слугувати підставою для розробки загальних принципів більш досконалої технології, раціональних режимів прокатки і методик розрахунку механічних і технологічних параметрів з урахуванням специфічних особливостей деформації металу на універсальних слябінгах.

Від рівня раціональності технології прокатки залежать продуктивність стана, якість і собівартість прокату, безаварійна робота обладнання, а також можливості автоматизації технологічного процесу. Проектування технології прокатки на реверсивних станах потребує великого інженерного досвіду. Помилки призводять до значних втрат металу, а також до передчасного виходу з строю обладнання і в першу чергу електродвигунів головного приводу [3]. Все це тягне за собою втрату значних матеріальних коштів.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз технологічного процесу виробництва на слябінгу 1150

Для того, щоб розробити раціональний режим прокатки слябів, необхідно знати всі тонкощі технології виробництва слябів, а також характеристики обладнання.

Обтискний цех ПАТ "Запоріжсталь" призначений для виробництва товарних і передільних слябів. Цех має у своєму складі декілька основних дільниць (рис.1.1): нагрівальні колодязі, ділянку злиткоподачі, прокатне відділення, склад слябів. Виробничий відділ меткомбінату (заводу) видає виробничому бюро обтискного цеху наряд-завдання для кожної технологічної бригади з вказуванням номерів плавок; типу та числа зливків; марок сталей, розмірів прокатуємих слябів, замовника і призначення профілю (експорт, підкат і т.д.) [1].

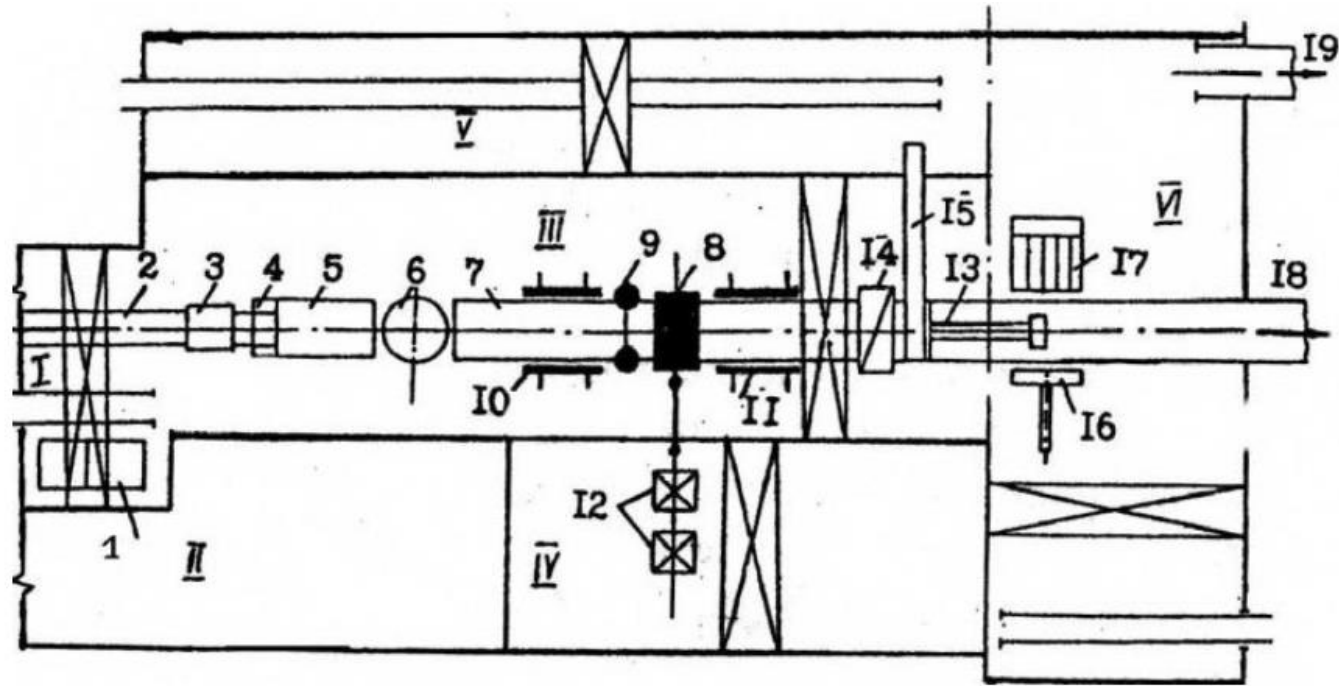
У якості вихідного матеріалу при прокатуванні слябів використовують сталеві злитки, сортамент яких вказаний у таблиці 1.1.

На поверхні злитків повинні бути відсутні поздовжні і поперечні тріщини глибиною більше 4 мм, сітка від розгару виливниць більш 3 мм, потовщення злитка від розгару виливниць більше 20 мм, підливи між прибільною частиною і тілом злитка, а також підливи у нижній частині злитка висотою більше 15 мм. Злитки не повинні мати поясів, заворотів, надривів і кільцевих тріщин. До злитків полу спокійної і киплячої сталі пред'являють додаткові вимоги до глибини залягання пузирів: глибина залягання повинна бути не більше 8 мм. Величина головної і донної обрізі для злитків спокійної сталі повинна складати не більше 18 і 6 %, для злитків киплячої і полу спокійної сталі не більше 8 і 4 %.

Таблиця 1.1 - Сортамент злитків, що прокатуються на стані слябінг

1150

Тип злитка	Перетин злитка, мм		Висота злитка, мм	Маса злитка, т	Ширина прокатуємих слябів, мм
	верх	низ			
кипляча, полуспокійна і нестаріюча сталь					
XV	720×960	780×1000	2300	11,9	850-930
1Б	720×1170	780×1200	2300	13,4	970-1160
2Б	720×1350	780×1400	2350	16,0	1170-1360
4А	720×1570	780×1600	2300	17,7	1370-1520
спокійна, низьколегована і високолегована сталь (зливки з прибільними надставками)					
XV	780×1000	720×960	3100	14,4	850-960
спокійна і низьколегована сталь злитки зі вставками з ЖСС (без прибільних надставок)					
1Б	720×1170	780×1200	2450	14,0	970-1160
2Б	720×1350	780×1400	2450	16,3	1170-1360
4А	720×1570	780×1600	2450	18,6	1370-1400нл 1370-1420сп
спокійна високовуглецева сталь (злитки з прибільними надставками)					
IX	640×990	580×942	2650	11,0	870-950
X	640×1100	580×1065	2650	11,8	960-1050
XI	640×1220	580×1196	2650	13,0	1060-1170
XII	640×1340	580×1305	2650	14,7	1180-1290
XIII	640×1480	580×1436	2650	16,2	1300-1400
спокійна високовуглецева сталь злитки зі вставками з ЖСС (без прибільних надставок)					
1Б	720×1170	780×1200	2450	14,0	970-1160
2Б	720×1350	780×1400	2450	16,3	1170-1360
4А	720×1570	780×1600	2450	18,6	1370-1400
<i>Примітка</i> - перетин злитків прийнято рівним номінальним внутрішнім розмірам виливниці.					



I - проліт нагрівальних колодязів; II - проліт контрольно-вимірювальної апаратури; III - проліт стана,
 IV - машинний зал; V - скрапний проліт; 1 - нагрівальні колодязі; 2 - шлях злитковозу; 3 - візок; 4 - перекидач;
 5 - приймальний рольганг; 6 - поворотний стіл; 7 - підвідний і робочий рольганги; 8 - кліть з горизонтальними
 валками; 9 - кліть з вертикальними валками; 10 - маніпулятор з кантовачем; 11 - маніпулятор; 12 - головний привід;
 13 - пересувний упор; 14 - ножиці; 15 - конвеєр обрізків; 16 - зіштовхувач; 17 штабелюючий пристрій; 18 -
 рольганг до неперервного широкоштабового стана (ШСГП); 19 - рольганг до печей ШСГП

Рисунок 1.1 - Схема розташування обладнання слябінга.

1.2 Нагрів металу та характеристика печей

У проліт нагрівальних колодязів злитки поступають безпосередньо з мартенівського цеху, зі складу мартенівського цеху, зі складу зливків обтискного цеху. Злитки подаються в основному у гарячому стані у відповідності із графіком поплавочно і рівномірно протягом зміни і лише у вертикальному положенні.

Усі гарячі злитки I групи марок сталей, як правило, поставляються на нагрівальні колодязі з "рідкою серцевиною", для чого час від кінця розливки до кінця посадки (час транспортування) може бути від 1 години 10 хвилин до 2 годин 20 хвилин включно.

Доставка злитків III і IV груп марок сталі виконується за технологією гарячого посаду (час транспортування не менше від 2 год. 1 хв. до 2 год. 55 хв. у залежності від групи сталі і типу зливка).

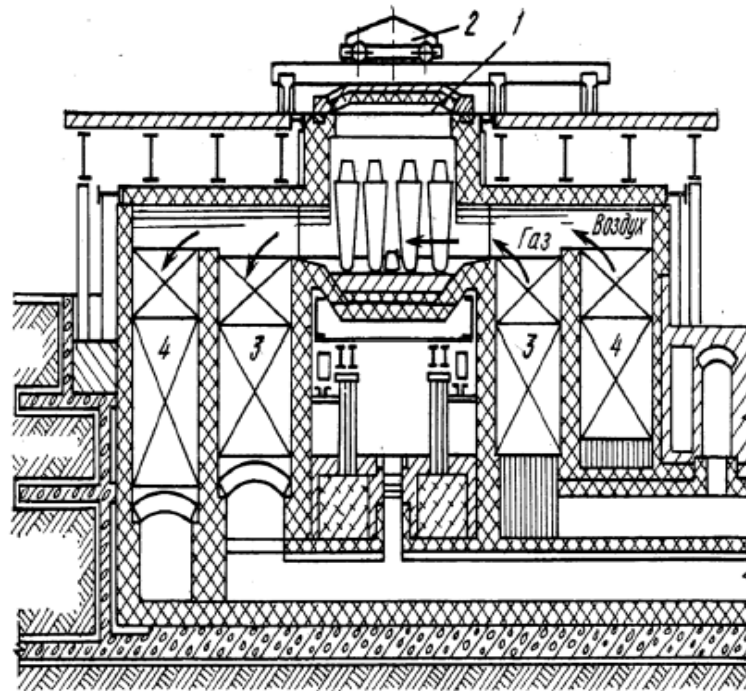
Холодні злитки зі складу мартенівського цеху доставляються поплавочно у відповідності із завданням комбінату.

У 97 % випадків злитки завантажуються в колодязі гарячим посадом - 700 - 920° С. В останній час максимальну температуру посаду збільшують до > 1000 °С, коли серцевина злитка має рідку фазу, наявність якої дозволяє скоротити витрату палива на нагрівання металу та здійснювати транзитну прокатку на ШСГП. Для нагрівання злитків на меткомбінаті "Запоріжсталь" застосовують регенеративні нагрівальні колодязі (рис. 1.2). Час нагрівання злитків в осередку залежить: від температури посаду, поперечного перерізу злитка, марки сталі, кількості злитків в осередку.

Всього у обтискному цеху нараховується 14 груп колодязів: групи № 1- 11, 13 і 14 складаються з чотирьох осередків і для зручності розміщення плавок і видалення рідкого шлаку зблоковані по схемі 2 - 2 і 3 - 1. Група № 12 з рідким шлаковидаленням складається з 6 осередків і зблокована за

схемою 3-3. Зазначені групи призначені для нагрівання вуглецевих, низьколегованих і високовуглецевих, легованих і спеціальних марок сталі.

У відділенні нагрівальних колодязів є один загальний газовий колектор і 3 повітряних (в перший колектор нагнітають повітря вентилятори груп №1 - 6, у другій - вентилятори груп № 7 - 11, в третій - № 12 - 14).



- 1 - кришка; 2 - механізм для переміщення кришки;
3 - газовий регенератор; 4 - повітряний регенератор.

Рисунок 1.2 - Регенеративний нагрівальний колодязь.

Основні розміри робочого простору осередків наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Розміри осередків нагрівальних колодязів

Номер групи	Довжина	Ширина	Висота
1 - 7, 12 - 14	6900	2100	3320
8 - 11	6600	2100	3320

Колодязі опалюються доменним газом з збагаченням коксовим або природним газами до калорійності суміші 900 - 950 ккал/м³. Вищевказана калорійність суміші забезпечується роботою вузла збагачення, встановленого на газопроводі доменного газу. Необхідну калорійність підтримують шляхом зміни витрати коксового і природного газів на вузлі збагачення.

Кожний осередок має індивідуальні перекидні пристрої: клапан золотникового типу на газовому тракті і клапан мотилькового типу на повітряному тракті.

Для прибирання продуктів згоряння кожна група має свою димову трубу, на групах № 1 - 11 висота труби - 50 м, на групах №12, 13 і 14 - 80 метрів.

У кожному осередку тяга регулюється шибером, встановленим в димовому борві.

Осередки груп № 1 - 14 обладнані шиберами нахильного типу, а групи № 12 - 14 мають додатково поворотний шибер, встановлений в загальному борві газів, що відходять.

Крім того всі групи обладнані автоматизованою системою управління нагрівання злитків, і кожна має локальний пульт.

Проліт нагрівальних колодязів обслуговують чотири кліщових мостових 20/15-т крани і злитковіз. Вантажопідйомність злитковозу 20 т, швидкість руху 3 - 6 м/с. Ці ж крани можуть доставляти нагріті злитки з найближчих комірок до приймального рольгангу стана. Це скорочує час пауз подачі зливків до стана [4].

Схема розміщення злитків у осередку приведена на рисунку 1.3.

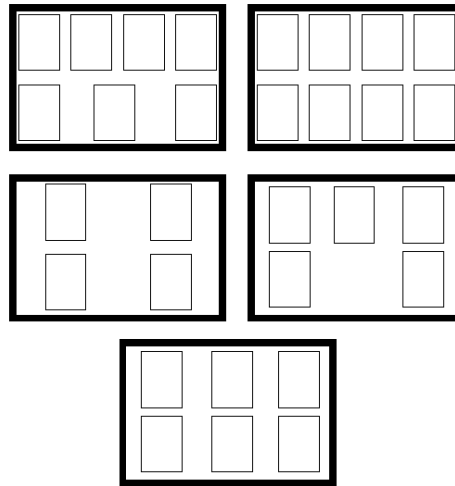


Рисунок 1.3 - Схема розміщення злитків у осередку.

При нагріванні злитків з низьколегованих сталей (10ХСНД, 14ХГСН, 25Г2С, 12ХГН, 12ГС, 10ХНДП і т. п.) час нагрівання відповідно збільшують на 30 - 40 хвилин ($t = 915 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Підвищення тривалості нагрівання низьколегованих сталей обумовлено необхідністю запобігання появи термічних тріщин в тілі зливка. З цією метою зменшують температуру осередка до $1360 \text{ }^{\circ}\text{C}$ в порівнянні з $1400 \text{ }^{\circ}\text{C}$ при нагріванні злитків з киплячих і напівспокійних сталей. При прокатуванні злитків легованих марок сталей час нагрівання збільшують з метою запобігання розтріскування зливків. Злитки маловуглецевих киплячих і напівспокійних сталей нагрівають в осередках до температур $1200 - 1220^{\circ}\text{C}$. Збільшення вмісту вуглецю і ряду легуючих добавок змінює пластичні властивості металу при деформації і тому температуру нагріву встановлюють за даними випробувань на пластичні властивості. Для кожної групи сталей, типів злитків, розмірів осередків, кількості злитків в осередку, температури посадки злитків в осередок конкретні температурні режими роботи осередків обговорюються в технологічній інструкції [5].

Видачу злитків на прокатку проводять, як правило, поплавно, виходячи з найбільш продуктивного завантаження стана та інших частин

цеху, однак при цьому враховують, щоб перед станом знаходилося не більше двох або трьох злитків (при багато злитковому прокатуванні).

При транзитній (прямій) прокатці сляб від слябінга відразу ж після прокатки по рольгангу 18 (рис. 1.1) передають на широкоштабовий стан гарячої прокатки (ШСГП). Нагрівання злитків для прямої прокатки виконують за спеціальною технологією. Посадку злитків в осередок колодязів роблять при наявності рідкої фази металу в центральній частині злитка ($t \geq 1000$ °C), а температуру осередку знижують за рахунок зменшення подачі газу. У цьому випадку зовнішні шари злитка нагріваються шляхом відбору тепла від рідкої серцевини. Час нагрівання злитка зменшується, а після нагрівання злитки киплячої (напівспокійної) сталі задають в валки донної частиною, більш товстою, але без дефектів усадочної раковини. Такий спосіб прокатки злитків запобігає бурінню розкатів на ШСГП внаслідок можливого розкриття порожнини усадочної рихлості. Температура готового сляба нерівномірна, центральні шари мають температуру на 100 - 150 °C вище, ніж поверхневі, але середня температура сляба перед чорновий групою ШСГП повинна бути не нижче ~ 1180 °C [6].

1.3 Прокатка на слябінгу 1150 і стисла характеристика його обладнання

Після нагріву злиток поступає на приймальний рольганг прокатного стану. Стан має 2 кліті (рис. 1.4):

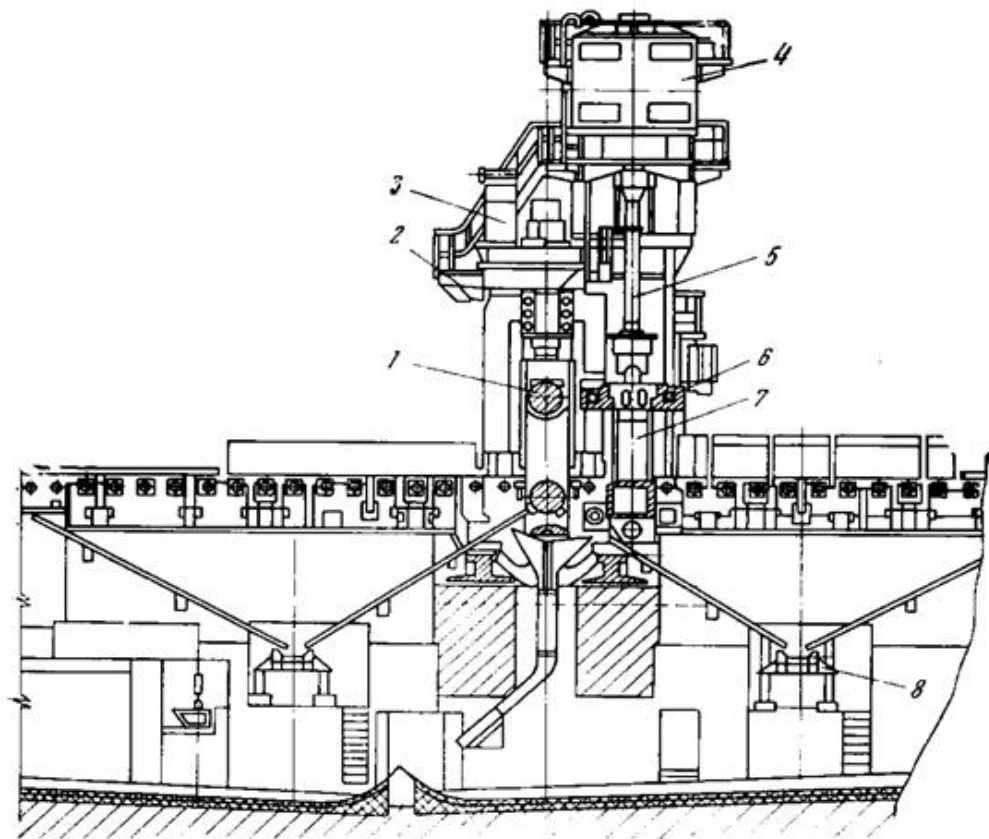
- а) горизонтальних валків;
- б) вертикальних валків, розташовану перед кліттю горизонтальних валків.

Відстань між осями горизонтальних і вертикальних валків - 2250 мм.

Кліть горизонтальних валків закритого типу, реверсивна з діаметром валків 1150 мм і довжиною бочки 2000 мм. Привід кожного горизонтального валка від електродвигуна тип МПС 9000 - 66, 750 В, 10200 А, потужністю

7200 кВт через шпindel без шестеренної кліти. Розтвір горизонтальних валків 80 - 900 мм, швидкість підйому валків 150 мм/с, обороти валків регулюються в межах $\pm 53 - 0 - 53$ об / хв.

Кліть вертикальних валків: діаметр валків 700 мм і довжина бочки 1150 мм. Привід вертикальних валків від 4-х електродвигунів ПВ2 800.175 - 8УЗ, 750 В, 1775 А, потужністю 1250 кВт кожен через циліндричний редуктор з передавальним числом - 3,744. Розтвір валків 1800 - 720 мм; швидкість переміщення валків - 64,8 мм/с; обороти валків регулюються в межах $\pm 78 - 0 - 78$ об/хв.



1 - горизонтальні валки; 2 - робоча кліть горизонтальних валків;
 3 - електродвигуни натискного пристрою; 4 - електродвигуни приводу
 вертикальних валків; 5 - універсальні шпинделі приводу вертикальних
 валків; 6 - кліть вертикальних валків; 7 - вертикальні валки;
 8 - транспортери для прибирання окалини

Рисунок 1.4 - Загальний вид робочої кліти слябінга 1150.

Регулювання співвідношення оборотів горизонтальних і вертикальних валків виконується за спеціальною електричною схемою.

Стан обладнаний маніпулятором і кантувачем. Призначення маніпулятора - точна установка злитка по осі прокатки і вирівнювання штаби. Максимальний розтвір лінійок - 1800 мм, робочий хід лінійок – 1500 мм. Довжина лінійок перед і за станом - по 8 м. Призначення кантувача - кантувати злитки і штаби на 90° і 180° .

Нагріті злитки масою до 20 т транспортуються до приймального рольгангу стана за допомогою злитковозу з причіпним візком, швидкість переміщення злитковозу 0,44 - 5,7 м/с, час опускання злитка на рольганг - 6 секунд. У головній частині стана встановлені, приймальний рольганг зі стаціонарним перекидачем і поворотним столом. Окружна швидкість роликів - 1,5 м/с. Призначення поворотного столу - повертати злитки на 180° . Діаметр поворотної платформи - 3370 мм. Найбільша довжина злитка, що повертається злитка - 3100 мм. Найбільша маса злитка - 20 тонн. Число оборотів поворотного столу - 2 - 6 об/хв.

Для забезпечення високопродуктивної прокатки злитків необхідна налаштування стана, яка виконується після перевалки валків, заміни вкладишів, а також у випадку, коли при прокатуванні виявлено брак [7].

При прокатуванні слябів намагаються отримати гарну поверхню сляба без залишків втисненої окалини та інших поверхневих дефектів. Крім того, сляби повинні мати рівні бокові кромки.

Для виробництва слябів які найбільш часто замовляють на меткомбінаті розроблені 18 режимів обтиснень [8]. Прокатка злитків, що передаються транзитом безпосередньо до ШСГП 1680 ЦГПТЛ, злитків IV групи робиться по одному («Одиночна прокатка»). Прокатка злитків на склад або для посадки в методичні печі I, II і III груп марок сталі проводиться, як правило, одночасно по два («спарена прокатка»), спочатку повністю прокатують перший розкат, а потім - другий. Така прокатка забезпечує максимальне використання стана і скорочує час пауз. Захоплення злитків

(розкатів) валками роблять при швидкості $n_3 = 20 - 40$ об/хв. ($V_3 = 1,1 - 2,2$ м/с). При «спареному» прокатуванні злитків в перших двох проходах кількість води, що подається для охолодження валків знижується на 50 %. Спарена прокатка завершується за 5 - 7 проходів до закінчення обтиску злитків і подальша їх прокатка проводиться окремо до кінцевої товщини. Розподілення марок сталі по групам режимів обтисків наведені у табл. 1.3.

Таблиця 1.3 - Розподілення марок сталі по групам режимів обтисків

Група сталі	Марка сталі	Група режимів обтисків
Полуспокойні і киплячі Нестаріюча	08пс(кп), 10 пс(кп), 15 пс(кп), 20 пс(кп), 25 пс, Ст0, Ст1пс(кп), Ст3пс(кп), Ст4пс(кп), Ст3Гпс, Ст5Гпс 08Ю, 08ПСН	I
Вуглецева спокійна	10, 15, 20, 25, 30, 15К, 20К, Ст0, Ст2сп, Ст3сп, Ст4сп, Ст15 - мідиста	II
Низьколеговані	09Г2Д, 12ГС, 09Г2, 16ГС, 09ГС, 14Г2, 7ГС, 09Г2С, 09Г2Т, 10ХНДП, 17Г1С, Ст5сп, 07ГСЮФ, 08ГСЮТ, 08ГСЮФ, 08ЮТ, 08ГЮФ, 08ГЮТ	III
Високовуглецеві	60С2, 60С2А, 70Х, 45, 55, 60Г, 65Г, 70Г	IV

Необхідна величина обтиснення вертикальними і горизонтальними валками в кожному проході контролюється за допомогою 2-х дискових циферблатів, кожен з яких розділений на 100 рівних долей з ціною кожного 1 мм. Показання циферблатів горизонтальних і вертикальних валків на задану товщину і ширину повинні бути збільшені на величину температурної усадки [9]. При прокатуванні злитків навантаження на двигуни горизонтальних і вертикальних валків не повинні перевищувати допустиме навантаження. Категорично забороняється прокатка злитків, температура яких знизилась

нижче допустимої норми при транспортуванні до стана або в процесі прокатки і штаб з підстуженими і потемнілими кінцями.

Злитки прокатують в сляби за 11 - 17 проходів з обтисненням в горизонтальних і вертикальних валках по 20 – 70 мм (табл. 1.4). Величина обтиску в горизонтальних валках обумовлена їх міцністю і потужністю двигунів, розмірами сляба.

Таблиця 1.4 - Режим обтисків злиwkів вуглецевої спокійної сталі перетином 640×1100 на сляби перетином 200×(950-1050)

№ проходу	Горизонтальні валки			Вертикальні валки	
	Товщина h, мм	Обтиснення Δh , мм	Розширення Δb , мм	Ширина b, мм	Обтиснення Δh_b , мм
1	520	120	15	1040	60
2	470	50	10	1040	25
3	415	55	49	1015	25
4	365	50	12	1015	61
5	310	55	50	990	25
6	260	50	12	990	62
7	210	50	50	960	30
8	205	5	1	960	52
9	205	0	0	960	0

З табл. 1.4 випливає, що в першому проході обтискають конусність злитка по висоті і ширині. У першому і другому проходах розкат отримує розширення, що дорівнює в сумі $\Sigma \Delta b = 24$ мм. Розширення видаляється вертикальними валками в другому (парному) проході. Це має місце в кожній парі наступних проходів (непарний - парний). У ряді проходів положення вертикальних валків не змінюють у порівнянні з попереднім проходом. В останньому (одинадцятому) проході проводять лише прогладжування слябів

горизонтальними валками з метою зменшення бічних висотних напливів від обтиску вертикальними валками. На інших станах і при прокатуванні слябів іншої ширини режим роботи вертикальних валків може бути іншим. Сумарне обтиснення сляба по ширині складає 300 - 400 мм. При цьому 50 - 230 припадає на зменшення різниці між вихідною шириною зливка і сляба ($B_{\text{злитка}} > b$) і 150 - 200 мм на усунення розширення металу, що виникає при прокатуванні. Достатнє обтиснення по ширині запобігає утворення поперечних тріщин і рванин на бічних поверхнях і ребрах сляба за рахунок вирівнювання інтенсивності течії металу в різних поздовжніх перетинах розкату.

Спільна робота горизонтальних і вертикальних валків обумовлена кінематичним зв'язком через прокатуємий розкат (безперервна прокатка в двох клітках), тому їх деформаційно-швидкісний режим прокатки повинен бути пов'язаний постійністю секундних об'ємів металу. При цьому з метою зниження завантаження електроприводу вертикальних валків доцільно максимальне обтиснення розкату по ширині робити при виході його з горизонтальних валків. В цьому випадку з боку горизонтальних валків створюється сила підпору розкату, що знижує момент прокатки і витрати потужності приводу вертикальних валків.

Після прокатки штаба поступає до ножиць з силою різа 15 – 20 МН для видалення прибільної і донної частини. При цьому на штабах з киплячої і напівспокійної сталі від донної дефектної ділянки відрізають 2 – 3 % металу, а від головної вирізують усадкову рихлість в розмірі 4 – 6 % довжини розкату. Обріз розкатів з прибуткової частини (задній кінець сляба) становить 10 – 14 %, на передньому кінці обріз 2 – 3 %. У разі відправки на склад штабу (довжина 10 - 15 м) ріжуть на мірні шматки, а на безперервний широкоштабовий стан - без поділу або з поділом на дві частини.

Величина відходів головної і донної частин розкату регламентуються заводськими інструкціями в залежності від типу зливка, марки сталі. На ножицях є спеціальні таблиці, де вказана довжина обрізі головної і донної

частини злитка різної маси для всіх марок сталі, що прокатуються. Норми обрізи встановлюються так, щоб вся прибильна частина уходила в обріз, а різ здійснювався по нижньому краю пояса (перехід від тіла злитка до прибильної частини).

Отримані після порізу сляби піддають клеймуванню. Клеймування виконують у торець з головної частини на клеймувальній машині або у хвостовій частині сляба за допомогою молотка з набраними буквами і цифрами (марка сталі, номер плавки, бригадний знак, номер злитка, номер сляба).

При порізці ведуть облік металу у встановленій формі з вказуванням номера плавки, марки сталі, перетину, довжини і кількості слябів у плавці, наявність дефектів (пльони, усадка, розшарування, рванини і т.д.) і величину зробленої обрізи для їх видалення. Відрізані прибильну і донну частини скидають на конвеєр для обрізи, який транспортує їх у спеціальні короба. Ці відходи відвантажують у сталеплавильні цехи, як шихтові матеріали.

У поверхневому шарі сляба, як правило, є дефекти металургійного (неметалеві включення, пльони) і прокатного (тріщини) виробництва, які на ряді станів видаляють на машині вогневої зачистки. На цій машині знімають кисневим струменем шар металу товщиною близько 2 мм з кожного боку сляба. Швидкість зачистки 0,8 ... 0,9 м/с.

1.4 Механічне устаткування обтискного цеху і його характеристика

1.4.1 Мостові кліщові колодязні крани

Зняття гарячих зливок із залізничних платформ, поданих зі стриперного відділення, посадка їх у нагрівальні колодязі, вилучення з колодязів і посадка у зливковоз – усі ці операції виконують спеціальні мостові кліщові крани [13, 14].

У цехах слябінгів залежно від ваги зливок, що прокатуються, застосовують кліщові крани вантажопідйомністю кліщового захвата й

допоміжного гака 200/300, 300/400, 300/500 кн (20/30, 30/40, 30/50 тс). У прольоті нагрівальних колодязів (як і в інших цехах) за нульову ($\pm 0,0$) висотну оцінку ухвалюють висоту головки рейок залізничної колії. Тому що майданчик нагрівальних колодязів розташований на висоті близько +3000 мм, то для обслуговування їх необхідно, щоб кліщовий кран був розміщений на великій висоті [оцінка підкранової рейки близько +(15 - 16) м]. Прогін крана (по осях підкранових рейок) становить 30 - 32 м. Зварний міст крана являє собою жорстку рамну конструкцію з кінцевими балками коробчастого перетину.

1.4.2 Прогін нагрівальних колодязів

Довжина прогону – 236,5 м. Ширина – 29 м. У прольоті прокладено три залізничні колії. Перша і друга залізничні колії з боку нагрівальних колодязів служать для подачі гарячих і холодних плавок зі складів зливків, подачі й збирання цегли при ремонтах колодязів і збиранню зварювального шлаку. Третій шлях – зливковозний, обладнаний у тупику прогону ямою для ремонту зливковоза.

Для обслуговування колодязів по посаді, видачі зливків та по ремонтах встановлено 5 електромостових кліщових крана $Q = 20/15$ т. У прольоті встановлено 14 груп колодязів із загальною довжиною майданчика 190 м. Тип нагрівальних колодязів – багатомісні газові, регенеративні з підігрівом газу й повітря. Практично місткість колодязів 160 – 170 зливків ≈ 2200 т.

Кожне гніздо має 4 регенератора, з яких 2 повітряних і 2 газових. Розташовані регенератори з лівої та правої сторони гнізда. Верхня частина насадок – динасова, а нижня частина – шамотна. Температура підігріву газу в регенераторі до 1000 - 1100 °С, а повітря до 800 - 900 °С.

Кожне гніздо має індивідуальні газопровід і повітропровід діаметром 400 мм, і для інтенсифікації процесу нагрівання від загального цехового колектора до кожного гнізда підводить трубою $\varnothing 57 \times 3,5$ природний газ із постійною витратою 85,7 нм/годину. Перекидні пристрої на кожному гнізді

індивідуальні: на газовому тракті гнізда встановлений клапан золотникового типу з водяним затвором, на повітряному – клапан метеликового типу [15]. Повітря поступає в регенератор та проходить через перекидний клапан від відцентрового вентилятора. Газ, що поступає в регенератор проходить через перекидний клапан від загального цехового газопроводу Ø1500 мм, через колектор. Пропорціональність газу й повітря здійснюється струминним регулятором співвідношення, що впливає на дроселі в повітропроводі за допомогою кривошипного сервомотора. Регулювання витрати газу проводиться автоматично по температурі в гнізді. Витрата повітря регулюється автоматично по витраті газу.

Постійний тиск в камері досягається автоматичною зміною положення шибера.

Тривалість нагрівання злиwkів холодного посаду 6 - 10 годин, а гарячого 1,5 - 4,0 години і залежить від часу кінця розливання до посадки.

Продуктивність однієї групи колодязів 55 – 60 т/година.

1.4.3 Зливковоз

Для подачі нагрітих злиwkів на прийомний рольганг стану в горизонтальному положенні служить двовісний візок-перекидач. Живлення двигуна пересування здійснюється від тропів. Перекидання колиски зі зливком проводиться напівавтоматична. Швидкість пересування зливковоза до 6 м/с. У випадку подачі злиwkів від першої й другої груп колодязів, злиwки встановлюються безпосередньо краном у стаціонарний перекидач, який укладає зливок на рольганг. При підході до рольганга швидкість зливковоза автоматично знижується; до моменту зіткнення з упором включається кінцевий вимикач і зливковоз зупиняється. У цей же період автоматично включається двигун повороту колиски. Зливок плавно укладається на ролики й потім прийомним рольгангом транспортується до стану [16].

1.4.4 Становий прогін

Становий прогін довжиною – 78 м, шириною – 27 м із кроком колон – 12 м обладнано двома електромостовими кранами $q = 30/5$ т і $Q = 75/15$ т, які призначені для проведення ремонтних робіт, перевалок валків, збирання скрапу і інших робіт.

1.4.5 Рольганги

Усі рольганги встановлені по одній осі – осі прокатки, утворюючи безперервну лінію транспортування металу, що прокатуються. Кожний рольганг складається зі станини, роликів, трансмісії й привода. Усі рольганги мають напрямні лінійки. Ролики рольгангів ковани й литі пустотілі. Установлюються ролики поперек станини між рамами рольгангів, розташовуючись роликотідишниками, насадженими на обидві шийки ролика, у гніздах рам. На одну шийку із приводної сторони насаджена конічна шестірня, що входить у зачеплення з відповідною конічною шестірнею на приводному трансмісійному валу. Вал із закріпленими конічними шестірнями встановлюють у масляній ванні із приводної сторони рольгангів, і закривається кришкою [13, 14]. Привод складається з мотора й редуктора. У всіх рольгангів верхня площина роликів перебуває вище рівня підлоги цеху на 800 мм. Привод роликів робочих рольгангів перед станом і за станом проводиться від індивідуальних електродвигунів потужністю $N = 80$ кВт, $n = 470$ об/хв. типу МП-82.

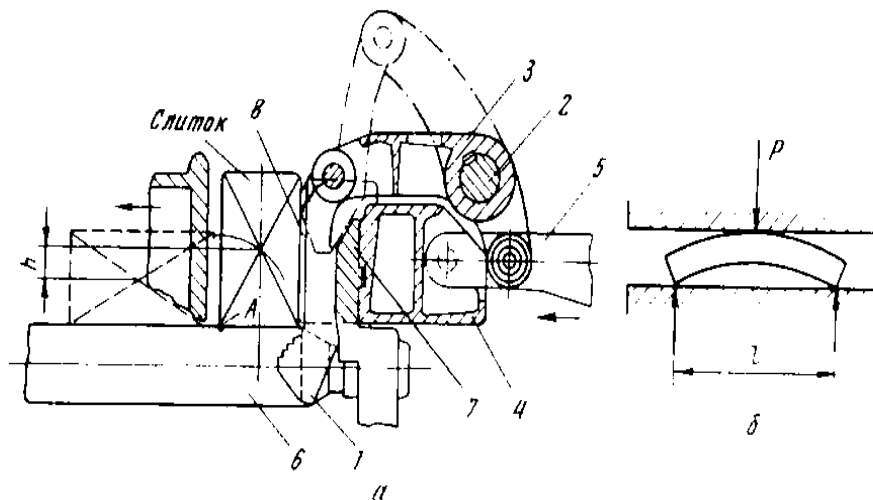
1.4.6 Маніпулятор

Маніпулятор призначений для точної установки зливка по осі прокатки й вирівнювання розкату. Є два маніпулятори стосовно осі стану – перед станом і за станом. Пересування лінійок перед станом і за станом здійснюється двома електродвигунами $N = 150$ л.с., $n = 460$ об/хв. через циліндричні редуктори й річкові зачеплення. Максимальний розчин лінійок

1800 мм. Швидкість руху лінійок – 0,511 м/с. Довжина лінійок 8 м. Висота лінійок перед станом – 1225 мм, за – 1225 мм.

1.4.7 Кантувач

Кантувач служить для повертання зливка на 90° або у два приймання на 180° ; при цьому відбувається збивання окалини. Кантувач розташований між станинами маніпулятора перед станом [17]. На верхній частині корпусу правої лінійки встановлений вал для надавання руху кантувальних гаків. Відстань між гаками 1500 мм. Висота підйому гаків 900 мм. Швидкість підйому гаків 0,55 м/с. Кут повороту важелів кантувальних гаків 48012 . Пересування кантувача проводиться через редуктор двома електродвигунами типу КПО1250/418 $N = 135$ кВт, $n = 450$ об/хв. На рисунку 1.5 показаний пристрій маніпулятора і кантувача.



- 1- гаки, що кантують; 2 - вал; 3 - важелі; 4 - лінійка маніпулятора;
5 - штанга; 6 - ролик робочого рольганга; 7 – утримувач; 8 – опорна плита

Рисунок 1.5 - Схема крюкового кантувача (а) і схема виправлення слябів лінійками маніпулятора (б)

1.4.8 Ножиці

Ножиці закритого типу з верхнім різом і кривошипно-шатунним механізмом працюють від електропривода, до складу якого входять три

редуктори й чотири електродвигуни. Потужність ножиців 2000 т. Ножиці призначені для обрізання кінців і нарізання штаби перетином у межах від 65 – 200 мм по товщині й 650 – 1520 мм по ширині за умови, що поперечний переріз штаби не перевищує 30000 мм^2 для сталей з межею міцності не більш 50 кг/мм^2 при 800°C . Довжина сляба залежить від фабрикації зливка в межах 1400 - 4800 мм. Кількість ножів – 2, сталь марки 5XB2C. Відстань між ножами 320 мм. Хід верхнього ножа – 340 мм найбільше число різів 4,9 - 8,6 хв. Ширина транспортера для збирання обрізків 600 мм, обмежує довжину обрізі й вага.

Таврування слябу на бічній грані проводиться за допомогою клеймованої машини, що представляє собою пневмоциліндр зі штоком, на якому кріпляться обойми із клеймами.

1.4.9 Конвеєр для збирання обрізі

Служить для подальшої передачі обрізі від транспортера на хитному столі ножиців до коробки охолодження обрізі в скрапному прольоті. Робоча швидкість стрічки конвеєра – 0,49 м/с. Ширина стрічки 1000 мм. Привід ланцюга здійснюється від електродвигуна $N = 40 \text{ кВт}$, $n = 750 \text{ об/хв}$.

Після порізки обріз рухається по стрічковому транспортеру на хитному рольгангу, потім переходить на конвеєр, дійшовши до кінцевих зірочок, переходить на розподільну плиту скидального пристрою. На плиті встановлена напрямна, що повертається, за допомогою якої обрізі направляються в ту або іншу коробку. З коробок обріз висипається на дорожні платформи або в засіки для обрізі в скрапному прольоті.

1.4.10 Прогін складу слябів

Довжина прогону – 204 м. Ширина двох прольотів складу 80 м. Склад слябів фактично вміщає 26000 – 28000 т слябів і обладнано шістьма електромостовими кранами (у кожному прольоті по 3 крана) вантажопідйомністю 20/5 т.

Вирізані на ножицях сляби можуть надходити в печі ТЛЦ по похилому транспортеру й грубному рольгангу або складається на стелажах складу слябів. Гарячі сляби, що йдуть на склад слябів, затримуються упорами, розташованими в лінії рольганга, що відводить, біля складальних столів і зіштовхувачами зрушуються на складальний стіл.

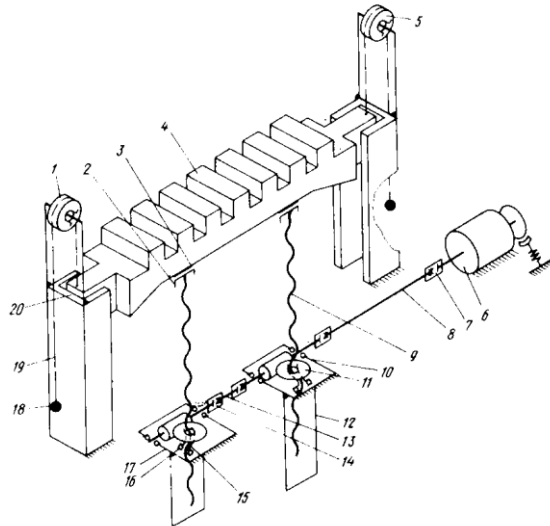
Для зрушування слябів з рольганга, що відводить, є два зіштовхувача, обладнаних 8 пальцями кожний. Кожний робочий хід зіштовхувача 4400 мм забезпечує зіштовхування слябів на складальний стіл, а потім на стелажі. Швидкість зіштовхування 0,362 м/с.

Максимальне зусилля, що штовхає, – 20 т. Привод кожного зіштовхувача здійснюється від моторів типу МП-72 потужністю 75 кВт через черв'ячний редуктор і зубчасті рейки.

1.4.11 Столи для штабелювання

Столи для штабелювання розташовані біля зіштовхувачів і служать для укладання слябів на столи й збирання стоп електрокранами. Максимальний хід стопа 1200 мм. Швидкість підйому стопа - 0,023 м/с. Піднімальна сила стопа – 25 т. Укладання слябів у два ряди може проводитися тільки при слябах шириною до 800 мм і довжиною до 2250 мм. Привод кожного столу здійснюється від мотора МП-72 потужністю 75 кВт через черв'ячний редуктор і два піднімальні гвинти діаметром 250 мм (рис. 1.6).

Зібрані в стопи сляби складують на стелажі. Сляби легованих марок сталей, потребуючих за технологією вповільненого охолодження або відпалом – відправляються до термічних печей з висувним подом; сталі нержавіючих марок – складуються для наступної передачі в прогін стругальних верстатів цеху.



1,5 – блоки; 2,3 - кульові опори; 4 – стіл; 6 – електродвигун;
 7,14 - зубчасті муфти; 8,13 – вали; 9 – гвинт; 10,17 - черв'ячні редуктора;
 11- черв'ячне колесо; 12 - корпус редуктора; 15 – гайка; 16 - упорні
 підшипники; 18 - контр вантажі; 19 – ланцюг; 20 - напрямна стійка

Рисунок 1.6 – Схема стола.

Цех має 28 поздовжньо-стругальних верстатів для обдирання нержавіючих слябів, що підлягають перекату на гарячекатаний лист на безперервному тонколистовому стані. Продуктивність стругального відділення 200 - 250 т/доба.

1.5 Перспективи розвитку виробництва та пропозиції щодо його вдосконалення

Подальше зростання виробництва слябінга в даний час обмежується:

1. недостатньою продуктивністю засобів для подачі злиwkів від нагрівальних колодязів до стану. Швидкість руху зливковозу уздовж фронту всіх нагрівальних колодязів мала - 5,6 м/с, не забезпечує максимальну годинну продуктивність стану. Зливковоз через ряд конструктивних недоліків не забезпечує нормальну роботу і викликає часті простої стану;

2. конструкція натискного механізму не дозволяє забезпечити прокатку зливків «на ребро» для збільшення обсягу виробництва і забезпечення ТЛС 95% гарячого всаду;
3. двигуни головного привода стану не дозволяють інтенсифікувати режим обтисків у горизонтальній кліті стану;
4. кантувач має ряд конструктивних недоліків і не забезпечує нормальну роботу;
5. високим ступенем зношеності й недостатньої потужності ножиців для різання розкату високоміцних сталей;
6. низькою продуктивністю засобів для подачі обрізі від ножиців у скрапний прогін;
7. відсутні ефективні засоби для заощадження тепла металу, що прокатується.

Для зменшення енерговитрат при прокатуванні існують такі методи:

Гарячий посад слябів вважається однією з найпоширеніших енергозберігаючих технологій, які використовуються при виробництві листового прокату. Підвищення температури слябів при посаді в печі на кожні 100°C дозволяє зменшити витрату енергії приблизно на 80 – 120 МДж/т, в перерахунку на умовне паливо 3 – 4 кг/т.

Вживання тепловідбивних (ТОЕ) і теплоаккумулюючих (ТАЕ) екранів дозволяє понизити значення «Температурного клину», що приводить до вирівнювання структури по перетину сляба, рівномірності механічних властивостей, зниженню подовжньої різнотовщинності, і крім того, до збільшення температури прокатки (особливо в останніх проходах), дозволяє понизити зусилля прокатки, а значить і витрати електроенергії. В даний час вживання тепловідбивних екранів набуло поширення при гарячому прокатуванні чорних металів і сплавів. Доцільним представляється використовувати на стані гарячої прокатки тепловідбивні екрани, оскільки вони мають більшу швидкодію в порівнянні з теплоаккумулюючими екранами, для початку ефективної роботи яких потрібен певний час,

необхідне для акумуляції тепла. Вживання тепловідбивних екранів дозволяє підвищити температуру кінця прокатки на $51 - 78^{\circ}\text{C}$ і понизити «температурний клин» по довжині гарячекатаної штаби на $15 - 28^{\circ}\text{C}$.

Розглянемо детальніше один з вищевикладених методів зменшення енерговитрат – використання тепловідбивних екранів (рис. 1.7) з метою економії енергоресурсів, зокрема електроенергії.

Над рольгангом 1, по якому рухається гарячий метал 2 встановлюється екран, який виконаний з панелей 5, кожна з яких складається з набору горизонтальних тонкостінних труб 9, що фіксуються в панелях стрижням 10. Труби заповнені тепло ізолятором.

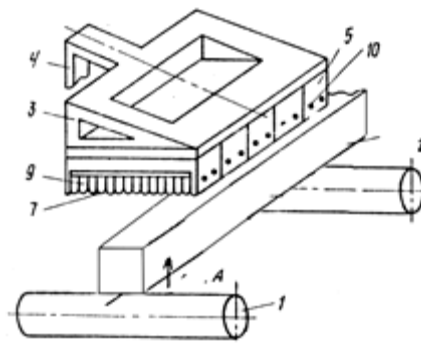


Рисунок 1.7 – Конструкція теплоізоляційного екрану

Така конструкція разом з низькою тепловою інерційністю має здібність до значного термічного розширення без збільшення габаритів. Пластини закріплені на несучій конструкції 3, яка кріпиться утримувачем 4.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок режиму деформації та енергосилових параметрів прокатки сляба перетином 180 × 1200 мм

Метою випускної кваліфікаційної роботи є розрахунок раціонального режиму деформації з метою підвищення продуктивності виробництва слябів перетином 180 × 1200 мм із сталі 08пс.

Прокатка сляба перетином 180 × 1200 мм виконується за 13 проходів. У першому проході обтискається конусність злитка по висоті і ширині. Величина обтисків у горизонтальних валках обумовлена їх міцністю і потужністю двигуна, розмірами сляба.

Для прикладу виконаємо розрахунок теоретичного режиму обтиснень і енергосилових параметрів за 13 проходів за методикою В.О. Ніколаєва приведеною у [15].

Вихідні дані для розрахунку режиму деформації:

Злиток $\frac{780 \times 1500}{720 \times 1430} \times 2200$ мм на сляб 180 × 1200 мм. Сталь 08пс.

$D = 1150$ мм, $L_{\sigma} = 2000$ мм, $a = 2720$ мм, $d_{uu} = 720$ мм, $l_{uu} = 720$ мм, $N_{\sigma} = 7200$ кВт, 50HSD, $t = 1200^{\circ}\text{C}$

Для визначення раціонального режиму виконаємо розрахунок теоретично допустимих величин обтиснення виходячи з трьох умов.

Визначення допустимого обтиску з умови захоплення металу валками

Знайдемо коефіцієнт тертя за формулою:

$$f = f_0 \cdot k_{\sigma} \cdot k_T \cdot k_M \cdot k_V \cdot k_{CM} \cdot k_E \quad (2.1)$$

де f_0 - базовий коефіцієнт тертя; k_{σ} - коефіцієнт, що враховує вплив різних факторів; k_T - твердість поверхні валків; k_M - матеріал сляба (штаби);

k_V - окружну швидкість валків; k_{CM} - типу технологічної змазки; k_E - відносного обтиску.

Коефіцієнт тертя при захопленні розкату валками дорівнює:

$$f_3 = f \cdot k_3 \cdot k_Q \quad (2.2)$$

де f - коефіцієнт тертя у встановленому процесі; k_3 - коефіцієнт, який враховує умови тертя при захопленні, $k_3 = 1,35$, k_Q - коефіцієнт, який враховує покращення умов захоплення при задачі у валки розкату під дією деякої сили від рольгангу, $k_Q = 1.02 \dots 1.1$

Базовий коефіцієнт тертя дорівнює:

$$f_0 = 0,27 - 0,1 \left(\frac{t}{400} - 2 \right)^2 \quad (2.3)$$

де t - температура метала, $t = 1200^\circ\text{C}$.

$$f_0 = 0,27 - 0,1 \left(\frac{1200}{400} - 2 \right)^2 = 0,17$$

Коефіцієнти k_T і k_V відповідно дорівнюють:

$$k_T = 1 + 0,43 \left(1 - \frac{HSD}{65} \right)^2 \quad (2.4)$$

де HSD - твердість по шкалі Шора.

$$k_T = 1 + 0,43 \left(1 - \frac{50}{65} \right)^2 = 1,022$$

$$k_V = 0,76 + 0,82(1 - 0,1 \cdot V)^2 \quad (2.5)$$

де V - окружна швидкість валків.

$$k_v = 0,76 + 0,82(1 - 0,1 \cdot 1,66)^2 = 1,33$$

Коефіцієнт k_b для сталених валків слід приймати в межах $k_b=1,1$, коефіцієнт для мало вуглецевої сталі дорівнює $k_M=1,0$, коефіцієнт k_{CM} для слябінга, валки якого охолоджуються водою дорівнює $k_{CM} = 1,0$, коефіцієнт k_E дорівнює $k_E = 0,95$.

$$f = 0,17 \cdot 1,022 \cdot 1,33 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,95 = 0,24$$

$$f_3 = 0,24 \cdot 1,35 \cdot 1,1 = 0,358$$

Діаметр валків після переточування:

$$D = 0,9 \cdot D_0$$

$$D = 1150 \cdot 0,9 = 1040 \text{ мм}$$

Визначимо допустимий обтиск з формули:

$$\Delta h_d = R \cdot f_3^2 \quad (2.6)$$

$$\Delta h_d = 520 \cdot 0,358 = 67 \text{ мм}$$

Визначення допустимого обтиску виходячи з міцності валків

Допустима сила прокатки визначається з формул:

для бочки

$$P_d = 0,4 \cdot D^3 \cdot [\sigma_{из}] / (a - 0,5b) \quad (2.7)$$

для шейки валка

$$P_d = 0,4 \cdot d_{ш}^3 \cdot [\sigma_{из}] / l_{ш} \quad (2.8)$$

де $[\sigma_{из}]$ - допустима напруга на вигин, $[\sigma_{из}] = 100 - 120 \text{ Н/мм}^2$;

D - діаметр валка у небезпечному перетині, $D = 1,04 \text{ м}$; a - проміжок між осями натискних гвинтів, $a = 2,72$; b - ширина сляба, м; $l_{ш}$ - довжина шийки, $l_{ш} = 0,72 \text{ м}$.

по бочці

$$P_d = 0,4 \cdot 1,04^3 \cdot 115 / (2,72 - 0,5 \cdot 1,25) = 24,34 \text{ МН}$$

по шийці валка

$$P_d = 0,4 \cdot 0,72^3 \cdot 115 / 0,72 = 23,85 \text{ МН}$$

Допустима міцність шийки на вигин менше, ніж по бочці, так як у шийці ще діють напруги від крутного моменту. Менше значення $[P_d]$ приймаємо для розрахунку допустимого обтиску.

Допустимий обтиск виходячи з міцності валка визначаємо з виразу:

$$\Delta h_d = \Delta h' + (\Delta h'' - \Delta h')(P_d - P') / (P'' - P') \quad (2.9)$$

де $\Delta h'$ і $\Delta h''$ - абсолютні обтиски відповідно мінімальні і максимальні, прийняті для розрахунку; P' і P'' - розрахункові сили прокатки, які відповідають обтискам $\Delta h'$ і $\Delta h''$, можливим на даному стані.

Приймаємо наступні умови деформації металу: $D_0 = 1150 \text{ мм}$, $h' = 30 \text{ мм}$, $h'' = 70 \text{ мм}$, $h_{cp} = 250 \text{ мм}$, $t = 1160 \text{ С}$, сталь 08пс (хім. склад %: 0,11С; 0,03Si; 0,5Mn; 0,1Cr; 0,25Ni), орієнтовна швидкість прокатки $v = 2,37 \text{ м/с}$, ширина $B = 1200 \text{ мм}$.

Напруження текучості металу визначаємо за формулою:

$$\sigma_T = \sigma_{T\delta} \cdot k_t \cdot k_\varepsilon \cdot k_u \quad (2.10)$$

де $\sigma_{T\delta}$ - базове напруження течії металу; k_t , k_ε , k_u - коефіцієнти відповідно враховуючі температуру метала, відносне обтиснення, швидкість деформації.

Для маловуглецевої сталі

$$\sigma_{T\delta} = 80 + 25 \left[1 - \left\{ (5 - N_1) / 4,5 \right\}^{1,8} \right] \quad (2.11)$$

де N_1 – сума хімічних елементів у сталі.

Для сталі 08кп вуглецевий еквівалент дорівнює, %:

$$N_1 = C + Si + Mn + Cr + Ni \quad (2.12)$$

$$N_1 = 0,11 + 0,03 + 0,5 + 0,1 + 0,25 = 0,99$$

Базове напруження течії дорівнює :

$$\sigma_{T\delta} = 80 + 25 \cdot \left[1 - \left\{ (5 - 0,99) / 4,5^{1,8} \right\} \right] = 84,68 \text{ H / мм}^2$$

Параметри деформації l_d / h_{cp} дорівнюють:

$$l'_d = \sqrt{30 \cdot 520} = 124,9; \quad l_d / h_{cp} = 124,9 / 250 = 0,5;$$

$$l''_d = \sqrt{70 \cdot 520} = 190,7; \quad l_d / h_{cp} = 190,7 / 250 = 0,76.$$

Відносний обтиск по формулі :

$$\varepsilon = \Delta h_i / (h_{cp} + 0,5 \cdot \Delta h') \quad (2.13)$$

$$\varepsilon' = 30 / (250 + 15) = 0,113 \quad \varepsilon'' = 70 / (250 + 35) = 0,245$$

Швидкість деформації металу визначимо по формулі:

$$u = \frac{v \cdot \varepsilon}{l_d} \quad (2.14)$$

$$u' = \frac{2370 \cdot 0,113}{124,9} = 2,14c^{-1} \quad u'' = \frac{2370 \cdot 0,245}{190,7} = 3,05c^{-1}$$

Коефіцієнти k_i дорівнюють:

$$\begin{aligned} k_t &= 1,66 - 1,1 \left(\frac{t}{400} - 2 \right)^{0,7}; \\ k_\varepsilon &= 1 + 0,43 \cdot [1 - 6,3(0,5 - \varepsilon)^2]; \\ k_u &= 0,22 + 0,072 \cdot (7 + \ln u). \end{aligned} \quad (2.15)$$

Маємо:

$$\begin{aligned} k_t &= 1,66 - 1,1 \left(\frac{1160}{400} - 2 \right)^{0,7} = 0,63 \\ k'_\varepsilon &= 1 + 0,43 [1 - 6,3(0,5 - 0,113)^2] = 1,02 \\ k''_\varepsilon &= 1 + 0,43 [1 - 6,3(0,5 - 0,245)^2] = 1,25 \\ k'_u &= 0,22 + 0,072(7 + \ln 2,14) = 0,77 \\ k''_u &= 0,22 + 0,072(7 + \ln 3,05) = 0,8 \end{aligned}$$

Збираємо всі отримані дані у одну формулу відповідно для $\Delta h' = 30 \text{ мм}$ і $\Delta d'' = 60 \text{ мм}$:

$$\begin{aligned} \sigma'_T &= 84,68 \cdot 0,63 \cdot 1,02 \cdot 0,77 = 43,14 \text{ Н / мм}^2 \\ \sigma''_T &= 84,68 \cdot 0,63 \cdot 1,25 \cdot 0,8 = 54,54 \text{ Н / мм}^2 \end{aligned}$$

Середнє нормальне контактне напруження з урахуванням зовнішніх зон визначаємо з:

$$p_{cp} = 1,15 \cdot \sigma_T (1 + 0,145 \cdot l_d / h_{cp}) \left[1 + (1,1 - l_d / h_{cp})^2 \right]; \quad (2.16)$$

$$p'_{cp} = 1,15 \cdot 43,14(1 + 0,145 \cdot 0,5) \cdot [1 + (1,1 - 0,5)^2] = 72,39H / мм^2$$

$$p''_{cp} = 1,15 \cdot 54,54(1 + 0,145 \cdot 0,76) \cdot [1 + (1,1 - 0,76)^2] = 77,56H / мм^2$$

Сила прокатки відповідно дорівнює:

$$P = p_{cp} \cdot l_d \cdot B \cdot 10^{-6} \quad (2.17)$$

$$P' = 72,39 \cdot 124,9 \cdot 1250 \cdot 10^{-6} = 11,3H$$

$$P'' = 77,56 \cdot 190,7 \cdot 1250 \cdot 10^{-6} = 18,4H$$

Визначимо допустимий обтиск з сили прокатки:

$$\Delta h_d = \Delta h' + (\Delta h'' - \Delta h')(P_d - P') / (P'' - P') \quad (2.18)$$

$$\Delta h_d = 30 + (70 - 30)(23,85 - 11,3) / (18,4 - 11,3) = 73,8мм$$

Визначення допустимого обтиску виходячи з крутного моменту

В першу чергу необхідно визначити крутний момент прокатки для $\Delta h' = 30мм$ і $\Delta d'' = 70мм$, за формулою:

$$M = \psi \cdot l_d \cdot P \quad (2.19)$$

де ψ - коефіцієнт положення рівнодіючих сил у осередку деформації при прокатуванні високих полос на слябінгу рівний

$$\psi = 0,79 - 0,887 \frac{l_d}{h_{cp}} + 0,444 \left(\frac{l_d}{h_{cp}} \right)^2 \quad (2.20)$$

Для $l_d / h_{cp} = 0,5$ отримаємо:

$$\psi' = 0,79 - 0,887 \cdot 0,5 + 0,444 \cdot 0,5^2 = 0,457$$

$$M' = 0,457 \cdot 124,9 \cdot 11,3 = 0,64МН \cdot м$$

Для $l_d / h_{cp} = 0,76$ отримаємо:

$$\psi'' = 0,79 - 0,887 \cdot 0,76 + 0,444 \cdot 0,76^2 = 0,371$$

$$M'' = 0,371 \cdot 190,7 \cdot 18,4 = 1,31 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Номінальний момент на валу одного двигуна при номінальному числу обертів $n_{ном} = 53$ об./хв. визначимо з формул:

$$M_{ном} = \frac{N_{ог} \cdot R \cdot \eta}{960 \cdot v_{ном}}; \quad (2.21)$$

$$v_{ном} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{ном}}{60}, \quad (2.22)$$

η - КПД передачі ($\eta = 0,92 - 0,95$)

Вирішуючи разом ці вирази отримаємо:

$$M_{ном} = \frac{N_{ном} \cdot \eta}{100 \cdot n_{ном}} \quad (2.23)$$

$$M_{ном} = \frac{7200 \cdot 0,95}{100 \cdot 30} = 2,28 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Допустимий обтиск дорівнює:

$$\Delta h_d = \Delta h' + (\Delta h'' - \Delta h') (M_{ном} - M') / (M'' - M') \quad (2.24)$$

$$\Delta h_d = 30 + (70 - 30)(2,28 - 0,646) / (1,31 - 0,646) = 63,7 \text{ мм}$$

Нижче представлені допустимі обтиски, розраховані за різних умов:

Діаметр валків, мм	Допустимий обтиск з умови ,мм		
	Захоплення металу валками	Міцності валків по силі прокатки	Крутного моменту
1040	67	74	64

З метою забезпечення міцності деталей головної лінії стана приймаємо середній обтиск не перевищуючий 64 - 74 мм. При цьому середній обтиск вважаємо рівним:

$$\Delta h_{cp} = \frac{67 + 64}{2} \cdot 0,9 = 59 \text{ мм}$$

Визначення сумарного обтиску за всі проходи і кількість проходів

При задаванні злитка у валки тонкою головною частиною величина обтиску значно більше, ніж у наступних проходах:

$$\Delta h_1 = (H_0 - H'_0) + \Delta h_d \quad (2.25)$$

де H_0 і H'_0 – висота товстого і тонкого кінців; Δh_d – допустимий обтиск з граничної умови при $\Delta h_d = 74 \text{ мм}$.

$$\Delta h_1 = (780 - 720) + 67 = 127 \text{ мм}$$

При задачі розкату товстою донною частиною допустимий обтиск у першому проході дорівнює $\Delta h_1 = \Delta h_d \approx 67 \text{ мм}$.

Сумарний обтиск визначаємо за формулою:

$$\sum \Delta h = H_0 - h - \Delta h_1 - \Delta h_q \quad (2.26)$$

де $\Delta h_q = 10 - 20 \text{ мм}$

$$\sum \Delta h = 780 - 150 - 127 - 20 = 483 \text{ мм}$$

Сумарну кількість проходів знаходимо по формулі:

$$n = 3 + \sum \Delta h / \Delta h_{cp} \quad (2.27)$$

де 3 - число проходів (перший, передостанній, останній).

$$n = 3 + \frac{483}{59} = 11,2$$

Змінюємо дробне число до цілого у сторону збільшення, тобто до $n = 13$. Разом із збільшенням числа проходів зменшується середній обтиск до

$$\Delta h = \Delta h_{cp} \frac{11,2}{13} = 59 \cdot \frac{11,2}{13} \approx 50,8 \text{ мм}$$

Розподілення обтиснень по проходах зробили наступним чином: у першому проході величина обтиснення обмежується умовами захвату і дорівнює 65 мм, далі величину обтиснення поступово зменшуємо, що обумовлено зниженням температури розкату. Розподілення обтиснень по проходах при прокатуванні за 13 проходів сляба 150×1250мм представлені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Розподілення обтисків по проходах при прокатуванні сляба 180×1200мм із злитка розмірами $\frac{780 \times 1400}{690 \times 1360} \times 2200$ мм.

№ проходу	Горизонтальні валки		Установка вертикальних валків, мм	Δh_b , мм	ϵ	μ	L, м	V, м/с	l_d , мм	t, °C
	h, мм	Δh , мм								
1	715	65	1360	40	0,08	1,12	2,47	1,75	183,8	1200
2	650	65	1360	25	0,09	1,1	2,72	2	183,8	1199
3	585	65	1340	20	0,1	1,12	3,06	2,33	183,8	1198
4	520	65	1340	19	0,11	1,12	3,45	2,55	183,8	1195
5	460	60	1320	20	0,11	1,14	3,96	2,7	176,6	1190
6	405	55	1320	16	0,11	1,13	4,49	2,7	169,1	1181
7	355	50	1300	20	0,12	1,15	5,21	2,7	161,2	1173
8	305	50	1300	36	0,14	1,16	6,06	2,78	161,2	1159
9	255	50	1280	20	0,16	1,21	7,36	2,78	161,2	1141
10	208	47	1280	30	0,18	1,22	9,02	2,78	156,3	1122
11	180	38	1250	38	0,16	1,18	10,68	3,08	140,5	1100

Визначення швидкісного режиму прокатки

Приймаємо наступні частоти обертання по етапам прокатки слябів (таблиця 2.3)

Таблиця 2.3 - Приблизні величини чисел оборотів при захопленні, викиданні і максимальні.

Етапи прокатки сляба	При захопленні n_3 , об/хв.	При викиданні $n_в$, об/хв.	Максимальне число обертів $n_м$, об/хв.
I	15	20	60
II	30	40	60
III	40	45	60
IV	40	45	60

I - початкові проходи

II - середні проходи

III - передостанні проходи

IV - останній прохід

Визначимо максимальну частоту n_{mp} за формулою:

$$n_{mp} = 49 \sqrt{\frac{L_i}{\pi \cdot D} + \frac{n_3^2}{3600} + \frac{n_6^2}{7200}} \quad (2.28)$$

де L_i - довжина подвійного розкату у проході

Довжина L_i визначаємо з виразу:

$$L_i = L_{сл} \cdot \mu_{\Sigma} \quad (2.29)$$

де $L_{сл}$ - довжина злитка; μ_{Σ} - сумарний коефіцієнт витяжки за n -ну кількість проходів

Для останнього проходу максимальне значення обертів валків визначаємо з формули:

$$n_{mp} = 60 \sqrt{\frac{L}{\pi \cdot D} + \frac{n_3^2}{3600}} \quad (2.30)$$

Середню швидкість в даному проході орієнтовно визначаємо за формулою:

при $n_{mp} < n_m$

$$v = \frac{D}{38,3} [n_{mp} + 0,5(n_3 + n_6)] \quad (2.31)$$

при $n_{mp} > n_m$

$$v = \frac{D}{38,3} [n_m + 0,5(n_3 + n_6)] \quad (2.32)$$

Визначення розрахункових максимальних значень обертів валків у кожному проході і середньої швидкості прокатки

$$n_{mp} = 49 \sqrt{\frac{2,47}{3,14 \cdot 1,15} + \frac{15^2}{3600} + \frac{15^2}{7200}} = 43,22 \text{ x } \text{с}^{-1}$$

Середня швидкість валків з формули

$$v = \frac{D}{38,3} [n_{mp} + 0,5(n_3 + n_6)] \quad (2.33)$$

$$v = \frac{1,15}{38,3} [43,22 + 0,5(15 + 15)] = 1,75 \text{ м / с}$$

Розрахункові значення середньої окружної швидкості валків наведені у таблиці 2.2.

Втрати температури у і-тому проході приблизно можна визначити з виразу

$$\Delta t_{\Sigma} = 240(1 - h_i/h_1)^3 \quad (2.34)$$

$$t_i = t_1 - \Delta t_{\Sigma} \quad (2.35)$$

де t_i – температура металу в текучому проході; t_1 – температура розкату після першого проходу; h_i - товщина розкату після першого проходу; h_1 - товщина полоси після першого проходу.

Приймаючи вихідною температуру рівну $t_1 = 1240^\circ\text{C}$ для першого проходу отримуємо:

$$\Delta t_1 = 240 \left(1 - \frac{650}{715}\right)^3 = 1^\circ\text{C}$$

Температура металу після проходу дорівнює:

$$t_1 = 1200 - 1 = 1199^\circ\text{C}$$

Після шостого проходу

$$\Delta t_6 = 240 \left(1 - \frac{405}{715}\right) = 19^\circ\text{C}$$

$$t_6 = 1181^\circ\text{C}$$

У останньому проході падіння температури прийнято рівним 14°C .

Визначення енергосилових параметрів прокатки (горизонтальні валки)

Напруження плин металу визначимо по приведеним вище виразам:

Базове напруження течії для киплячої сталі 08кп дорівнює. Відносний обтиск $\varepsilon_1 = 0,08$, довжина дуги контакту $l_d = 183,85\text{мм}$, $l_d / h_{cp} = 0,25$, окружна швидкість валків $v = 1,75\text{м/с}$, температура металу $t = 1200^\circ\text{C}$ (табл. 4.3 перший прохід)

Визначимо коефіцієнти k_t, k_ε, k_u по формулам (4.15):

$$k_t = 1,66 - 1,1 \left(\frac{1200}{400} - 2 \right)^{0,7} = 0,56$$

$$k_\varepsilon = 1 + 0,43 \left(1 - 6,3(0,5 - 0,08)^2 \right) = 0,96$$

$$u = (2320 \cdot 0,141) / 251,5 = 1,3c^{-1}$$

$$k_u = 0,22 + 0,072(7 + \ln 0,79) = 0,71$$

Визначимо значення напруження плинину за формулою (4.10):

$$\sigma_T = 84,68 \cdot 0,56 \cdot 0,96 \cdot 0,71 = 32,19H / мм^2$$

Середнє нормальне контактне напруження визначимо за формулою (4.16):

$$p_{cp} = 1,15 \cdot 32,19(1 + 0,145 \cdot 0,25) \left[1 + (1,1 - 0,25)^2 \right] = 66,29H / мм^2$$

Сила прокатки по (4.17) дорівнює:

$$P = 66,29 \cdot 183,85 \cdot 1250 \cdot 10^{-6} = 15,24MH$$

Визначимо коефіцієнт положення рівнодіючої сил ψ і крутящий момент прокатки по формулам (4.19; 4.20):

$$\psi = 0,79 - 0,887 \cdot 0,25 + 0,444 \cdot 0,25^2 = 0,6$$

$$M = 0,6 \cdot 0,183 \cdot 15,24 = 1,68MH \cdot м$$

Потужність двигуна для двох валків визначаємо за виразом:

$$N_{дв} = 2 \cdot 960 \cdot M \cdot v / R \cdot \eta, \quad (2.48)$$

$$N_{\text{дв}} = 2 \cdot 960 \cdot 1,68 \cdot 1,75 / 0,575 \cdot 0,95 = 10303 \text{ кВт}$$

що менше допустимої потужності встановленого двигуна (13200кВт).

Для перевірки двигуна на перегрів необхідно виконати розрахунок еквівалентного моменту для усіх проходів. При цьому умова відсутності перегріву двигуна має наступний вид:

$$M_{\text{эк}} < M_{\text{ном}},$$

де $M_{\text{эк}}$ - еквівалентний момент на валу двигуна; $k_{\text{дв}} = M_{\text{дв}} / M_{\text{ном}} > 1$ - коефіцієнт перевантаження для реверсивних станів, $k_{\text{дв}} = 2...2,5$; $M_{\text{дв}}$ - розрахунковий момент прокатки.

Еквівалентний момент визначається з формули:

$$M_{\text{эк}} = \sqrt{\frac{\sum M_{\text{дв}}^2 \cdot \tau_{\text{м}} + \sum M_{\text{хх}}^2 \cdot \tau_{\text{п}}}{\tau_{\text{м}} + \tau_{\text{п}}}}, \quad (2.49)$$

де $M_{\text{хх}}$ - момент холостого ходу ($M_{\text{хх}} \approx 0,05 M_{\text{дв}}$); $\tau_{\text{м}}$ і $\tau_{\text{п}}$ - машинний час і час пауз у проході, с.

$$k_{\text{дв}} = \frac{3,35}{4,56} = 0,73$$

$$M_{\text{эк}} = \sqrt{\frac{3,35^2 \cdot 1,61 + (0,05 \cdot 3,35)^2 \cdot 2,5}{1,61 + 2,5}} = 2,1 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$2,1 < 2,28$ - перегріву двигуна немає.

Аналогічно розраховуємо енергосилові параметри у інших проходах. Результати розрахунку представлені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Енергосилові параметри прокатки сляба перетином 150×1250 мм

№ проходу	n_3 , об/хв.	n_B , об/хв.	n_M , об/хв.	n_{mp} , об/хв.	σ_T , Н/мм ²	ρ_{cp} , Н/мм ²	P, МН	ψ	2M, МН·м	$M_{экв}$, МН·м	2N _{дв} , кВт
1	15	15	50	43,2	32,19	66,29	15,24	0,6	3,35	2,1	10303
2	15	25	50	46,5	33,6	67,86	15,59	0,58	3,34	2,09	11743
3	25	30	50	52,4	35,26	69,52	15,98	0,57	3,32	2,09	13580
4	30	40	50	58,5	37,17	71,18	16,36	0,54	3,27	2,18	14677
5	40	40	50	65	38,62	72,3	15,96	0,53	2,98	2,1	14140
6	40	40	50	67,7	40,42	73,82	15,6	0,51	2,7	1,97	12810
7	40	40	50	71,1	42,12	74,89	15,09	0,49	2,4	1,82	11410
8	40	45	50	75,9	46,15	78,07	15,74	0,46	2,35	1,85	11459
9	40	45	50	81,4	51,41	81,66	16,46	0,43	2,26	1,85	11049
10	40	45	50	87,9	56,85	84,72	16,56	0,39	2,04	1,72	9942
11	40	45	50	94	61,41	89,03	15,64	0,38	1,67	1,4	9050

M_{екв. ср.} 1,72

2.2 Аналіз результатів режимів деформації

За результатами розрахунків побудували графіки залежності основних енергосилових параметрів від номеру проходу.

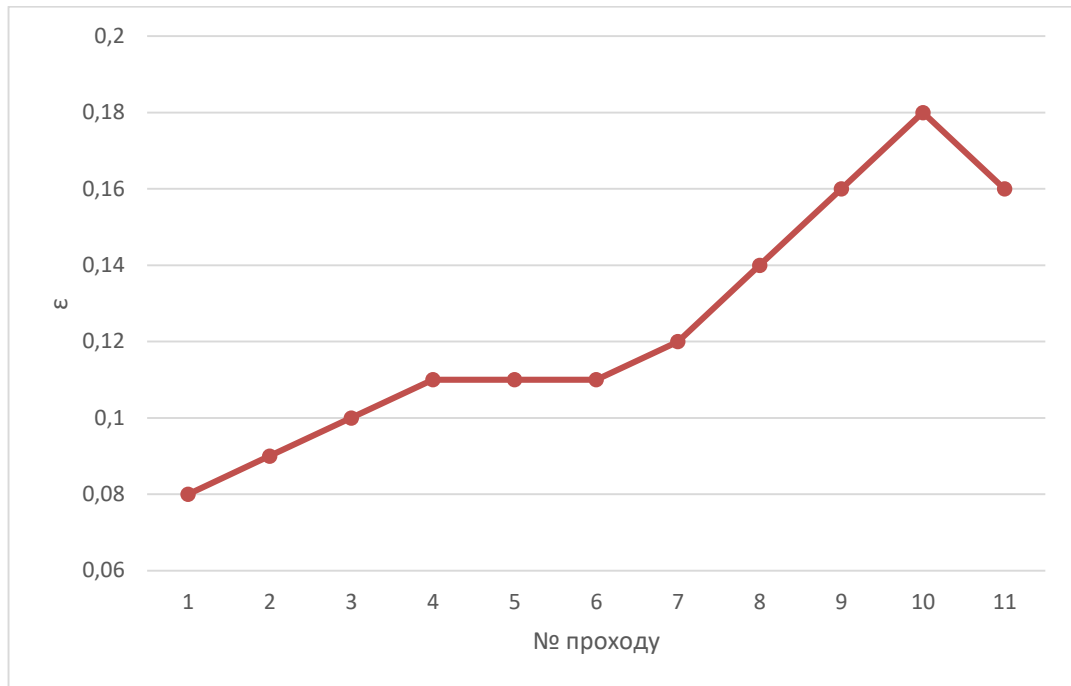


Рисунок 2.1 - Розподіл відносного обтиску по проходам

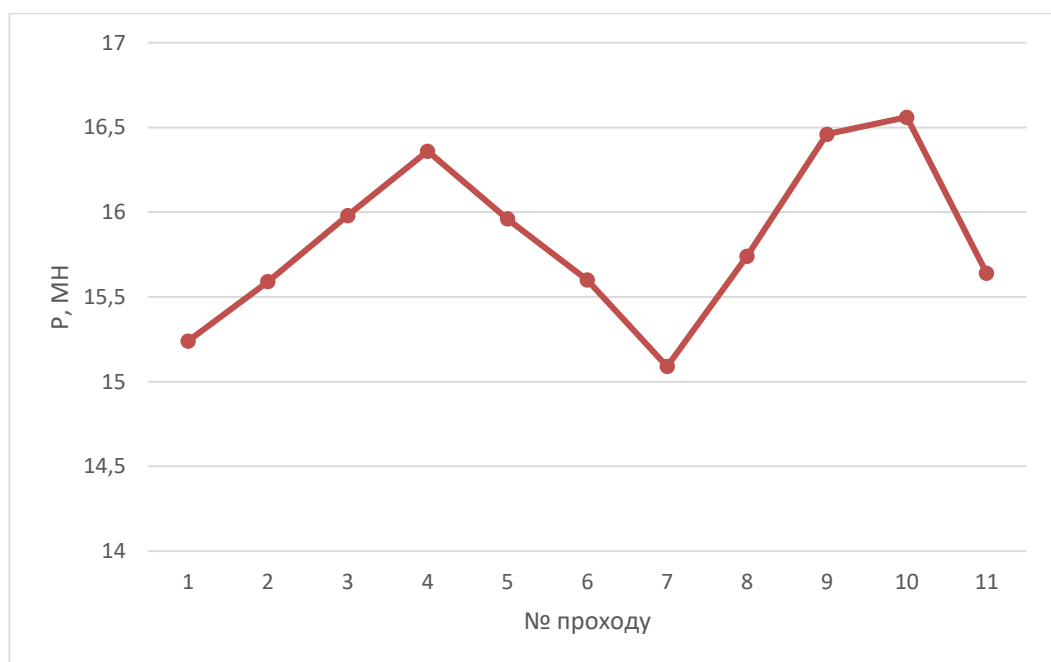


Рисунок 2.2 - Розподіл сили прокатки по проходам

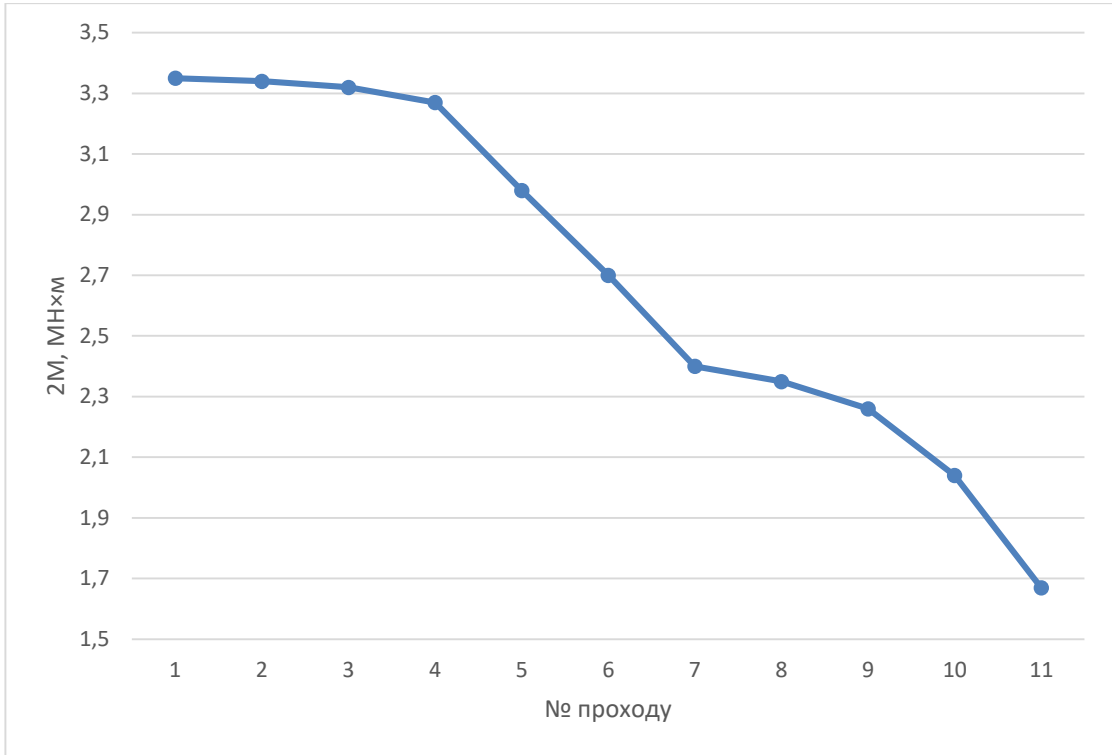


Рисунок 2.3 - Розподіл моменту прокатки по проходам

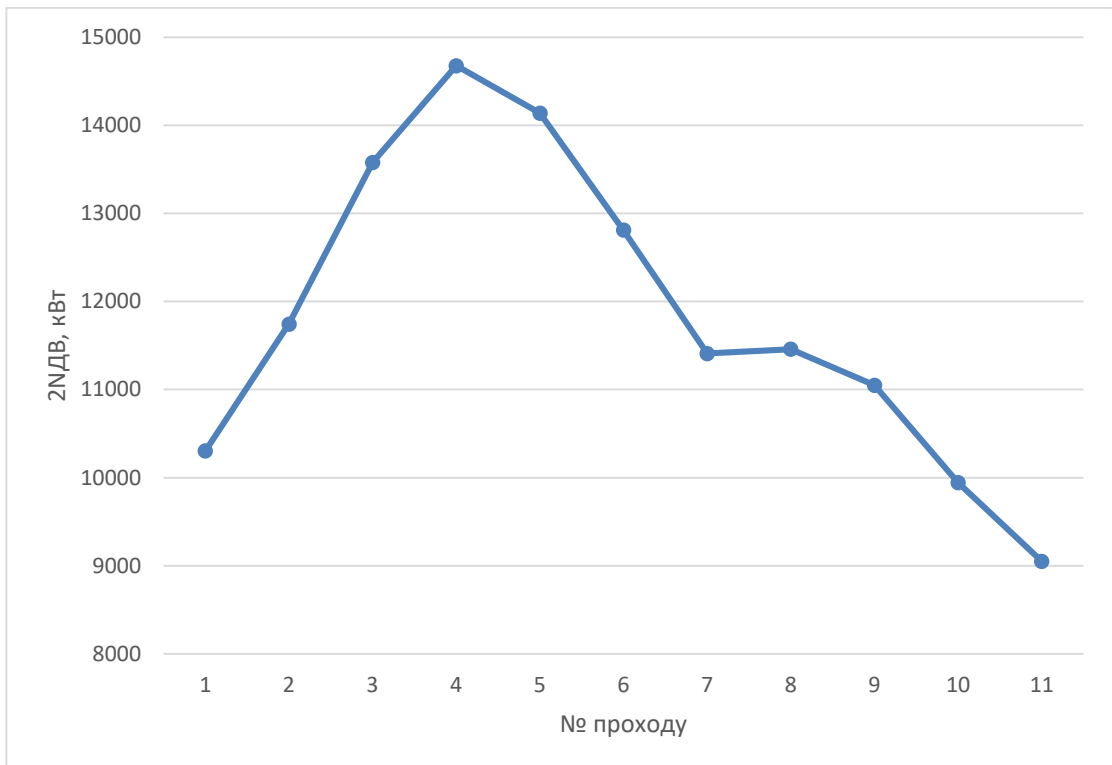


Рисунок 2.4 - Розподіл потужності двигуна по проходам

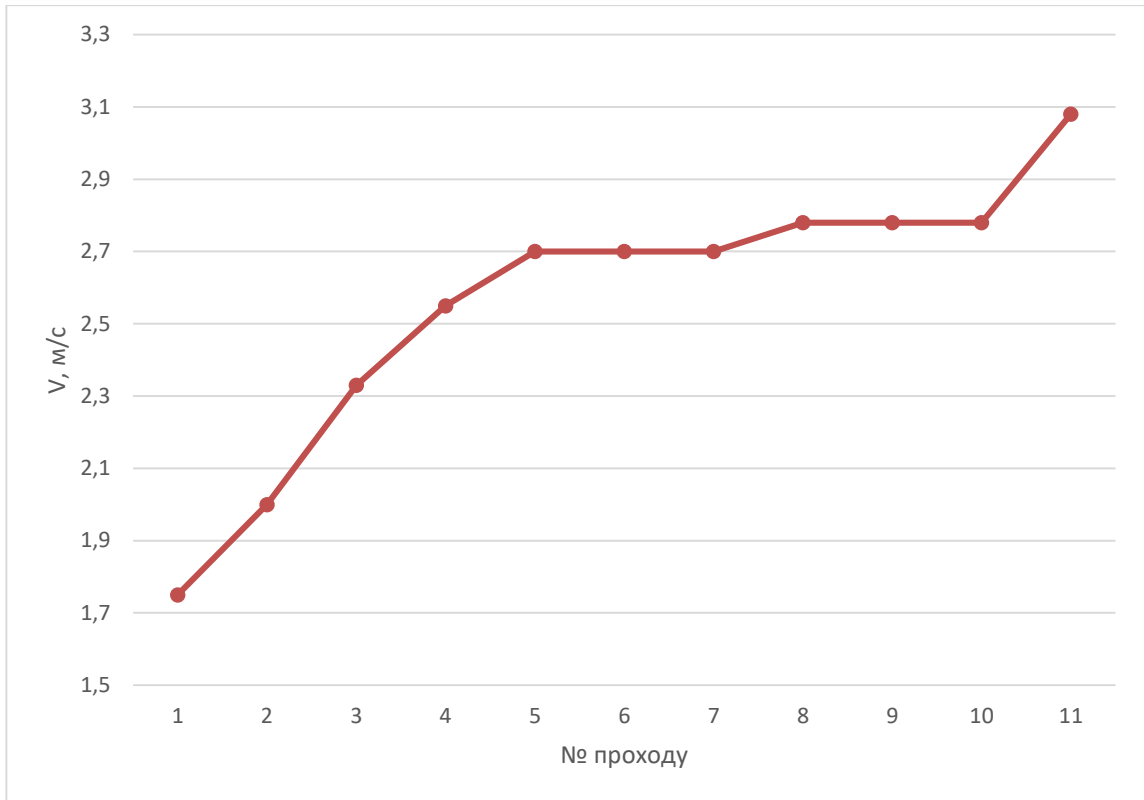


Рисунок 2.5 - Розподіл швидкості прокатки по проходам

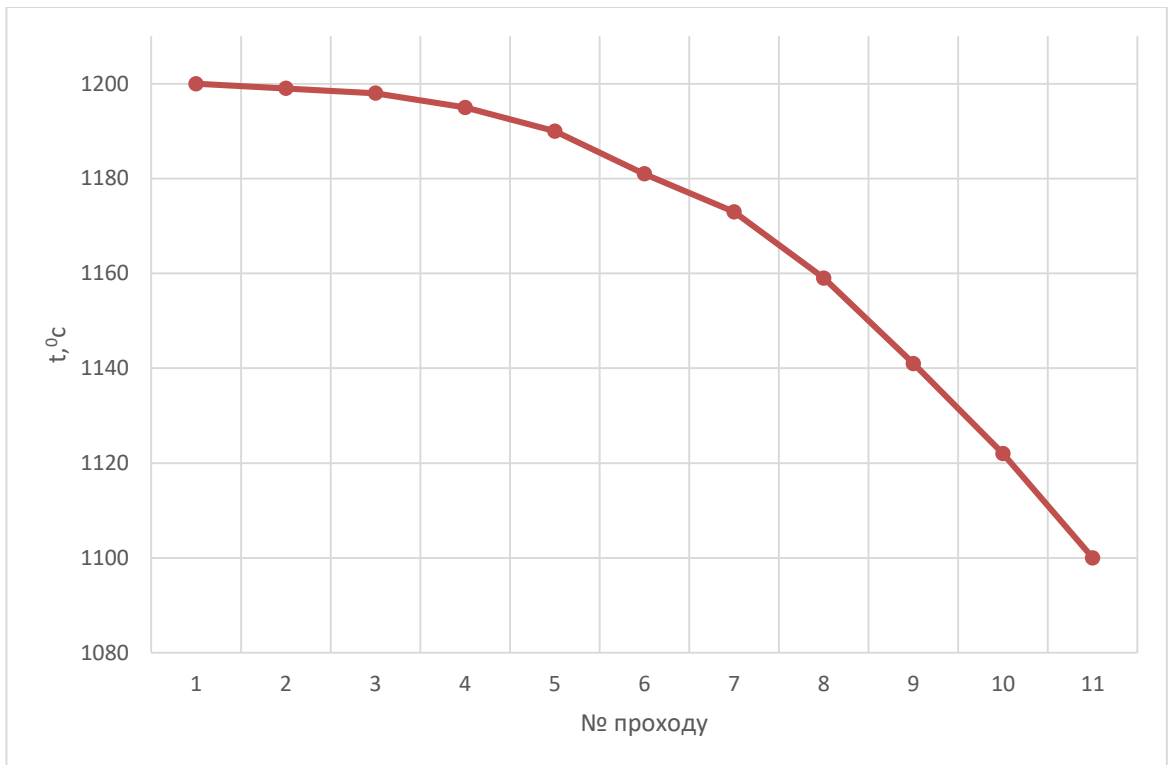


Рисунок 2.6 - Розподіл температури металу по проходам

З графіків видно, що при прокатуванні за 13 проходів на 9 прохід приходить найбільше відносно обтиснення, а отже і найбільша сила прокатки. При цьому момент і потужність прокатки не перевищують номінальні у кожному проході. При прокатуванні двигун не перегрівається, бо еквівалентні моменти кожного проходу не перевищують номінальний.

2.3 Визначення річного виробництва слябінга

Згідно заводських даних продуктивність слябінга за рік складає приблизно 3,9 млн.т.

Визначимо максимальний час прокатки розкату з формули (2.7):

$$t_M = t_1 + t_2 + t_3$$

де t_1 - розгін (прискорення) валків з розкатом; t_2 - час прокатки розкату на максимальній швидкості; t_3 - гальмування швидкості валків з розкатом.

Для розрахунку t_1 і t_3 приймаємо прискорення $a=30$ об/хв·с, гальмування двигуна $b=60$ об/хв·с. Час розгону і гальмування валків розраховуємо за формулою (3.8):

$$t_1 = \frac{n_M - n_3}{a} ; \quad t_3 = \frac{n_M - n_B}{b} ;$$

де n_3 і n_B - частота обертання валків при захопленні і при виході його з валків, n_M - максимальна частота обертання валків.

Визначимо максимальний час прокатки для першого проходу.

Час розгону дорівнює:

$$t_1 = \frac{43,22 - 15}{30} = 0,94с$$

Час гальмування дорівнює:

$$t_3 = \frac{43,22 - 15}{60} = 0,47c$$

Визначимо довжину ділянок розкату, прокатаних у невстановленому режимі, середні швидкості валків на ділянках t_1 і t_3 дорівнюють по (2.9):

$$v_1 = \frac{\pi D_k (n_M + n_3)}{120} ; \quad v_3 = \frac{\pi D_k (n_M - n_B)}{120} .$$

$$v_1 = \frac{3,14 \cdot 1,04 (43,22 + 15)}{120} = 1,58m / c$$

$$v_3 = \frac{3,14 \cdot 1,04 (43,22 + 15)}{120} = 1,58m / c$$

Звідки довжини ділянок t_1 і t_3 з формули (2.10) дорівнюють:

$$L_1 = v_1 \cdot t_1 ; \quad L_3 = v_3 \cdot t_3 ;$$

$$L_1 = 1,58 \cdot 0,94 = 1,49m$$

$$L_3 = 1,58 \cdot 0,47 = 0,75m$$

Довжина сляба прокатаного при максимальній швидкості по формулі (2.11) дорівнює:

$$L_M = L_p - L_1 - L_3$$

де L_p - повна довжина розкату, яка визначається по вихідній довжині злитка і сумарній витяжці за дану кількість проходів

$$L_p = L_{cl} \cdot \mu_{\Sigma}$$

де L_{cl} - довжина злитка; μ_{Σ} - сумарний коефіцієнт витяжка за i -ту кількість проходів.

$$L_p = 2,2 \cdot 1,12 = 2,47 \text{ м}$$

$$L_M = 2,47 - 1,49 - 0,75 = 0,24 \text{ м}$$

Тоді час прокатки на максимальній швидкості визначається наступним чином:

$$t_2 = \frac{120 \cdot L_M}{\pi \cdot D_k \cdot n_M}$$

$$t_2 = \frac{120 \cdot 0,24}{3,14 \cdot 1,04 \cdot 43,22} = 0,2 \text{ с}$$

Знаючи складові t_1 - t_3 можна визначити повний машинний час за прохід:

$$t_M = 0,94 + 0,47 + 0,2 = 1,61 \text{ с}$$

Аналогічно визначаємо машинний час кожного проходу, результати зведені в таблицю 2.7.

Сумарний машинний час прокатки злитка дорівнює:

$$\sum t_M = 1,61 + 1,61 + 1,64 + 2 + 2,51 + 2,9 + 3,43 + 4,11 + 5,07 + 6,29 + 5,91 + 7,11 + 7,22 = 51,4$$

Паузи між проходами складають $t_{пр} = 1,5-2,5с$, а між злитками - $t_c = 4-7с$.

Сумарний час пауз дорівнює:

$$\sum t_n = (2,5 \cdot 12) + 7 = 37с$$

Сумарний час прокатки злитка (темп прокатки) визначається за формулою (2.13):

$$T = \sum t_M + \sum t_n$$

$$T = 51,4 + 37 = 88,4с$$

Таблиця 2.7 - Сумарний час прокатки злитка по проходам

№ проходу	L,м	t ₁ , с	t ₂ , с	t ₃ , с	t _M , с	t _{пр} , с	t _з , с	T, с
1	2,47	0,94	0,2	0,47	1,61	2,5		
2	2,72	1,05	0,2	0,36	1,61	2,5		
3	3,06	0,83	0,46	0,33	1,64	2,5		
4	3,45	0,67	1,16	0,17	2	2,5		
5	3,96	0,33	2	0,17	2,51	2,5		
6	4,49	0,33	2,4	0,17	2,9	2,5		
7	5,21	0,33	2,9	0,17	3,43	2,5		
8	6,06	0,33	3,6	0,08	4,11	2,5		
9	7,36	0,33	4,6	0,08	5,07	2,5		
10	9,02	0,33	5,8	0,08	6,29	2,5		
11	10,6	0,67	4,9	0,25	5,91	2,5		
Σ					51,4	30	7	88,4 (1хв.29с)

Визначимо часову технічно можливу продуктивність стана:

$$A = \frac{3600 \cdot G}{T} \quad (2.48)$$

де G - маса злитка

$$G = H \cdot B \cdot L \cdot \gamma \quad (2.49)$$

де γ - питома вага металу (7,85 т/м³)

$$G = 0,78 \cdot 1,4 \cdot 2,2 \cdot 7,85 = 18,8 \text{ т}$$

$$A = \frac{3600 \cdot 18,8}{88,4} = 767,9 \text{ т/год.}$$

Фактичний річний час роботи стана дорівнює:

$$T_{\phi} = (24 - 1,5)(k_{\Gamma} - k_{np} - k_{кр})n_u \quad (2.50)$$

де n_u - коефіцієнт використання обладнання стану ($n_u=0,92-0,95$);

k_{Γ} - кількість календарних днів у році; k_{np} і $k_{кр}$ - кількість днів відповідно на планово-попереджувальні ремонти (12) і на капітальний ремонт (7); 24 і 1,5 - число годин у добі і на змінний профілактичний ремонт стана на добу.

$$T_{\phi} = (24 - 1,5)(365 - 12 - 7) \cdot 0,93 = 7240 \text{ год.}$$

Річне виробництво на слябінгу визначають за формулою:

$$A_{\Gamma} = A \cdot T_{\phi} \quad (2.51)$$

$$A_{\Gamma} = 768 \cdot 7240 = 5,5603 \text{ млн.т}$$

Фактичне виробництво годного прокату визначаємо за формулою:

$$A_{\text{год}} = \frac{A_{\Gamma}}{\kappa_{\text{рм}}} \quad (2.52)$$

де $\kappa_{\text{рм}}$ - коефіцієнт розходу металу, $\kappa_{\text{рм}} = 1,1 - 1,3$

$$A_{\text{год}} = \frac{5,5603}{1,3} = 4,2771 \text{ МЛН.Т}$$

3 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок валків на міцність

Напругу вигину в бочці валка визначають [21] за наступною формулою:

$$\sigma_{\delta} = M_{зг}/W_{\delta} = M_{зг}/0,1D^3, \quad (3.1)$$

де $M_{зг}$ - згинальний момент, що діє в розглядаємому перетині бочки валка;
 W_{δ} – момент опору поперечного перерізу бочки валка на вигин.

Напругу крутіння в бочці валка не підраховують зважаючи на його незначну величину в порівнянні з напругою вигину [23].

Для двовалкових станів максимальний гнучкий момент буде всередині бочки валка (рис. 3.1):

$$M_{зг} = \frac{P}{2} \cdot \frac{a}{2} - \frac{P}{2} \cdot \frac{b}{4} = \frac{P}{4} \left(a - \frac{b}{2} \right), \quad (3.2)$$

де P - максимальний тиск метала на валки при прокатці (18,1 МН),

$a = 2760$ мм, $b = 1200$ мм.

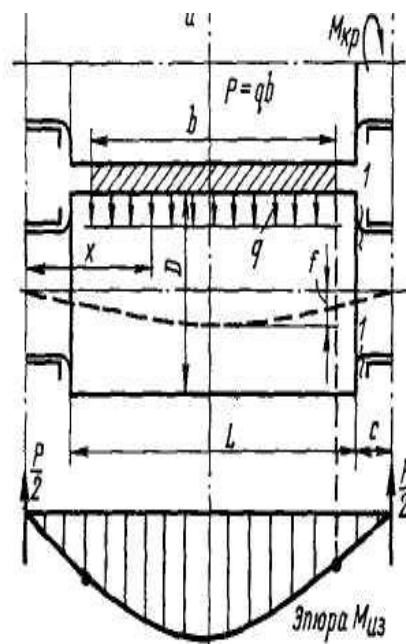


Рисунок 3.1 – До розрахунку валка на міцність

$$\sigma_{зг} = M_{зг} / 0,1 \cdot D^3 .$$

Шийку валка розраховують на згинання по розрізу I-I на згин та кручення по формулам [7] (приймаючи $c \approx l/2$)

$$\sigma = M_{зг.ш} / W_{зг.ш} = \frac{(P/2)(l/2)}{0,1 \cdot d^3} = \frac{P \cdot l}{0,4 \cdot d^3}; \quad (3.3)$$

$$\tau = M_{кр.ш} / W_{кр.ш} = M_{кр.ш} / 0,2 \cdot d^3, \quad (3.4)$$

де d, l - діаметр і довжина шийки;

$M_{кр.ш}$ - крутний момент, що прикладається до валка (шийки) зі сторони привода його шпинделем.

Результуюча напруга визначається по формулам:

для сталевих валків - по 4-й теорії міцності:

$$\sigma_{різ} = \sqrt{(\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2)} \quad (3.5)$$

Результуюча напруга визначається за формулою:

для сталевих валків - по 4 теорії міцності:

$$[\sigma] = \sigma_B / 5$$

Результуюча напруга не повинна перевищувати допустиму для даних валків. Допустимі напруги у валках приймають, виходячи з п'ятикратного запасу міцності їх, тобто:

$$[\sigma] = \sigma_B / 5,$$

де σ_B - межа міцності матеріалу валка на вигин, МПа.

На підставі викладеного напругу, що допускається (МПа) можна приймати наступною для валків із сталевого вуглецевого зливка, $[\sigma] = 100 - 120 \text{ Н/мм}^2$.

$$M_{зг} = \frac{18,1 \text{ МН}}{4} \cdot \left(2,76 - \frac{1,2}{2} \right) = 8,26 \text{ МН} \cdot \text{м} .$$

$$\sigma_{зг} = 8,26 / 0,1 \cdot 1,13^3 = 54,31 \text{ Н/мм}^2 .$$

$$\sigma = \frac{18,1 \text{ МН} \cdot 720 \text{ мм}}{0,4 \cdot 720^3} = 75,18 \text{ Н/мм}^2 .$$

$$\tau = 0,3 \text{ МН} \cdot \text{м} / 0,2 \cdot 0,72^3 = 4,02 \text{ Н/мм}^2 .$$

$$\sigma_{різ} = \sqrt{(75,18^2 + 3 \cdot 4,02^2)} = 75,50 \text{ Н/мм}^2 .$$

З чого випливає, що валки працюють із запасом міцності. Епюри напруг та моментів діючих на валок наведені на рисунку 3.2.

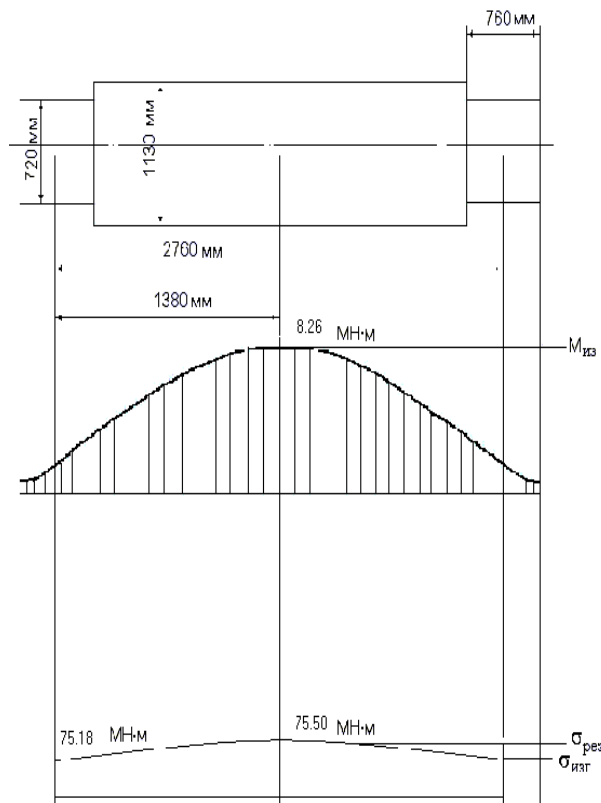


Рисунок 3.2 – Епюри напруг та моментів діючих на валок

3.2 Розрахунок натискного гвинта

Діаметр натискного гвинта визначають в залежності від зусилля, що діє на нього при прокатці:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot Y}{\pi [\sigma]}}, \quad (3.6)$$

де d_1 - внутрішній діаметр нарізки гвинта;

Y - максимальне зусилля, діюче на гвинт при прокатці;

$[\sigma]$ - допустима напруга на стиск гвинта.

Розміри натискного гвинта і гайки приведені на рисунку 3.3.

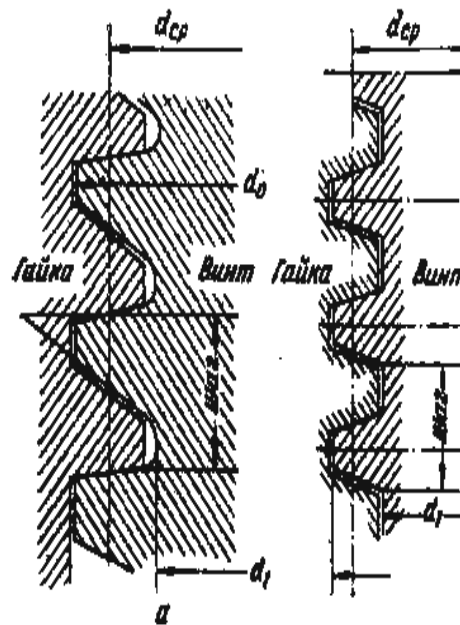


Рисунок 3.3 – Профіль різьби натискних гвинтів та гайок

Натискні гвинти виготовляють з кованої сталі марок Ст.5, 40Х і 40ХН в межах міцності $\sigma_b = 600-750 \text{ Н/мм}^2$. Виходячи з п'ятикратного запасу міцності допускаємо, що напруга на стиск матеріалу гвинта можна прийняти рівною $[\sigma] = 120-150 \text{ Н/мм}^2$.

Діаметр натискної гайки D і її висоту H зазвичай вибирають:

$$D = (1,5-1,8) d_0; H = (0,95-1,1) D. \quad (3.7)$$

Для обертання натискного гвинта, коли на нього (по поверхні п'яти) діє тиск, до верхнього кінця натискного гвинта необхідно докласти певний обертальний момент, який можна визначити за формулою:

$$M_B = Y[\mu_n d_n / 3 + d_{cp} / 2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)], \quad (3.8)$$

де Y – зусилля, що діє на натискний гвинт;

d_n – діаметр п'яти натискного гвинта;

μ_n – коефіцієнт тертя в п'яті;

d_{cp} – середній діаметр різьби натискного гвинта;

α – кут підйому різьби;

φ – кут тертя в різьбі, що визначається за формулою:

$$\operatorname{arctg} \varphi = \mu_p; \quad (3.9)$$

тут μ_p – коефіцієнт тертя в різьбі між натискною гайкою і гвинтом; звичайно (при нормальній мастилі різьби) приймають $\mu_p = 0,1$, тоді $\varphi = 540'$.

Зусилля Y , на натискний гвинт, визначають за формулою [7]. Коли натискний гвинт переміщається тільки під час паузи між проходами, на нього не діє тиск металу на валки. Однак у цей час на нього діє зусилля з боку пристрою для урівноваження верхнього валка.

Це зусилля зазвичай буває на 20 - 40% більше ваги врівноважуваних деталей.

Таким чином:

$$Y = Q - G/2 = (0,2-0,4)G/2, \quad (3.10)$$

де Q - зусилля на одну подушку валка з боку механізму врівноваження;

G – вага врівноважуваних деталей (верхнього валка, його подушок і натискних гвинтів).

Визначивши за формулою (3.7) крутний момент, що потребується для обертання на режимних гвинта, можна потім визначити і потужність двигуна, необхідну для приводу всього інсталяційного механізму. Внаслідок того, що швидкість переміщення натискного гвинта задана, крутний момент двигуна (кН·м) для приводу гвинта можна визначити за формулою [7]:

$$M_{\text{дв}} = M_{\text{в}} / (i\eta), \quad (3.11)$$

де i – передавальне число приводу від двигуна до гвинта; η -к.п.

Потужність двигуна:

$$N_{\text{дв}} = M_{\text{дв}} \omega_{\text{дв}} \text{ кВт}. \quad (3.12)$$

Виконаємо розрахунок натискних гвинтів.

Дано: максимальне осьове зусилля на натискний гвинт при прокатці $Y = 8,5 \text{ МН}$ (850 Т); максимальна швидкість переміщення гвинта по вертикалі $v = 0,15 \text{ м/с}$; режим роботи механізму - повторно-короточасний при 15 - 25 включеннях у хвилину.

1. *Натискні гвинт і гайка.* Натискний гвинт має різьблення УП 440Х 48 мм; діаметри різьби: зовнішній $d = 440 \text{ мм}$, внутрішній $d_1 = 1,7 \cdot s = 358 \text{ мм}$, середній $d = d - 0,75 \cdot s = 440 - 0,75 \cdot 48 = 404 \text{ мм}$; $\alpha = \text{arctg} = \text{arctg} 0,038$; $\alpha' = 2010/$:

а) напруга стиснення в перерізі нижнього опорного кінця гвинта, що має найменший діаметр = 350 мм:

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{4 \cdot Y}{\pi d_1^2} = \frac{4 \cdot 8,5 \cdot 10^6}{\pi \cdot 350^2} = 89 \text{ Н/мм}^2;$$

б) напруга кручення в тілі гвинта при $M_{\text{в}} = 6,1 \text{ кН-м}$:

$$\tau = \frac{M_{\text{в}}}{0,2 \cdot d_1^3} = \frac{6,1 \cdot 10^6}{0,2 \cdot 350^3} = 0,76 \text{ Н/мм}^2.$$

Матеріал гвинта - сталь 35ХНВ.

Натискна гайка висотою $H = 720 \text{ мм}$ та зовнішнім діаметром $D = 750 \text{ мм}$; кількість витків різьби $z = H / s = 720 / 48 = 15$:

а) напруга зминання між витками гвинта і гайки:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{4 \cdot Y}{\pi \cdot (d^2 - d_1^2) \cdot z} = \frac{4 \cdot 8,5 \cdot 10^6}{\pi \cdot (440^2 - 358^2) \cdot 15} = 11,8 \text{ Н/мм}^2;$$

б) напруга зминання по площині дотику гайки зі станиною:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{4 \cdot Y}{\pi \cdot (D^2 - d_{\text{iod}}^2) \cdot z} = \frac{4 \cdot 8.5 \cdot 10^6}{\pi \cdot (750^2 - 470^2) \cdot 15} = 33 \text{ Н/мм}^2;$$

Матеріал гайки - Бр.АЖ9-4л, $[a] \approx 80 \text{ Н/мм}^2$.

2. У періоди пауз між пропусками металу через валки на торці натискних гвинтів діє зусилля від вантажувального пристрою урівноваження верхнього валка (зусилля переурівноваження). На один гвинт це зусилля становить 150 кН. Момент, необхідний для обертання гвинта в період пауз, знайдемо за формулою [22] при $\mu_{\text{п}} = 0,1$; $d_{\text{п}} = 520 \text{ мм}$; $\mu_{\text{р}} = 0,08$; $\varphi = 40 \text{ }^{\circ}$ 34:

а) при опусканні гвинта:

$$M_{\text{в}}' = 150 \cdot (0,017 + 0,202 \cdot 0,18) = 6,1 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

б) при підйомі гвинта:

$$M_{\text{в}}'' = 150 \cdot (0,017 + 0,202 \cdot 0,042) = 3,8 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

3.3 Висновки до розділу

Розрахунки конструктивних елементів робочої кліті показали що валки працюють із запасом міцності $n = 7,94$. Так як $M_{\text{в max}}$ менше $M_{\text{н}}$, то електродвигун забезпечує заданий режим роботи.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Аналіз потенційних небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища

Обтискний цех ПАТ «Запоріжсталь» оснащений різноманітним механічним і електричним підйомно-транспортним устаткуванням, обслуговування якого вимагає чіткого дотримання правил техніки безпеки й норм виробничої санітарії. Прокатне виробництво відрізняється від інших металургійних виробництв високою швидкістю технологічних операцій, інтенсивністю вантажопотоків і різноманітністю метеорологічних умов на різних ділянках.

На виробництві застосовуються наступні технічні засоби забезпечення безпеки праці:

- огорожувальні пристрої, що створюють перешкоду між людиною й небезпечним фактором, що надійно охороняють працюючого незалежно від правильності або неправильності його дій;
- запобіжні пристрої на випадок аварійних режимів - відключення устаткування при порушенні контролюючого параметра (температури, переміщення, величини струму або напруги, зусилля);
- гальмові пристрої для швидкої зупинки частин, що рухаються, машин і устаткування;
- блокувальні пристрої, що забезпечують фіксацію частин механізму в певному стані;
- сигналізація перед наступаючою небезпекою (світлова, звукова).

Умови праці характеризуються наявністю таких шкідливих факторів, як запиленість, загазованість, тепловипромінювання й шум. Багато основних і допоміжних технологічних операцій супроводжуються виділенням значних кількостей пилу. Вміст різних елементів у пилу пропорційно хімічному

вмісту сталі. Основними джерелами виділення шкідливих газів служать нагрівальні пристрої, прокатні стани й інше технологічне устаткування.

У процесі прокатки виділяється значна кількість тепла, що випромінюється нагрітими заготівлями й устаткуванням стана. Виділення тепла на деяких ділянках досягає 936 Вт/м^2 при нормативних значеннях 140 Вт/м^2 . Інтенсивне інфрачервоне випромінювання, крім прямого впливу на робітників, нагріває навколишні поверхні і предмети, які стають додатковими потужними джерелами тепловиділення. В результаті повітря цеху в теплий період року значно нагрівається до $37 \text{ }^\circ\text{C}$. У холодний період року тепловиділення, створюючи сильний тепловий напір, сприяє інтенсивному повітрообміну, за рахунок якого повітря робочої зони нерідко значно переохолоджується.

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

Шум, вироблений від прокатки металу прокатним станом, рольгангами, ножицями та іншими приладами становить 85 дБА при нормативних значеннях 80 дБА.

У технологічних процесах цеху основними потенційними небезпеками є ураження електричним струмом, рухомі машини і механізми. Джерелами прихованої небезпеки дії електричного струму служать електроустановки. Робота електротермічного устаткування створює небезпеку теплового ураження персоналу.

Для робочого місця оператора управління слябінгом 1150 відповідно до гігієнічної класифікації дана характеристика трудового процесу і оцінка чинників виробничого середовища, яка представлена в табл. 4.1

Таблиця 4.1 – Оцінка чинників виробничого й трудового процесу оператора управління слябінгом 1150 ПАТ «Запоріжсталь»

№ п/п	Фактори виробничого середовища й трудового процесу	Норм. знач. (ГДК, ГДЗ)	Факт. знач.	III клас: шкідливі й небезпечні умови й характер праці			Час дії фактора за зміну, %
				I ст.	II ст.	III ст.	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ <u>1 клас небезпеки</u>						
	Ангідрид хромовий	0,01	0,011	1,1 р.			90
	Оксид марганцю	0,3	0,28				90
	<u>III клас небезпеки</u>						90
	Ангідрид сірчастий	10	6,5				90
	Вуглецю оксид	20	6,25				90
	Масла мінеральні	5,0	3,95				
2	Пил, переважно фіброгенної дії, мг/м ³	4,0	8,5		2,13 р.		90
3	Шум, дБА	80	85	5			100
4	Мікроклімат у приміщенні:						
	- температура повітря ⁰ С;	16-27	37			10	90
	- швидкість руху повітря, м/с;	0,2-0,5	0,4				
	- відносна вологість повітря, %;	40-60	45				
	- інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	140	936		936		83
5	Тяжкість і напруженість праці	Категорія робіт - важка, III напружена					

Таким чином, проведений аналіз умов праці дозволяє зробити висновок, що робоче місце має в наявності 2 чинника I ступеня, 2 чинника II ступеня, 1 чинник III ступеня. За показниками робоче місце слід вважати зі шкідливими і важкими умовами праці.

4.2 Заходи з поліпшення умов праці

Пил виявляє шкідливу дію на організм людини, подразнюючи шкіру, очі, ясна, вуха. Проникаючи в легені, пил може викликати специфічні професійні захворювання, такі як силікоз, силікатоз, антракоз та ін. [25].

Найбільш ефективними засобами боротьби з пилом є механізація виробничих процесів з аспірацією пилу з місць її утворення, а також зрошування водою при різних робочих операціях, пов'язаних з пилоутворенням. Також необхідно застосовувати засоби індивідуального захисту органів дихання, зокрема респіратора ШБ-2 «лепесток», який усуває дію пилу на організм працюючих [26].

Одному з основних заходів по попередженню можливого отруєння оксидом вуглецю (II), сірчистим ангідридом, оксидом марганцю і іншими газами є своєчасне виявлення місць їх виділення або скупчення. Ці місця є газонебезпечними. Перелік таких місць і ділянок складається заздалегідь і затверджується головним інженером заводу. Працівники санітарно-технічних лабораторій і газорятувальні служби щодоби по встановленому графіку контролюють склад повітряного середовища в усіх газонебезпечних місцях. При виявленні виділень або скупчень газу негайно приймають заходи по припиненню допуску в газонебезпечні зони людей і локалізації джерела виділення газу [26].

Основними заходами щодо боротьби з пилом у прокатному виробництві є:

- впровадження раціональних технологічних процесів і вдосконалення устаткування;
- застосування ефективної герметизації всіх пиловиділяючих джерел, зволоження пилу водою або паром;
- пристрій спеціальної пиловловлювальної вентиляції від місць пилоутворення з очищенням повітря перед викидом його в атмосферу через систему фільтрів, регулярне збирання пилу з робочих місць спеціальними

пилососами, застосування індивідуальних засобів захисту (респіраторів, окулярів, спецодягу й ін.).

Заходами щодо зменшення загазованості є: забезпечення постійного нагляду за дотриманням технологічних інструкцій і інструкцій з техніки безпеки; дотримання затверджених технологічних режимів; проведення регулярних профілактичних оглядів устаткування й газових комунікацій для своєчасного згоряння газу й справності системи видалення продуктів згоряння.

Для поліпшення мікроклімату на робочих місцях передбачена природна і механічна подача повітря душируючими установками з обробкою повітря на типових кондиціонерах до постійних робочих місць.

Також потрібна витяжна вентиляція за допомогою місцевих відсмоктувань і механічної вентиляції з верхньої зони, і природна загальнообмінна вентиляція з верхньої зони [26].

Для обігріву цеху в зимову пору року уздовж стін на ділянках, де працюють люди, встановлене водяне опалення. Для перемішування повітря встановлені калорифери типу СТД-300. Вони розташовані так, щоб від них струмись примусової подачі повітря скочав уздовж прольоту.

Для огороження припливу холодного повітря ззовні під час в'їзду й виїзду транспорту над воротами встановлені пристрої для створення завіси з теплого повітря. Всі обігрівальні установки забезпечують температуру повітря в приміщенні в межах 16-20⁰С.

Вентиляція виробничих приміщень забезпечує потрібні гігієнічні якості повітря. У цеху спостерігається зайве теплове виділення від нагрітого металу.

З метою забезпечення нормального повітрообміну в стінах цеху передбачені три ряди отворів для природної вентиляції: 1 ряд - на рівні 1,5 м від підлоги; 2 ряд - на рівні 4,5 м від підлоги.

У прокатному цеху застосовується природне й штучне освітлення. Природне освітлення забезпечується одночасно через світлові прорізи в бічних стінах і ліхтарі.

Згідно ДБН В.2.5-28-2006 роботи, що виконуються персоналом, відносяться до 8 розряду зорових робіт. У приміщеннях цеху для освітлення застосовують, як правило, газорозрядні лампи. Типи світильників вибирають залежно від умов їхньої роботи й вимог до якості освітлення.

Для загального освітлення застосовують світильники «Альфа». У місцях підвищеної небезпеки, де освітленість при системі загального освітлення становить 150 лк і менш, норму освітленості збільшують на 1 розряд.

У випадку виходу з ладу робочого освітлення використовують аварійне, яке забезпечує можливість продовження роботи або евакуації персоналу.

У прокатному цеху установка аварійного освітлення обов'язкова на пості керування прокатним станом; пунктах керування системами водопостачання, вентиляції й каналізації, у машинному залі й диспетчерському пункті.

Найменша освітленість робочих поверхонь, потребуючі обслуговування при аварійних режимах, становить 5 % освітленості, нормованої дня загального робочого освітлення, але не менш 2 лк. Аварійне освітлення для евакуації персоналу, проходів і сходів не менш 0,5 лк.

Надмірний шум негативно позначається на продуктивності праці. Тривала дія шуму може призвести до зниження слуху, а іноді до глухоти. Шум негативно впливає на серцево-судинну і центральну нервову систему.

Для захисту виробничого персоналу від шуму устаткування його повністю закривають герметично звукоізолюючим кожухом, який виготовляють зазвичай із сталевих листів товщиною 2-3 мм, а внутрішні поверхні облицьовували звукопоглинальними матеріалами. Якщо це не зробити, то за рахунок хорошої відбивної здатності сталевих листів рівень шуму усередині кожуха різко підвищиться і його фактична звукоізоляція виявиться зменшеною на 18-20 дБА. Звукоізолюючий кожух встановлюють на пружних прокладеннях, а машину ретельно віброізолюють від

фундаменту, не допускаючи жорстких контактів між машиною і кожухом. Отвори для циркуляції повітря і проходу комунікацій забезпечуються глушниками шуму або герметизуються сальниками.

Для захисту від шумових навантажень на організм людини застосовуються спеціальні вставки у вуха «беруши» і противошумові навушники.

У процесі прокатки виділяється значна кількість тепла, випромінюваного нагрітими заготівлями й устаткуванням стана. Підвищена теплова дія на організм людини призводить до перенапруження його терморегуляторних функцій і може викликати порушення теплового балансу організму. Посилене потовиділення при напруженій м'язовій роботі в умовах підвищеного температурного режиму призводить до втрати кров'ю хлористого натрію, що є основним елементом що утримує в крові воду. Вимивання з'єднань хлору з організму призводить до пониження кислотності шлункового соку і виникнення шлунково-кишкових захворювань [27].

Для зниження шкідливої дії тепла на організм людини стінки і колони мають бути теплоізолювані, а над печами мають бути влаштовані зонти з витяжними трубами. З боків електропечей для захисту від променистого тепла мають бути влаштовані екрани у вигляді щитів з металевих листів і азбесту або сіток, безперервно зрошуваних водою. Також використовують спеціальний одяг для запобігання працюючих у гарячому цеху від впливу теплового випромінювання й опіків.

Заходи з електробезпеки

На ділянках стана потенційно небезпечними виробничими факторами є: пересування електромостових кранів і транспортерного візка з вантажем або без нього, частини механізмів клітей, що обертаються, рух зливків і слябів по лінії стана [28].

Пересування по території стана дозволяється тільки по встановлених переходах. При пересуванні або виконанні робіт працівники повинні бути уважні до сигналів операторів електромостових кранів, і до роботи світлової сигналізації, не перебувати під піднятим вантажем і на шляху руху передатних візків.

Працюючим на стані необхідно [28]:

- прийняти й здати зміну на робочому місці, доповісти старшому майстрові;
- працювати в чистому, справному спецодязі й спецвзутті, покладеної по нормах для кожної професії;
- користуватися відповідними засобами захисту й запобіжними пристосуваннями;
- виконувати доручену роботу з дотриманням всіх вимог інструкції з техніки безпеки й промислової санітарії;
- виконувати вказівки бригадира й майстра;
- виконувати вимоги попереджувальних написів і плакатів ТБ;
- не приступати до роботи, якщо умови її виконання суперечать інструкціям з техніки безпеки або іншому документу, що регламентує безпечне ведення робіт, а також без інструктажу з техніки безпеки при тимчасовому перекладі на іншу роботу;
- під час роботи бути уважним, не відволікатися й не відволікати інших;
- не допускати на робоче місце осіб, що не мають відносини до роботи; виконувати правила пожежної безпеки й промислової санітарії й особистої гігієни;
- не залишатися байдужим до порушення інструкцій іншими робітниками.

При одержанні навіть незначної травми негайно звернутися в медпункт і сповістити про це майстрові, а при його відсутності бригадирові, старшому робітникові або товаришеві по роботі, надати першу допомогу потерпілому.

При виявленні порушень, які можуть привести до аварій і нещасних випадків, негайно припинити роботу сповістити про це майстрові або бригадирові.

Працюючим на стані забороняється [28]:

- працювати на механізмах, що не мають огороження обертових частин;
- обслуговувати на ходу й заходити за огороження частин, що рухаються;
- доторкатися до електропроводів, рубильників і моторам, щоб уникнути поразки електричним струмом.

Небезпека поразки електричним струмом виникає при експлуатації несправних електроустановок, порушенні ізоляції на силових і контрольних кабелях, електродвигунах, командоапаратах, кінцевих вимикачах.

Становий проліт відповідно до вимог ПУЕ СНіП III-33-76 відноситься до зони класу В-І б - це зони, розташовані в приміщеннях, у яких при нормальній експлуатації вибухонебезпечні суміші горючих газів або пар ЛЗР із повітрям не утворюються, а можливі тільки в результаті аварій або несправностей.

Фактичне значення струму на ділянці $I=5,9$ А, напруги - $U= 220, 380$ В.

Однією з основних причин поразки електричним струмом є пробій ізоляції. При ушкодженні ізоляції електроустаткування напруга може випадково з'явитися на металевих частинах (на корпусі, кожусі, станині, броні кабелю й т.д.), які в нормальному положенні не перебувають під напругою. При сполученні з металевими конструкціями, які оказались під напругою, виникає небезпека поразки електричним струмом.

У цеху з підвищеною температурою повітря використовують наступні міри захисту від поразки електричним струмом [28]:

- захист від дотику до струмоведучих частин;
- захист від дотику до устаткування, що випадково оказались під напругою;

- захист від струмів надмірної сили (короткого замикання).

У цеху застосовують огороження й ізоляцію струмоведучих частин, розміщають їх на недоступній висоті, використовують знижену напругу.

Також застосовують захисне заземлення. Захисні функції заземлюючого пристрою складаються в зниженні до безпечної величини напруги щодо землі на металевих частинах, які опинилися випадково під напругою, що дозволяє усунути небезпеку поразки людини.

При обслуговуванні електроустановок застосовують захисні засоби, ізоляція яких надійно витримує робочу напругу установки й при користуванні яким допускається безпосередній дотик до струмоведучих частин, що перебуває під напругою.

Також застосовують засоби захисту, що підсилюють дії основних засобів і які забезпечують безпеку при напрузі дотику й кроковій напрузі.

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

Заходи з пожежної та техногенної безпеки

Пожежна безпека забезпечується системою запобігання пожежі, системою пожежного захисту й заходами організаційного характеру. Цех гарячої прокатки по небезпеці виробництва відноситься до категорії В [29].

Причинами пожеж можуть бути недоліки в будівельних конструкціях, спорудах, плануванні приміщень, пристрої комунікацій, дефекти устаткування, порушення режимів технологічних процесів, неправильне ведення робіт, необережність і недбалість персоналу, самозаймання, розряди атмосферної і статичної електрики.

До основних умов запобігання пожежі відносяться запобігання утворення пожежного середовища й появи джерел загоряння.

До організаційних заходів щодо забезпечення пожежної безпеки відносяться пожежна охорона об'єкта, розробка й здійснення правил і норм пожежної безпеки, правил дотримання протипожежного режиму й установлених заходів щодо ліквідації виниклої пожежі.

Пожежі на підприємствах виникають із причин:

- вибухів;
- порушень у технологічних процесах виробництва норм і правил протипожежної безпеки технологічного режиму;
- неполадки в роботі пристроїв;
- неправильна експлуатація електромереж і устаткування;
- відсутності захисту від розрядів статичної електрики й розрядів грози;
- порушення норм збереження пожежонебезпечних несумісних матеріалів, вибухонебезпечних речовин;
- халатне поводження з вогнем: залишення без нагляду нагрівальних приладів, тимчасових металевих печей, паління в заборонених місцях, відігрівання замерзлих труб відкритим вогнем і т.п.;

До організаційних протипожежних мір відносяться:

- розробка правил і інструкцій із протипожежної безпеки;
- організація вивчення правил і інструкцій із протипожежної безпеки;
- організація протипожежної служби, пожежної технічної комісії (ПТК) і добровільних пожежних дружин (ДПД);
- розробка й затвердження плану порядку оповіщення людей, які встановлюють обов'язки й дії, що працюють на випадок виникнення пожежі.

Головну пожежну небезпеку становлять вибухи газу. Для нього характерно те, що він на відміну від звичайних пожеж становить безпосередню небезпеку для життя працюючих. Цей процес виникає раптово й протікає настільки швидко, що робітники не встигають покинути робочі місця.

Значну пожежну небезпеку представляють нагрівальні пристрої з високою температурою поверхні.

Застосування відкритого вогню в приміщеннях збільшує пожежну небезпеку.

При застосуванні електричного опалення можливі перегрів і запалення ізоляції проведення й виникнення короткого замикання, що може спричинити пожежу.

До найбільш імовірних причин перегріву проводів варто віднести проходження струму надмірно великої величини й виникнення більших місцевих опорів внаслідок неправильного пристрою або монтажу електроустановок.

Для запобігання загоряння ізоляції й короткого замикання проводів застосовують плавкі запобіжники або спеціальні автомати, що відключають мережу при перевантаженні.

Електрична дуга, що має температуру вище 300°C , представляє більшу пожежонебезпеку. Тому конструкція й режим експлуатації повинні виключати утворення електричної дуги. Якщо утворення електричної дуги пов'язане з режимом експлуатації, то в таких випадках застосовують додаткові пружні ножі для рубильників і дугогасильний пристрій у вигляді посудин, заповнюваних трансформаторним маслом.

Особливої уваги заслуговує виконання вогненебезпечних робіт.

Тимчасові небезпечні роботи допускаються по письмовому дозволу адміністрації із вказівкою умов безпечного виконання таких робіт. Це положення відноситься до електро- і газозварних робіт, до промивання деталей при ремонті устаткування горючими розчинниками.

Для гасіння пожеж у спорудженнях використовують внутрішні пожежні крани, які встановлюються на стояках внутрішнього водопроводу.

Пожежні крани розміщують у нішах, шафах на видних і доступних місцях (у коридорах, на сходових клітках).

На дверцятах шафи пожежного крана повинні бути позначені:

- літерний індекс ПК;
- порядковий номер пожежного крана й номер телефону найближчої пожежної частини.

Вода прохолоджує зону горіння нижче температури samozапалювання й розбавляє горючі речовини до негорючого стану.

Гасіння пожеж в електроустановках, горіння лаків, фарб, розчинників, бензину, горючого або дизельного палива, двигунів внутрішнього згорання, автомобілів, а також особливо коштовних матеріалів і устаткування водою заборонено.

Піна використовується для гасіння загорянь всіх твердих речовин, які гасяться водою. Вона швидко припиняє доступ кисню до зони горіння. Тому піна ефективніше води. Створюється піна за рахунок хімічної реакції кислотної й лужної частин у спеціальному устаткуванні (машинах) і вогнегасниках.

Пісок використовується для гасіння пожежі на електроустановках під напругою, різних рідин, карбідів кальцію, автомобілів, двигунів внутрішнього згорання. Пісок прохолоджує зону горіння, припиняє доступ кисню, ізолює й гальмує реакцію горіння.

Вуглекислота сприяє утворенню газу в 400- 500 разів швидше, а його випар утворенню снігу з температурою - 79⁰С, що інтенсивно відбирає теплоту в зоні горіння. Для гасіння пожеж застосовують: ручний пінний вогнегасник ВП-5, ручні вуглекислотні вогнегасники ВВ-2, ВВ-5, ВВ-8.

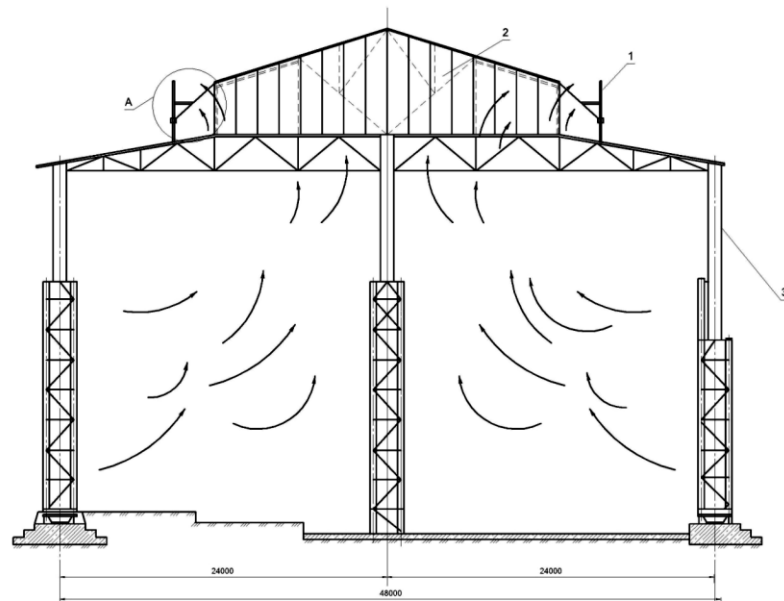
При виникненні пожежі одночасно з гасінням організовується евакуація матеріальних цінностей та працівників, для чого використовується обслуговуючий персонал підприємства. У виробничих будівлях передбачаємо евакуаційні виходи, призначені для забезпечення безпечної евакуації людей, що перебувають в будівлі, у разі виникнення пожежі або аварії. Передбачаємо мінімум два евакуаційні виходи. Ширина всіх евакуаційних виходів (дверей) перевищує 0,8 м, що відповідає нормам [29].

Двері відчиняються у напрямі виходу із приміщень і будівель. Сходові марші обладнуємо пристроями, призначеними для видалення диму, зниження температури і концентрації продуктів горіння в зоні пожежі і суміжних із ним приміщеннях з метою забезпечення необхідних умов для евакуації працівників і роботи пожежних підрозділів. Цими пристроями є вікна і шахти димовидалення.

Пропозиції по організації гасінню пожежі при виникненні надзвичайної ситуації:

- провести розвідку та оцінити обстановку на пожежі;
- встановити наявність людей, яким загрожує небезпека, встановити напрямки та способи евакуації;
- прийняти міри до відключення електромережі;
- при виклику підрозділів пожежної охорони організувати їх зустріч, вказати місце пожежі, пояснити особливості планування будівлі, вказати місце розміщення пожежних гідрантів та пожежних водоймищ;
- допомогти працівникам пожежної охорони в діях по евакуації та захисту матеріальних цінностей.

Для здійснення аерації (рис. 4.1) владнуємо два ряди отворів в подовжніх стінах будівлі обтискного цеху: перший ряд – на рівні 10 м від підлоги, другий – на рівні підкранових балок – 26 м. На даху владнуємо витяжний ліхтар.



1 – поворотна панель; 2 – зашивання торця ліхтаря покрівельною сталлю; 3 – збірні залізобетонні плити покриття.

Рисунок 4.1 – Схема аерації обтискного цеху

Таке розміщення отворів дозволяє збільшити повітрообмін влітку, а зимою, закривши нижні отвори, зменшити його і забезпечити за рахунок тепла приміщення підігрівання холодного повітря, що поступає через середній отвір, перш ніж він дійде до робочих місць [28].

ВИСНОВКИ

Розглянуті способи виготовлення слябів, прокатка зливків, механічне устаткування обтискного цеху і його характеристика. Проаналізовано перспективи розвитку виробництва та пропозиції щодо його вдосконалення. Розглянута якість продукції та запобігання утворення дефектів.

Проведені розрахунки параметрів прокатки на стані слябінг 1150, енергосилових параметрів прокатки у горизонтальних та вертикальних валках, показали що розрахункові параметри потужності двигуна менші за максимальну потужність встановленого двигуна. Таким чином робота на стані ведеться у штатному режимі.

Розрахувавши на міцність станину закритого типу робочої кліті стану слябінг 1150 встановили, що умова міцності виконується для всіх елементів станини, так як розрахункові коефіцієнти запасу міцності більше допустимого $[n] = 7,9$, найбільш слабким місцем станини є нижня поперечина.

Для поліпшення умов праці в цеху і захисту працюючих від теплової дії передбачені наступні заходи: теплоізоляція поверхонь, випромінюючих тепло, щитів, завіс; теплоізоляція і охолодження робочих місць; природна аерація і механічна вентиляція; водорозпилення на робочих місцях і в припливних віконних отворах.

ПЕРЕЛІК ДжЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Ніколаєв, В.А. Теорія прокатки. Видання четверте, перероблене, доповнене: учбовий посібник / В.А. Ніколаєв. - Запоріжжя: ЗГИА, 2014. - 258с.
2. Антипин, В.Г. Прокатные станы / Антипин В.Г., Д.К. Нестеров, В.Г. Кизиев. Справочник. В 3-х томах. Т.3. Листопрокатные станы и профилегибочные агрегаты.
3. Грудев, А.П. Внеконтактная деформация заднего конца полосы при прокатке на гладких валках / А.П. Грудев, В.М. Полещук. / Научные труды ИЧМ. - М.: Металлургия, 1965 (Сб. 21). С. 212-231.
4. Николаев, В.А. Горячая прокатка листов и полос. Ч.1. Издание четвертое, переработанное, дополненное: учебное пособие. - Запорожье: ЗГИА, 2014. - 176с.
5. Производство передельных и товарных слябов из слитков углеродистых, низколегированных и высокоуглеродистых марок сталей. Технологическая инструкция. ТИ 226-П.ОЗ-10-2005 - Запорожье, 2005.
6. Николаев, В.А. Теория процессов прокатки. Учебное пособие. - Запорожье, ЗГИА, 2004. - 183с.
7. Тарновский, И.Я. Формоизменение при пластической обработке металлов. - М.: Metallurgizdat, 1954. 534с.
8. Тарновский, И.Я. Прокатка на блюминге / И.Я. Тарновский, Е.В. Пальмов, В.А. Тягунов и др. - М.: Metallurgizdat, 1963. - 389с.
9. Чекмарев, А.П. Теория прокатки крупных слитков / А.П. Чекмарев, В.Л. Павлов, В.И. Мелешко, В.А. Токарев. - М.: Металлургия, 1968. - 252с.
10. Николаев, В.А. Нормальные контактные напряжения при переменных параметрах по дуге контакта при прокатке полос // Металл и литье Украины, 2008, №11,12. - С.14-16.
11. Николаев, В.А. Угол критического сечения при прокатке высоких полос // Изв. вузов. Черная металлургия, 1966, № 10. - С. 62-65.

12. Тягунов, В.А. Режимы прокатки на реверсивных станах. - М. Металлургия. 1954, 137с.
13. Николаев, В.О. Мазур В.Л. Виробництво плоского прокату / В.О. Николаев, В.Л. Мазур. - Запоріжжя, ЗДІА, 2010. - 320с.
14. Чекмарев А.П., Мутьев М.С., Машковец Р.А. Калибровка прокатных валков. - М.: Металлургия, 1971. - 512с.
15. Николаев В.А. Методика расчета режима деформации на непрерывном стане холодной прокатки // Металлургическая и горнорудная промышленность. 2004. №6. - С. 47-52.
16. Давильбеков Н.Х. Совершенствование процесса прокатки на слябинге. - М.: Металлургия, 1983. - 80с.
17. Долженков Ф.Е. Повышение качества толстых листов Долженков Ф.Е., Коновалов Ю.В., Носов В.Г. и др. в / - М.: Металлургия, 1984. - 247с.
18. Полухин П.И. Прокатка толстых листов / Полухин П.И., Клименко В.М., Полухин В.П и др. - М.: Металлургия, 1984. - 288с.
19. Тарновский И.Я. и др. Теория обработки металлов давлением. - М: Металлургиздат, 1963. - 672с.
20. Бадинг В., Функе П., Кооц Т. Влияние программы обжатий и размеров слитков на выход годного при прокатке слэбов // Черные металлы (пер. с нем.), 1977, № 25. - С. 27 - 35.
21. Николаев В.А., Васильев А.Г. Исследование влияния профиля валков на течение металла при прокатке толстых полос // Сталь, 2002, № 12 .- С. 41- 43.
22. Николаев В.А., Путноки А.Ю. Прокатка широкополосной стали - К.: Освіта України, 2009. - 268с.
23. Николаев В.А, Волков И.А., Маслов В.А. Влияние профилировки валков слябинга на технологические параметры прокатки. // Известия вузов. Черные металлы, 1981, №7. - С. 49 - 51.
24. Лапін В.М. Основи охорони праці // Лапін В.М. – Львів: ЛБІ НБУ, 2002. – 142 с.

25. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці / Жидецький В.Ц. – Львів: Афiша, 2002. – 320 с.
26. Трахтенберг А.М. Гигиена труда и производственная санитария // Трахтенберг А.М., Коршун М.М., Чебанова О.В. – К.: Киев, 1997. – 462 с.
27. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: [учеб. пособие для вузов] / Долин П.А. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 448 с.
28. Рожков А.П. Пожарная безопасность на производстве / Рожков А.П. – К.: Охрана труда, 1997. – 448с.