

Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім Ю.М. Потебні

( назва факультету )

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

(повна назва кафедри )

## Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

рівень вищої освіти \_\_\_\_\_

(перший (бакалаврський) рівень)

на тему Розробка режиму прокатування штаби розмірами 2,5×1140 мм  
зі сталі 65Г на БТЛС 1680

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1360-с

Суворов С.О.

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

136 Металургія

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

освітньо-професійна програма

металургія

(шифр і назва)

Керівник Бондаренко Ю.В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент Кругляк Д.О.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Запоріжжя - 2023 року

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

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

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

Спеціальність 136 металургія  
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма металургія  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри МТЕТБ  
Ю.О. Бєлоконь

“ 29 ” 12 2022 року

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

Суворова Сергія Олександровича  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проєкта) Розробка режиму прокатування штаби розмірами 2,5×1140мм зі сталі 65Г на БТЛС 1680 в умовах ПАТ «Запоріжсталь»

керівник роботи (проєкту) Бондаренко Юлія Володимирівна к.т.н, доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “29” 12 2022 року №1893-с

2. Строк подання студентом роботи (проєкта) 16.06.2023

3. Вихідні дані до роботи (проєкта) Визначення режиму прокатки штаби розмірами 2,5×1140мм зі сталі 65Г на БТЛС 1680

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 11 слайдах (на 11 сторінках)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
<i>Загальна частина</i>	<i>Бондаренко Ю.В., доцент</i>	
<i>Технологічна частина</i>	<i>Бондаренко Ю.В., доцент</i>	
<i>Механічна частина</i>	<i>Бондаренко Ю.В., доцент</i>	
<i>Охорона праці та техногенна безпека</i>	<i>Бондаренко Ю.В., доцент</i>	
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Белоконь Ю.О. завідувач кафедри</i>	

7. Дата видачі завдання 03.01.2023

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Вступ</i>	<i>12-18.06.2023</i>	
2	<i>Реферат</i>	<i>12-18.06.2023</i>	
3	<i>Загальна частина</i>	<i>15-21.05.2023</i>	
4	<i>Технологічна частина</i>	<i>22-28.05.2023</i>	
4	<i>Механічна частина</i>	<i>29.05-28.05.2023</i>	
5	<i>Охорона праці та техногенна безпека</i>	<i>05-11.06.2023</i>	
6	<i>Висновки</i>	<i>12-18.06.2023</i>	

Студент

(підпис) С.О.Суворов  
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) \_\_\_\_\_  
(підпис)

Ю.В. Бондаренко  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту містить 71 сторінок, 2 рисунків, 10 таблиць, 23 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: безперервний тонколистовий стан 1680.

Мета дипломного проекту є розробка режиму прокатування штаби розмірами 2,5x1140мм зі сталі 65Г на БТЛС 1680.

В ході виконання роботи встановлено, що у ряді випадків, найчастіше в літній період, параметри води, що охолоджує (температура, витрата і тиск), не відповідають проектним значенням. Це з'явилося однією з основних причин зниження здатності установки охолодження. У зв'язку з цим первинним є завдання завершення заміни старих верхніх ванн, що залишилися, і нижніх однощільних ванн на нові ванни конструкції ІЧМ- ПАТ "Запоріжсталь" при забезпеченні проектних параметрів води, що охолоджує.

У технологічній частині роботи для основних клітей п'ятиклетьевого стану холодної прокатки 1700 рекомендується встановити двох'якорні електродвигуни типу 2МП6500-200, потужність 2x2400 кВт, 750 В, 260/500 об/хв. Застосовані рішення й технічні засоби можуть бути використані при реконструкції головних приводів стану холодної прокатки 1700.

У роботі бакалавра ми розглянули основні заходи щодо впровадження регульованого охолодження штаби у чистовій групі клітей БТЛС 1680 в умовах ЦГПТЛ ПАТ «Запоріжсталь».

СТАН, ПОТУЖНІСТЬ ДВИГУНА, ОБТИСК, ВАЛКИ, ШТАБА, МОМЕНТ ПРОКАТКИ, ШВИДКІСТЬ ПРОКАТКИ, ДЕФОРМАЦІЯ, КЛІТЬ, ЕНЕРГОСИЛОВІ ПАРАМЕТРИ, ЦЕХ.

## ЗМІСТ

Вступ	7
1 Загальна частина	
1.1 Характеристика цеху	8
1.2 Технічна характеристика обладнання стану	8
1.3 Сортамент стану і марки сталі	13
1.4 Технологічний процес прокатки	16
2. Технологічна частина	
2.1 Аналіз недоліків роботи обладнання стану	19
2.2 Заходи щодо усунення недоліків	21
2.3 Аналіз типів пристроїв для охолодження штаб	22
2.4 Заходи щодо впровадження регульованого охолодження штаби у чистовій групі клітей БТЛС 1680 в умовах ЦГПТЛ ПАТ «Запоріжсталь»	25
2.5 Організація робіт на стані	29
2.6 Розрахунок режимів обтисків	31
2.7 Розрахунок зусилля прокатки	39
3. Механічна частина	
3.1 Розрахунок валків на міцність	46
3.2 Розрахунок продуктивності стану	51
4. Охорона праці та техногенна безпека	
4.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації стану БТЛС 1680	54
4.2 Технічні рішення з санітарії та гігієни праці на дільниці	55
4.2.1 Мікроклімат	57
4.2.2 Склад повітря робочої зони	58
4.2.3 Виробниче освітлення	59
4.2.4 Виробничий шум	60
4.2.5 Виробничі вібрації	61

4.2.6	Виробничі випромінювання	61
4.3	Протипожежна безпека	62
4.3.1	Технічні рішення системи запобігання пожежі	63
4.3.2	Технічні рішення системи протипожежного захисту	64
4.4	Захист навколишнього середовища в прокатному виробництві	66
	Висновки	68
	Перелік джерел посилання	69

## ВСТУП

Одним з перших широкоштабових станів безперервного плющення є стан 1680 заводу "Запоріжсталь", встановлений в 1935 р. Він складається з чотирьох методичних печей, з торцевим завданням і видачею нагріті слябів і двостороннім підігріванням. БТЛС 1680 складається з двох груп клітей - чорнової і чистової. До чорнової групи входять чорновий окалиноламач дуо, чотири кліті "кварто" і три вертикальні кліті - еджери. Перед чистовою групою, що складається з шести чотиривалкових клітей, встановлені ножиці і чистовий окалиноламач.

Контроль товщини і ширини прокатуваних штаб здійснюється за свідченнями стаціонарних товщиномірів і шириномеров. Швидкість плющення листа 9,0 м/с. Переріз слябів 100-150x600-1550 мм, довжина 2,5-6,0 м і маса 1,7-7,0 т. Профіль листової сталі 1,6-12x600-1550 мм.

Безперервний широкоштабовий стан гарячого плющення тонкого листа 1680 призначений для плющення штаб від 1,9 до 6,0 мм і шириною від 900 до 1520 мм.

Допускається плющення освоєного сортаменту штаб завтовшки від 6,1 до 10,2 мм.

При постачанні прокату на поверхні гарячекатаного прокату не повинно бути полон, порізів, пухирів, тріщин, наскрізних розривів, вкатанной окалини.

Нагрів слябів здійснюється в методичних печах з торцевою посадкою і видачею. Тривалість нагріву залежить від товщини слябів, хімічного складу сталі і температури при їх посадці.

Прокатка тонколистової гарячіше сталі, як правило, здійснюється в чорновій і чистої груп рабoчих клітей, послідовно розташованих друг за другом.

## ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

### 1.1 Характеристика цеху

Одним з перших широкоштабових станів безперервного плющення є стан 1680 заводу "Запоріжсталь", встановлений в 1935 р. Він складається з чотирьох методичних печей, з торцевим завданням і видачею нагріті слябів і двостороннім підігріванням. БТЛС 1680 складається з двох груп клітей - чорнової і чистової. До чорнової групи входять чорновий окалиноламах дуо, чотири кліті "кварто" і три вертикальні кліті - еджери. Перед чистовою групою, що складається з шести чотиривалкових клітей, встановлені ножиці і чистовий окалиноламах. Збивши окалини робиться за допомогою води високого тиску, що витікає із спеціальних сопел, встановлених на гідравлічних колекторах води високого тиску перед і за кліттю ДУО, за чорновими клітями №2 і №3 і чистовим окалиноламахем. Контроль товщини і ширини прокатуваних штаб здійснюється за свідченнями стаціонарних товщиномірів і шириномеров. Швидкість плющення листа 9,0 м/с. Переріз слябів 100-150x600-1550 мм, довжина 2.5-6,0 м і маса 1,7-7,0 т. Профіль листової сталі 1.6-12x600-1550 мм.

### 1.2 Технічна характеристика обладнання стану

Безперервний тонколистовий стан складається з двох груп - чорнової і чистової.

До складу чорнової групи входять: одна двохвалкова кліть (чорновий окалиноламах), чотири чотиривалкових (№ 1, 2, 3, 4) і три вертикальні (№ 1, 2, 3) кліті.



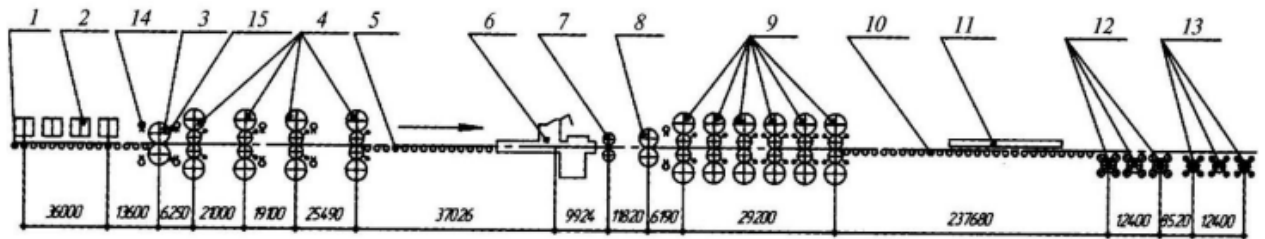


Рисунок 1.1 – Схема розташування обладнання безперервного стану гарячої прокатки 1680 ПрАТ «Запоріжсталь»:

1 - рольганг пічний нижній; 2 - методичні печі; 3 – двохвалкова кліть;  
 4 - чорнові кліті; 5 - проміжний рольганг; 6 - ППУ "Койлбокс"; 7- летючі ножиці; 8 - чистовий окалиновідламувач; 9 - чистові кліті; 10 - рольганг за чистовими клітями; 11 - установка охолодження смуги; 12, 13 - моталки;  
 14 - система гідрозбиву окалини; 15 - система охолодження валків [1]

До складу чистової групи входять: одна двохвалкова кліть (чистовий окалиноламах) і шість чотиривалкових клітей (№5,6,7,8,9,10).

До складу допоміжного устаткування входять :

- лівий і правий рольганги з шлеперним пристроєм;
- леткі ножиці з посагом устаткуванням для різання гарячекатаних штаб на листи, ножиці з нижнім резом;
- згортаючі машини №1, 2, 3, душирующая установка;
- моталки №1, 2, 3 з кантувальниками рулонів, приймальними візками, приймачами рулонів, конвеєром і крокуючою балкою до них;
- проміжні перемотуючі пристрої - "койл-бокс";
- моталки №4, 5, 6 з кантувальником рулонів до них;
- конвеєра, що відводить;
- підйомно-поворотних столів;
- вагового рольганга з системи електронного тензометрування зважування рулонів і приймального рольганга.

Душирующие пристрій призначений для прискореного охолодження штаб перед змотування штаби в рулон.

Тип охолодження штаб камерний. При цьому вода з ванн верхніх секцій подається на штаби за типом і "водяної завіси", а з ванн нижніх секцій - за типом "водяного стовпа".

Подання води здійснюється триходовими відсічними клапанами, які управляються повітрям від пневмосистеми.

Змотувачі №4, 5, 6 ролик - барабанні: товщина змотується штаби від 1,8 до 8,0 мм, ширина від 600 до 1510 мм, максимальна вага рулону - 7500 кг, максимальна температура змотаної штаби 600 °С.

Змотувачі №1, 2 і 3 ролик - барабанні: змотують штаби легованих марок сталей товщиною від 2,0 до 6,0 мм. Ширина штаб, які змотуються, від 720 до 1550 мм. Максимальна вага рулону 16000 кг Зовнішній діаметр рулону 900 -1600 мм. Температура змотування штаб 500 - 8000С. швидкість змотування штаб 6-15м / с. Діаметр барабана - 750мм. Довжина барабана - 2150 мм Кантувальник рулонів обслуговуючого моталки №1, 2, 3: максимальна вага рулону - 16000кг; висота рулону - 1530мм; діаметр - 1400 мм Час кантування рулонів 7 секунд.

Поворотний рольганг: діаметр роликів 250 мм, довжина бочки роликів 1650 мм, відстань між лінійками 1600 мм.

Летючі ножиці лівого і правого рольгангов; летючі ножиці призначені для різання штаб завтовшки від 2 до 6 мм і шириною від 850 до1500 мм на листи завдовжки від 1500 до 6000 мм.

13-ти роликів правильна машина призначена для виправлення штаб. Швидкості виправлення від 1,016 до 2,023 м/с. Максимальна товщина листа для виправлення 3,25 мм

Ножиці з нижнім резом 10x1700 мм. Товщина листа, 10,2 мм, ширина листа, 1520 мм; число розривів в хвилину 12. Максимальна ширина змотування штаби дорівнює 1524 мм; діаметр рулонів від 752 мм до 1194 мм. Швидкість змотування штаби має бути рівної швидкості в десять кліті. Привід роликів індивідуальний. Приймальна частина моталок складається з

двох подаючих роликів, діаметром 355 мм і завдовжки 1830 мм.  
Штовхальник - пневматичний.

Приймальний візок моталок 1,2: час переміщення від 7 до 10 секунд  
вага рулону  $m_{ax} = 1500$  кг кількість тележек- 2 штуки.

Конвеєр №2 (від моталок 1, 2, 3) : кількість ланцюгів 2 шт. Режим роботи кроковий. Діаметр кроку - 3100 мм.

Крокуюча балка: довжина бочки - 8416 мм; кількість рулонів на балці - 6 штук; максимальні габарити рулону : діаметр (зовнішній) 1600 мм, висота 1530 мм, крок балки- 1704 мм, швидкість переміщення 0,4 м/с, час посилення - 2,5 секунди.

Приймач рулонів конвеєра №1: час підйому і опускання кожен 4 секунди.

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

Підйомно - поворотний стіл №1: при повороті столу на 90°-7,5 секунд вантажопідйомність столу 25 тонн; хід столу 550 мм; швидкість рулону на стіл від 4,5 до 9,0 м / хв.

Підйомно - поворотний стіл №2: час обороту столу - 7с, вантажопідйомність - 15т, час підйому столу дорівнює часу опускання столу - 5с, хід столу – 570мм.

Ваги АРС - 20 призначені для автоматичного зважування гарячекатані рулонів візуальним обчисленням ваги за шкалою циферблату і реєстрацією ваги на паперовій стрічці.

Приймальний рольганг конвеєра : довжина рольганга 109200 мм; довжина бочки роликів 1650 мм; діаметр бочки роликів 250 мм; крок роликів 300 мм.

Таблиця 1.1 - Коротка характеристика валків стану БТЛС 1680

Валки клітей	D <sub>поч</sub> , мм	D <sub>к</sub> , мм	ℓ <sub>б</sub> , мм	ℓ <sub>заг</sub> , мм	D <sub>ш</sub>	D <sub>трефа</sub>	Матеріал валків
ДУО	900	810	1680	4240	620	440	50ХН
№1 <sub>роб</sub>	940	880	2440	4800	660	580	90ХФ
№2 <sub>роб</sub>	850	780	1680	4070	480	440	90ХФ
№1 <sub>опор</sub>	1320	1245	2440	5070	750	-	90ХФ
2 – 10 <sub>опор</sub>	1240	1170	1680	4320	650	-	90ХФ
3 – 10 <sub>роб</sub>	620 <sup>+6</sup>	585	1680	3730	395	360	двошаров. чавун
№9 <sub>роб</sub>	620 <sup>+6</sup>	585	1680	3730	395	360	двошаров. чавун

Намотують пристрій в лінії лівого холодного рольганга, товщина змотування штаби від 2 до 6 мм. Матеріал штаби : вуглецева, легована або нержавіюча сталь. Ширина штаби - 1500 мм. Зовнішній діаметр рулону 1400 мм. Максимальна вага рулону 10 тонн. Швидкість намотування 65м / хв. Хід коляски, який знімає рулони 2700 мм. Хід столу, який знімає рулони 500мм.

Таблиця 1.2 - Коротка характеристика вертикальних валків

№	Діаметр валків, мм	Потужність двигуна	Тип двигуна	Швидкість обертання вала двигуна, про/хв	Відносне обчислення	Передаточне число редуктора	Швидкість обертання валків, об/хв.	Швидкість прокатки, м/с
1	Від 760 До 810	200	МП-6-275	Від 400 До 800	1,5	37,5	Від 10,7 До 21,4	Від 0,42 До 0,90
2	Від 760 До 810	200	МП-6-275	Від 400 До 800	1	24,3	Від 16,5 До 33	Від 0,65 До 1,4

3	Від 570 До 610	200	МП- 6-275	Від 400 До 800	Від 0,5 До 0,75	15,3	Від 26,1 До 52,3	Від 0,78 До 1,67
---	-------------------	-----	--------------	-------------------	--------------------------	------	---------------------------	---------------------------

### 1.3 Сортамент стану і марки сталі

Як вже відзначалося, підвищення долі листової продукції у випуску прокату є одним з основних напрямів в розвитку сучасного вітчизняного і зарубіжного прокатного виробництва. У зв'язку з цим за останні роки різко зросли об'єм і сортамент гарячекатаної листової сталі.

Безперервний широкоштабовий стан гарячої прокатки тонкого листа 1680 призначений для плющення штаб від 1,8 до 6,0 мм і шириною від 900 до 1520 мм.

Допускається плющення освоєного сортаменту штаб завтовшки від 6,1 до 10,2 мм.

По спеціальних замовленнях дозволяється прокатувати штаби шириною від 850 до 900 мм. Штаби завдовжки 2мм прокатуються шириною не більше 1250 мм.

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

При постачанні прокату на поверхні гарячекатаного прокату не повинно бути полон, порізів, пухирів, тріщин, наскрізних розривів, вкатанної окалини. Розшарування не допускаються.

При постачанні прокату по ГОСТ 14637 - 89 на поверхні прокату не повинно бути дрантя, наскрізні розриви, а також пухирів, гармошки, тріщин, полон, забруднень і вкатанної окалини.

Допускаються дефекти (рябизна, риси і інші місцеві дефекти), не вивідний прокат граничних розмірів.

Фактичне граничне відхилення після ширини штаб не повинне перевищувати плюс 20 мм при ширині штаб до 1000 мм (включно) і плюс 30 мм при ширині штаб більше 1000 мм.

Таблиця 1.3 - Сортамент гарячекатаних штаб, які катають на БТЛС 1680

Група сталі	Товщина штаби , мм	Ширина штаби , мм
1	2	3
Напівспокійні, киплячі, нестаріючі	1,5	970-1030
	1,8	970-1100
	1,9	970-1100
	2,0-2,4	1000-1250
	2,5	860-950; 1000-1250
	2,6-2,9	860-950; 1000-1360
	3,0-3,9	860-950; 1000-1500
	4,0-8,0	860-950; 1000-1500
Спокійні	8,1-10,0	1000-1520
	2,0-2,4	1000
	2,5-3,1	1000-1250
Низьколеговані	3,2-10,0	860-950; 1000-1400
	2,0-2,9	970-1000
	3,0-3,9	970-1250
Високовуглецеві для ремонтних цілей	4,0-10,0	970-1400
	30 - 90	1000-1270
Високовуглецеві для подальшого переділу	2,7-2,9	970-1050
	3,0-6,0	970-1250
Високовуглецеві	2,7-3,9	970-1080

Для гарячекатаних штаб, призначених для подальшого переділу на холоднокатаний лист, допускається відхилення до плюс 20 мм.

Відхилення від площинної на 1 м довжини прокату, робить в листи завтовшки від 1,5 до 3,9 мм, не повинен перевищує 15 мм, а для прокату завтовшки від 4,0 до 10,0 мм - 12 мм.

Телескопічність рулонів не повинен перевищує 100 мм для штаба завдовжки 2,0 - 2,5 мм і 70 мм для штаба завдовжки 2,6 - 9,0 мм.

Поперековий різнотолщинність штаб, вимірюваний на відстані 40 мм від край і посередині штаба, призначений для подальший переділ на холоднокатаний лист, не повинен перевищує 0,10 мм.

Різнотолщинність кромки, виміряна на відстані 5 і 40 мм від кромки не повинна перевищувати 0,10 мм.

Розглядається марка сталі: 65Г

Клас: Сталь конструкційна ресорно-пружинна

Конструкційна сталь - сталь, яка застосовується для виготовлення різних деталей, механізмів і конструкцій в машинобудуванні і будівництві і володіє певними механічними, фізичними і хімічними властивостями.

### Призначення

Пружини, ресори, наполегливі шайби, гальмівні стрічки, фрикційні диски, шестерні, фланці, корпуси підшипників, і інші деталі, до яких пред'являються вимоги підвищеної зносостійкості, і деталі, що працюють без ударних навантажень.

Таблиця 1.4 - Хімічний склад сталі 65Г, %

C	Si	Mn	Fe	Ni	P	S	Cr	Cu
0,62 – 0,7	0,17 – 0,37	0,9 – 1,2	~97	до 0,25	до 0,035	до 0,035	до 0,25	до 0,2

### Технологічні властивості

Температура кування, °С: початку 1250, кінця 780-760.

Зварюваність - не застосовується для зварних конструкцій.

Схильність до відпускнуї крихкості - схильна при утриманні  $Mn \geq 1\%$ .

Флокеночутливість - малочутлива.

#### **1.4 Технологічний процес прокатки**

Листовий прокат є одним з найекономічніших видів металопродукції.

Загальна схема технологічного процесу виробництва тонколистової гарячекатаної сталі включає підготовку металу до нагріву, нагрів, плющення, охолодження, змотування в рулони і обробку листа.

Початковою заготівлею є сляби, прокатані на блюмінгу, слябінгу або відлиті на МНЛЗ.

Нагрів слябів здійснюється в методичних печах з торцевою посадкою і видачею. Останнім часом широко застосовуються печі з крокуючим черенем, що дозволяють нагрівати сляби більше рівномірно по усьому перерізу. Тривалість нагріву залежить від товщини слябів, хімічного складу сталі і температури при їх посадці. Прокатка тонколистової гарячіше сталі, як правило, здійснюється в чорновій і чистовій групах робочих клітей, послідовно розташованих друг за другом. Основним завданням плющення в чорнових клітях є видалення окалини з поверхні слябів і отримання необхідних розмірів підкату для чистової групи. Окаліну удаляють за допомогою клітей з вертикальними валяннями і чорнових двохвалкових (чи чотиривалкових) окалиноламахів. Крім того, окаліна віддається гідросбивом. Процес прокатки в чорнових клітях робиться без розкочування ширини, якщо ширина сляба більше ширини листа, і з розкочуванням ширини, якщо ширина сляба менше ширини листа.

При завданні гуркоту в чистову групу клітей на летких ножицях, встановлених перед чистовими окалиноламачами, прорізають передній і задній кінці.



Після виходу з останньої кліті безперервної групи походить охолодження штаби за допомогою душируючих пристроїв і змотування моталками в рулони. Рулони листової сталі завтовшки розкрояють на агрегатах безперервного різання. Потім обрізують бічні кромки, гуркіт правлять, сортують, маркірують, укладають в стопи, зважують і упаковують в пачки. Далі здійснюють термічну обробку і обробку тонколистової гарячекатаної сталі на встановлених в цехах агрегатах.

Таблиця 1.5 - Максимальне обтискання, яке допускається в клітях чистової групи залежно від ширини, %

№ клітей	Ширина штаби, мм	
	До 1200	Від 1200 до 1500
5,6	50	45
7,8	40	35
9	25	25
10	15	15

Таблиця 1.6 - Максимальне обтискання, яке допускають після клітей чорнової групи залежно від ширини сляба

Кліть	Максимальне обтискання при плющенні вуглецевих і низьковуглецевих сталей%	
	Ширина сляба до 1250 мм	Ширина сляба понад 1250 мм
ДУО	25	20
1	35	30
2	37	35
3	40	37
4	40	37

Обтискання кромки гуркоту відбувається у вертикальних валяннях - еджери, встановлених перед клітями № 2, 3 і 4 на величину від 4 до 23 мм.

При розподілі обтискань в клітях чистової групи старший вальцівник групи або стану стежить за тим, щоб навантаження на двигуни не перевищували гранично допустиме.

Для забезпечення взаємозамінюваності деталей призначити точність виготовлення розмірів і форми поверхонь, вибрати допуск в посадку, визначити величину проміжку або натягу сполучення. Відправляючи готові деталі в складальний цех або ремонтні майстерні, треба бути абсолютно упевненим, що в оброблювальних цехах усі параметри деталей з необхідною точністю, тобто необхідно виміряти дійсні розміри деталей. Щоб виміряти розміри, потрібні грошові кошти виміру і контролю. Забезпечення технічних вимірів є одним з основних напрямів метрології. В техніці існують два терміни: вимір і контроль (ці терміни характеризують якість деталі, що перевіряється). Вимір - процес зіставлення якої-небудь величини (довжини, кута і тому подібне) з такою ж величиною, умовно прийнятою за одиницю. Результатом виміру є число, що виражає відношення вимірюваної величини до величини до величини, прийнятої за одиницю.

Контроль - процес складання якої-небудь величини з наказаними межами. При контролі встановлюють не дійсний розмір деталі, а тільки положення по відношенню до граничних розмірів. Результатом контролю є твердження про придатність або непридатність деталі. Вимірювальними приладами і інструментами називається пристрій, за допомогою яких вимірюються розміри різних деталей. За призначенням вимірювальні прилади і інструменти розділені на дві групи: універсальні і спеціальні. Універсальні вимірювальні прилади призначені для виміру найрізноманітніших деталей, спеціально призначені для виміру певних деталей або їх окремих параметрів.

По конструктивною ознакою універсальні прилади і інструменти можна розділяти на:

- штрихові інструменти ноніусом (штангенинструменти і універсальні кутоміри) - мікрометричні інструменти (мікрометри);
- важільно-механічні прилади (індикатори); - оптико-механическая прилади (мікроскопи) та ін.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Аналіз недоліків роботи обладнання стану

Безперервний широкоштабовий стан є одним із основних станів комбінату «Запоріжсталь». Стан обладнаний застарілим обладнанням, яке не дає комбінату вийти на світовий ринок з більш конкурентною продукцією. Планується заміна обладнання та його модернізація.

На стані слябінг при подачі прокатаних слябів до стану БТЛС, при транспортуванні штаб по рольгангу (при прямій прокатці) температура слябів падає, за рахунок виділення тепла с двох сторін.

Габарити робочого простору печей дозволяють нагрівати сляби довжиною до 4,7 метрів, значні витрати при нагріванні металу перед прокаткою на стані, призвели до переходу на прокатку без попереднього нагрівання у печах ( на пряму прокатку). По причині низької завантаженості, часткового використання печей, піч №5 була демонтована.

Існуючі рекуператори фізично зношені й не забезпечують ефективного підігріву повітря, що зовсім не економно; відсутня система запобігання підсмоктувань холодного повітря через вікна видачі, що приводить до охолодження правої крайки слябів, що перебувають на подині печі перед видачею, що призводить до нерівномірного нагріву по ширині.

На чорновій групі стана на даний момент присутня неефективна система гідрозбиву окалини (низький тиск води: 80-100 атм; більші відстані від поверхні розкату до сопла: 300-450 мм замість 150-200 мм; фізичне випрацювання устаткування), що призводить тільки до часткового видалення окалини. Не видалена окалина вкатується в метал при прокатці.

Валки чистової групи клітей стану БТЛС 1680 до руху приводять двигуни змінного струму з регулюванням швидкісного режиму шляхом зміни частоти струму. Двигуни дозволяють підняти швидкість прокатки до 15 м/с

(оберти двигунів максимум 650 об/хв), однак редуктори клітей чистової групи розраховані на колову швидкість прокатки шестирнів не більше 16,1 м/с, - це 400 об/хв. Із цієї причини швидкість прокатки становить до 9 м/с.

Встановлений пристрій для охолодження штаби вже є застарілим і за рахунок цього відбувається нерівномірне охолодження штаби після прокатки. В дійсності при транспортуванні штаби по рольгангу по причинах випрацювання роликів рольганга, нерівномірність температури по ширині полоси, штаба зміщується від центра рольганга, тому вода для охолодження повинна подаватися по всій ширині бочки охолодження.

Недоліком стану являється відсутність прокатки з прискоренням. Прокатка з прискоренням посприяла б збільшенню виробництва, зменшенню втрат температури металу. Прискорення при прокатці на даний момент не використовується через далеку відстань змотувачів, великої довжини розкату після прокатки, відстань становить більше 230 метрів (на сучасних станах відстань між ними становить 98-110 м), велика відстань (600-610 мм) між роликками рольганга за кліттю №10 (на сучасних станах 260-330 мм).

На сучасних станах після захоплення штаби змотувачем здійснюється підйом швидкості комплексу чистова група - змотувач. На стані БТЛС 1680 через велику відстань від останньої кліті до змотувача «розгін» недоцільний і має певні, досить істотні технічні проблеми. Такими проблемами являється застарілі механізми транспортування штаби до змотувача, ролики транспортного рольгангу.

Найбільш слабе місце в роботі цього ланцюга - це транспортування штаб до змотувачів, збої в роботі механізмів змотувачів.

Присутні паузи, які пов'язані з передачею слябів від слябінга до тонколистового стана : це відсортування металу (слябів) по різного роду дефектам (рванини, заходи й ін.), це збій у роботі обладнання слябінга.

## 2.2 Заходи щодо усунення недоліків

З метою зменшення втрат температури при транспортуванні слябів від стану слябінг до стану 1680 планується встановлення тепловідбиваючих кожухів вздовж транспортного рольгангу, проміжної індукційної печі. Піч допоможе підігрівати розкат до необхідної температури перед прокаткою на БТЛС після стану слябінг.

Методичні печі пристосовані тільки для нагріву одинарних слябів, тому на даний момент застосовується прокатка на пряму, прокатка через печі застосовується менш часто, тільки для окремих замовлень, які потребують нагрівання.

З заміною двигуна на кліті №2 можливо збільшити обтиски в кліті №3, тим самим зменшити навантаження на №2 та №4 клітях, що дасть можливість уникнути перенавантажень в цих клітях та пов'язаних з цим простоїв.

Зменшення товщини розкату перед кліттю №5 дозволить перерозподілити обтиски в чистовій групі клітей, а враховуючи, що проміжний змотуючий пристрій вирівнює температуру по довжині розкату, який заходить в чистову групу клітей, зменшення товщини підкату знизить поздовжню різнотовщинність. Менша різнотовщинність дозволить розширити сортамент продукції за рахунок можливості отримання прокату меншої кінцевої товщини.

Для зменшення простоїв при транспортуванні штаб до змотувачів планується замінити рольганг за кліттю №10 зі зміною кроку роликів на 360 мм (замість 700 мм); встановити транспортний рольганг з кроком роликів 360мм; посилити редуктор клітей №8-10 та кліті №4.

Для покращення процесу охолодження штаб перед змотуванням планується встановлення більш економних, ефективних пристроїв для охолодження штаби перед змотуванням.

### 2.3 Аналіз типів пристроїв для охолодження штаб

Забезпечення високого рівня споживчих властивостей г/к конструкційної сталі значною мірою залежить від умов охолодження прокатних штаб в потоці безперервних широкоштабових станів (БШС) гарячої прокатки.

З вітчизняної і зарубіжної практики відомо, що одним з перспективних напрямів розвитку способів охолодження г/к листового прокату в потоці БШС є спосіб, що забезпечує подачу води на охолоджувану поверхню у вигляді плоских "водяних завіс" або "водяних стінок", який на відміну від відомих ламінарних забезпечує рівномірність охолодження по ширині прокату.

На рольгангу, що відводить, БТЛС 1680 ВАТ "Запоріжсталь" здійснений плоскоструминний спосіб охолодження листового прокату на установці УОВТ з випробуванням різного типу пристроїв охолодження.

Проте в умовах обмеженої кількості (до 3000 м<sup>3</sup>/ч) і підвищеної забрудненості вживаної технічної води виникла необхідність у вдосконаленні устаткування створеної установки охолодження штаб.

У 2001р на УОВТ з необхідного за проектом кількості ванн (верхніх - 24, нижніх - 8) встановлено нові верхні - 17 (7 ванн - старої конструкції НКМЗ), нижніх - 5 (3 ванни - альтернативної конструкції НМеАУ). Проведені дослідження, які показали задовільну працездатність нових ванн і можливість забезпечення необхідної температури змотування прокатних штаб.

Для вибору необхідного типу були проведені порівняльні дослідження ефективності охолодження штаб нижніми ваннами різних конструкцій і здатності установки охолодження в цілому. Дослідження показали, що модернізовані ванни інжекційного типу в середньому на 7-10 °С глибше охолоджують штабу, ніж ванни щілинного типу при однаковій (130-150 м<sup>3</sup>/ч) витраті води на одну ванну.

Експерименти проводилися на г/к прокаті одинадцяти дослідних партій металу товщиною штаб  $h=2-6$  мм.

Сляби кожної дослідної плавки прокатувалися за технологією, що діяла, при одному і тому ж налаштуванні стану для даної товщини штаб. Порівняльні експерименти проводилися на неохолодженому г/к прокаті (плавки № 1-6) на трьох нижніх ваннах ГЧМ, інжекційного типу (ванни №№ 1, 5, 6(7)) і трьох ваннах НМетАУ, щілинного типу (ванни №№ 2, 3, 4(8)).

В ході експерименту реєструвалися наступні параметри:  $T_{кп}$  - температура кінця прокатки;  $T_{зм}$  - температура змотування штаби в рулон;  $V_{пр}$  - швидкість прокатки;  $Q$  - витрата води;  $P$  - тиск води. Вимір температури штаб проводився за допомогою пірометрів, розташованих за кліттю №10 ( $T_{кп}$ ) і перед змотувачами ( $T_{зм}$ ). Запис вимірів температур здійснювався на діаграмну стрічку в ОТК цеху. Швидкість  $V_{пр}$  (швидкість штаби при виході з 10 кліті) визначалася по приладах в оператора чистової групи клітей стану. Витрата  $Q$  і тиск  $P$  води вимірювалися виробничими витратомірами, що діяли, і манометрами і записувалися на діаграмну стрічку. Обробка результатів проводилася за допомогою ПЕВМ.

Охолодження дослідних штаб в установці прискореного охолодження здійснювалося по наступних режимах:

режим 1 - охолодження штаб на повітрі при вимкнених ваннах;

режим 2 - включені нижні щілинні ванни №№ 2, 3, 4(8) (НМетАУ);

режим 3 - включені нижні інжекційні ванни №№ 1, 5, 6(7) (ГЧМ);

режим 4 - включені всі нижні ванни в кількості 8 шт.;

режим 5 - включені всі верхні ванни (24 шт.);

режим 6 - включені всі секції верхнього (11 шт.) і нижнього (8 шт.)

охолодження штаби.

режим 7 - кількість включених ванн визначає ЕОМ.

Ефективність охолодження штаб оцінювали по різниці середніх температур кінця прокатки і змотування ( $\Delta T_{охл} = T_{кп\ ср} - T_{см\ ср}$ ,  $^{\circ}C$ ). Для кожної дослідної плавки набутих значень  $\Delta T_{охл}$  (при включенні різної кількості ванн -

режими 2-7) порівнювали із значеннями  $\Delta T_{\text{охл}}$  штаб, що охолоджуються на повітрі, -  $\Delta T_{\text{возд}}$  (режим 1). Величина теплотойому, отриманого за рахунок охолодження штаб водою складала  $\Delta T_{\text{води}} = \Delta T_{\text{охл}} - \Delta T_{\text{возд}}$ ,  $^{\circ}\text{C}$ . За отриманими даними розраховували питому витрату води, необхідну для зниження температури штаби на один градус ( $Q/\Delta T_{\text{води}}$ ,  $\text{м}^3/\text{ч}/^{\circ}\text{C}$ ), при різних режимах роботи УОВТ.

З отриманих даних видно, що при тиску води в трубопроводах 2,8 - 3,1 атм., ефективність охолодження штаб ( $Q/\Delta T_{\text{води}}$ ,  $\text{м}^3/\text{ч}/^{\circ}\text{C}$ ) інжекційними 3-х сопловими ваннами ІЧМ у всіх випадках (досліди № 1-22) в 1,5 - 3,5 разу вище, ніж однощілиними ваннами НМетАУ. При цьому різниця в мірі охолодження закономірно сильніше виражена на тоншому металі. Ці дані однозначно свідчать про перевагу трьохсоплових ванн інжекційного типу при забезпеченні проектних параметрів води.

Слід зазначити, що після тривалої експлуатації ванн НМетАУ виявилися і інші недоліки, властиві пристроям цього типу: деформація розміру щілини по довжині, засмічення і ін. що впливає на рівномірність і ефективність охолодження прокату.

У зв'язку з цим було прийнято рішення про заміну всіх однощілиних ванн НМетАУ інжекційними.

На основі отриманих експериментальних даних виконаний аналіз здатності УОВТ охолоджувати.

Визначені значення коефіцієнтів тепловіддача УОВТ, які знаходяться на рівні  $\alpha=800 - 1000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  при витратах води до 1500 - 1800  $\text{м}^3/\text{ч}$ . Коефіцієнти тепловіддача, отримані при використанні модернізованих пристроїв, що охолоджують, в зоні активного охолодження штаб при витратах води до 3000  $\text{м}^3/\text{ч}$ , має значення 2000 - 2250  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , що добре узгоджується з результатами раніше проведених досліджень. Отримані результати свідчать про те, що здатність УОВТ охолоджувати знаходиться на рівні відповідному охолодженню штаб відомими системами ламінарного типу.



## **2.4 Заходи щодо впровадження регульованого охолодження штаби у чистовій групі клітей БТЛС 1680 в умовах ЦГПТЛ ПАТ «Запоріжсталь»**

В ході виконання роботи встановлено, що у ряді випадків, найчастіше в літній період, параметри води, що охолоджує (температура, витрата і тиск), не відповідають проектним значенням. Це з'явилося однією з основних причин зниження здатності установки охолодження. Так при температурі води вище 30<sup>0</sup>С знижується величина теплостойому з поверхні штаби. При зниженні спільного тиску води в трубопроводах менше 2,5 атм. при включенні всієї УОВТ робота нижніх ванн обох типів малоефективна (на вимогу ТІ 226-П. ГЛ-01-2000 і згідно Проекту на УОВТ тиск води в нижній системі охолодження має бути 3 атм.). У таких випадках для однощільних ванн недостатньо кількості води, щоб отримати необхідну висоту водяного стовпа, а для трьохсоплових - погіршуються умови інжекції, внаслідок чого також знижується висота водяного стовпа.

У зв'язку з цим первинним є завдання завершення заміни старих верхніх ванн, що залишилися, і нижніх однощільних ванн на нові ванни конструкції ІЧМ- ПАТ "Запоріжсталь" при забезпеченні проектних параметрів води, що охолоджує.

Слід зазначити, що характер роботи верхніх безнапірних переливних ванн ІЧМ, завдяки їх конструкції, при зниженні тиску і витрати води до граничних величин ( $Q_{\min} = 40 \text{ м}^3/\text{час}$  на одну ванну) істотним чином не змінюється. Резервом підвищення здатності верхньої системи установки охолодження є оптимізація ширини зони охолодження верхніми ваннами з врахуванням прокатки як вузьких (до 1250 мм - переважна доля в спільному обсязі виробництва), так і широких штаб.

У нижніх ваннах інжекційного типу при вдосконаленні їх конструкції була передбачена можливість наладки їх роботи в умовах зниження тиску і витрати води (в межах проектних значень), що виникає при одночасній роботі

всіх ванн установки. Рішенням цього питання є зменшення діаметру підживлюючого (для інжекції) отвору, який виконаний у вигляді насадки на різьбовому з'єднанні. Одним з випробуваних заходів є також зняття верхньої частини роз'ємного сопла. Останнє до певної міри знижує гальмування води при виділенні з щілинного сопла, проте при цьому погіршується захист колектора ванни від засмічення окалиною і пленами. В той же час при зниженні тиску води менше 2,5-2,6 атм цих заходів недостатньо для поліпшення роботи нижньої системи охолодження в цілому. У цих умовах додатково до зменшення діаметру підживлюючого отвору необхідно зменшувати глибину затоплення колектора.

Однією з причин зниження ефективності роботи установки охолодження є несправності або забрудненість окремих пристроїв. Також необхідно відзначити, що до певної міри однією з можливих причин епізодичного зниження здатності УОВТ охолоджувати можуть бути суб'єктивні чинники. В зв'язку з цим представляється важливим введення в дію рекомендацій по доповненню до технологічної інструкції ТІ 226 - П.Гл - 01 - 2000, а також розроблених в рамках цієї роботи рекомендацій по зміні і доповненню інструкції "Прискорене охолодження штаби на БТЛС-1680. Інструкція з експлуатації. МА 3153 ІЕ".

Перспективним напрямом подальшого збільшення здатності установки охолодження є створення накопичувальної ємкості при роботі УОВТ в умовах екстремальних навантажень.

Відповідно до викладеного, були розроблені і розглянуті наступні заходи щодо підвищення технологічних характеристик установки охолодження:

1. Замінити на секціях, що охолоджують, всі верхні ванни старого типу (в кількості 7 шт.) на нові.

2. Встановити відповідно до проекту відсічні форсунки гідродуву відпрацьованої води після верхніх секцій охолодження.

3. Ввести в дію пірометр перед установкою охолодження для точного контролю температури штаб і управління процесом їх охолодження в автоматичному режимі.

4. Оптимізувати по ширині зону охолодження штаби верхніми ваннами.

5. При забезпеченні в нижній системі УОВТ тиску води не менше 3 атм. і витрати 1500 м<sup>3</sup>/ч рекомендується встановити всі нижні ванни інжекційного типу конструкції ІЧМ.

6. Ввести в дію доповнення до ТІ 226-П.ГЛ-01-2000 передані ВАТ "Запоріжсталь".

7. Збільшити тиск води до 3 атм. і підвищити витрату в нижній системі установки охолодження до 1500 м<sup>3</sup>/ч за рахунок подачі води з оборотного циклу і перерозподілу витрат між верхньою і нижньою системами в співвідношенні 1:1,5 відповідно.

В ході наладки роботи верхньої системи охолодження кількість верхніх ванн збільшена до 30 шт. З них 23 ванни - конструкція ІЧМ і 7 модернізованих ванн НКМЗ. Додаткова установка ванн дозволила збільшити кількість верхніх зон активного охолодження до 30 без збільшення спільної витрати води на систему до 3000 м<sup>3</sup>/час. За рахунок цього істотно збільшилася ефективність охолодження як тонких (2-4-мм), так і товстих (5 мм і більш) штаб.

При наладці роботи нижньої системи охолодження виникла необхідність в коректуванні конструкції нижніх інжекційних ванн без зміни принципу їх дії. Зокрема, з метою адаптації їх до роботи в умовах знижених витрат і тиску води (при сезонних змінах цих параметрів) у ваннах знижений рівень затоплення колекторів і зменшений діаметр підживлюючого отвору до 1/2". Це забезпечило ефективну їх роботу при пониженні тиску води до 0,25 МПа і витрати до 150 м<sup>3</sup>/час на пристрій.

В результаті проведених заходів була забезпечена нормальна робота УОВТ, у тому числі в умовах зниженого тиску води в магістралі (до 0,25 МПа

на нижній межі). При цьому досягнута задовільна здатність установки без збільшення спільної витрати води, що охолоджує (не більше 3000 м<sup>3</sup>/час).

Розширений діапазон регулювання витрати води:

- через секцію верхнього охолодження - від 120 до 200 м<sup>3</sup>/час;
- через секцію нижнього охолодження - від 150 до 200 м<sup>3</sup>/час;
- в цілому на верхню систему охолодження - до 1800 м<sup>3</sup>/час;
- в цілому на нижню систему охолодження - до 1600 м<sup>3</sup>/час.

У процесі і після завершення монтажу і наладки роботи устаткування модернізованої установки охолодження штаб проводилися дослідження її здатності охолоджувати у тому числі залежно від температури води.

Експерименти проведені на 45 дослідних партіях г/к штаб різного сортаменту (2-6 мм) і марок сталей.

Були відібрані поточні партії штаб, які прокатувалися без зміни технологічних параметрів їх виробництва. Температури змотування як тонких (до 4 мм) так і товстих (4-6 мм) штаб різної ширини з вказаних марок сталей змінювалися в широкому діапазоні (500 – 650<sup>0</sup>С).

В ході проведення експериментів реєструвалися наступні параметри:

$T_{кп}$  - температура кінця прокатки;  $T_{зм}$  - температура змотування штаб в рулон;  $V_{пр}$  - швидкість прокатки;  $Q$  - витрата води;  $P$  - тиск води;  $n$  - кількість включених ванн. Вимір температури штаб проводився за допомогою пірометрів, розташованих за кліттю №10 ( $T_{кп}$ ) і перед моталками ( $T_{зм}$ ). Запис вимірів температур здійснювався на діаграмну стрічку в ОТК цеху. Швидкість  $V_{пр}$  (швидкість штаби при виході з 10 кліті) визначалася по приладах в оператора чистової групи клітей стану. Витрата  $Q$  і тиск  $P$  води вимірювалися виробничими витратомірами, що діяли, і манометрами для верхньої і нижньої систем охолодження окремо. Обробка результатів проводилася за допомогою ПЕВМ.

Аналіз отриманих даних дозволив визначити області значень витрат води, необхідних для досягнення необхідних температур змотування в різних діапазонах по групах товщини прокатуваних штаб без зниження швидкості прокатки.

Дані свідчать про те, що після модернізації і наладки роботи устаткування охолодження технологічні характеристики пристрою відповідають проектним значенням. Установка охолодження забезпечує досягнення потрібних технологічною інструкцією ТІ 226 1.1 Л - 01 - 2000 температур змотування штаб різної товщини від 2 до 6 мм.

Таким чином, підтверджена можливість забезпечення потрібних технологічною інструкцією ТІ 226 - П.Гл - 01 - 2000 температур змотування як тонких (2-4 мм), так і товстих (4-6 мм) штаб без зниження швидкості прокатки при їх прискореному охолодженні. Так, в звітному періоді (з 01. 10. 02 по березень 2003г.) в ЦГПТЛ не було зафіксовано випадків відбракування штаб по недотриманню температури їх змотування, пов'язаних з роботою устаткування охолодження.

## **2.5 Організація робіт на стані**

Цех гарячої прокатки тонкого листа ЦГПТЛ є структурним підрозділом металургійного комбінату «Запоріжсталь» і входить до групи прокатних цехів. Цех спеціалізується на виробництві гарячекатаних штаб і листів із слябів вуглецевих марок сталі, що надходять із обтискного цеху.

До складу цеху входить безперервний тонколистовий стан БТЛС 1680, який включає методичні печі, власне стан 1680, ділянка підготовки валків, листовідділка.

БТЛС 1680 є основним агрегатом ЦГПТЛ. Стан складається з двох груп – чорнової і чистової. До складу чорнової групи входять: одна двохвалкова кліть (чорновий окалинозламувач), чотири чотирьохвалкові (№1, 2, 3, 4) і три вертикальні (№1, 2, 3, 4) кліті. До складу чорнової групи входять: одна двохвалкова кліть (чистовий окалинозламувач) і шість чотиривалкових клітей (№5, 6, 7, 8, 9, 10).

Прокатний стан обслуговує бригада, що складається з:

- старшого вальцювальника;

- підручних вальцювальників;
- старшого оператора поста управління;
- операторів поста управління;

Старший вальцювальник (7-го розряду) тонколистового стану керує роботами по обслуговуванню стану, бере участь у веденні технологічного процесу прокатки метала, спостерігає за швидкістю прокатки і довжиною штаби, керує перевалкою валків, а також є відповідальним за безпеку праці робітників своєї бригади. Він стежить за температурою метала, за дотриманням розмірів, налаштуванням валків.

Вальцювальник (6, 5-го розряду) веде технологічний процес прокатки гарячого метала різних марок сталі на клітнях стану. Керує розбиранням і збиранням клітей, перевалкою клітей і наладкою валків. Спостерігає за роботою обладнання, забезпечує збереження і безперебійність їх роботи.

Старший оператор (6, 5-го розряду) поста управління веде режим обтискного метала і управляє в процесі прокатки натискним пристроєм, робочими рольгангами двигунами головного приводу прокатного стану. Стежить за роботою гідравліки, охолодженням валків, допомагає старшому вальцювальнику налаштувати стан, спостерігає за подачею метула, стежить за температурою стана, регулює швидкість прокатки. Бере участь в прийманні зміни після ремонту.

Оператор поста управління 5-го розряду управляє в процесі прокатки роботою чорнової групи клітей, окалинозламувачами, гідрозбивом, рольгангами, ножицями для обрізання кінців, моталками, кантувачами і конвеєром рулонів.

Майстер-технолог є безпосереднім керівником бригади. Майстер стежить за забезпеченням повного завантаження устаткування і продуктивністю роботи робітників, займається розставленням особового складу, проводить перевірку знань по охороні праці праці, технології виробництва готової продукції, здійснює контроль за перевіркою працездатності агрегатів, контролює технологію виробництва, здійснює

контроль за дотриманням порядку прийому-здачі зміни, проводить контроль за якістю продукції в процесі її випуску, контролює дотримання трудового розпорядку, проводить щозмінний контроль за достатком вантажозахватних пристосувань, бере участь в проведенні бригадних зборах по охороні праці, контролює дотримання робітниками правил техніки безпеки, трудової виробничої дисципліни. Стежить за наявністю і збереженням засобів індивідуального захисту. Організовує і заюезпечує якісне і своєчасне виконання встановленого плану. Бере участь в розробці заходів щодо поліпшення якості продукції, що випускається. Здійснює інструктаж робітників.

## 2.6 Розрахунок режиму обтисків

Вихідні дані:

$$h_0 \cdot b_0 = 165 \cdot 1130 \text{ мм}$$

$$h_k \cdot b_k = 2,5 \cdot 1140 \text{ мм}$$

Марка сталі 65Г

1. Визначаємо величину відносного обтиску в чорновій групі клітей:

$$\varepsilon_{\text{ДНО}} = 24 \%$$

$$\varepsilon_1 = 34 \%$$

$$\varepsilon_2 = 37 \%$$

$$\varepsilon_3 = 37 \%$$

$$\varepsilon_4 = 39 \%$$

2. Визначаємо товщину розкату в чорновій групі клітей:

$$h_n = h_0 \cdot (1 - \varepsilon_n) \quad (2.1)$$

$$h_{\text{дуо}} = h_0(1 - \varepsilon_{\text{дуо}}) = 165(1 - 0,24) = 125,4 \text{ мм}$$

$$h_1 = h_{\text{дуо}}(1 - \varepsilon_1) = 125,4(1 - 0,34) = 87,8 \text{ мм}$$

$$h_2 = h_1(1 - \varepsilon_2) = 87,8(1 - 0,37) = 55,3 \text{ мм}$$

$$h_3 = h_2(1 - \varepsilon_3) = 55,3(1 - 0,37) = 34,9 \text{ мм}$$

$$h_4 = h_3(1 - \varepsilon_4) = 34,9(1 - 0,39) = 21,3 \text{ мм}$$

3. Визначаємо абсолютний обтиск в чорновій групі клітей:

$$\Delta h_{\text{дуо}} = h_0 - h_{\text{дуо}} \quad (2.2)$$

$$\Delta h_{\text{дуо}} = h_0 - h_{\text{дуо}} = 165 - 125,4 = 39,6 \text{ мм}$$

$$\Delta h_1 = h_{\text{дуо}} - h_1 = 125,4 - 87,8 = 37,6 \text{ мм}$$

$$\Delta h_2 = h_1 - h_2 = 87,8 - 55,3 = 33,5 \text{ мм}$$

$$\Delta h_3 = h_2 - h_3 = 55,3 - 34,9 = 20,4 \text{ мм}$$

$$\Delta h_4 = h_3 - h_4 = 34,9 - 21,3 = 13,6 \text{ мм}$$

4. Визначаємо поширення в чорновій групі клітей:

$$\Delta b_{\text{дуо}} = 0,35 \cdot \frac{\Delta h_{\text{дуо}}}{h_0} \cdot \sqrt{R \cdot \Delta h_{\text{дуо}}} = 0,35 \cdot \frac{39,6}{165} \cdot \sqrt{450 \cdot 39,6} = 11,2 \text{ мм}$$

$$\Delta b_1 = 0,35 \cdot \frac{\Delta h_1}{h_{\text{дуо}}} \cdot \sqrt{R \cdot \Delta h_1} = 0,35 \cdot \frac{37,6}{125,4} \cdot \sqrt{450 \cdot 37,6} = 19,5 \text{ мм}$$

$$\Delta b_2 = 0,35 \cdot \frac{\Delta h_2}{h_1} \cdot \sqrt{R \cdot \Delta h_2} = 0,35 \cdot \frac{32,5}{87,8} \cdot \sqrt{425 \cdot 32,5} = 24,2 \text{ мм}$$

$$\Delta b_3 = 0,35 \cdot \frac{\Delta h_3}{h_2} \cdot \sqrt{R \cdot \Delta h_3} = 0,35 \cdot \frac{20,4}{55,3} \cdot \sqrt{310 \cdot 20,4} = 16,3 \text{ мм}$$

$$\Delta b_4 = 0,35 \cdot \frac{\Delta h_4}{h_3} \cdot \sqrt{R \cdot \Delta h_4} = 0,35 \cdot \frac{13,6}{34,9} \cdot \sqrt{310 \cdot 13,6} = 15 \text{ мм}$$

5. Визначаємо сумарну величину поширення:



$$\sum \Delta b = \Delta b_{\text{дуо}} + \Delta b_1 + \Delta b_2 + \Delta b_3 + \Delta b_4 \quad (2.3)$$

$$\sum \Delta b = 11,2 + 19,5 + 24,2 + 16,3 + 15 = 86,2 \text{ мм}$$

6. Визначаємо сумарну величину поширення в вертикальних клітках:

$$\sum \Delta h_{\text{верт}} = b_0 - b_k + \sum \Delta b \quad (2.4)$$

$$\sum \Delta h_{\text{верт}} = 1130 - 1040 + 86,2 = 76,2 \text{ мм}$$

7. Розподіляємо обтиск в вертикальних клітках по проходах:

$$\Delta h_{\text{в}1} = 36 \text{ мм}$$

$$\Delta h_{\text{в}2} = 27 \text{ мм}$$

$$\Delta h_{\text{в}3} = 13,2 \text{ мм}$$

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

$$b_{\text{дуо}} = b_0 + \Delta b_{\text{дуо}} = 1130 + 11,2 = 1141,2 \text{ мм}$$

$$b_1 = b_{\text{дуо}} + \Delta b_1 = 1141,2 + 19,5 = 1160,7 \text{ мм}$$

$$b_2 = b_1 + \Delta b_2 - \Delta h_{\text{в}1} = 1160,7 + 24,2 - 36 = 1148,9 \text{ мм}$$

$$b_3 = b_2 + \Delta b_3 - \Delta h_{\text{в}2} = 1148,9 + 16,3 - 27 = 1138,2 \text{ мм}$$

$$b_4 = b_3 + \Delta b_4 - \Delta h_{\text{в}3} = 1138 + 15 - 13,2 = 1140 \text{ мм}$$

9. Визначаємо площі поперечного перетину по проходам:

$$F_0 = h_0 \cdot b_0 = 165 \cdot 1130 = 186450 \text{ мм}^2$$

$$F_{\text{дуо}} = h_{\text{дуо}} \cdot b_{\text{дуо}} = 125,4 \cdot 1141,2 = 142650 \text{ мм}^2$$

$$F_1 = h_1 \cdot b_1 = 87,8 \cdot 11160,7 = 101909,5 \text{ мм}^2$$

$$F_2 = h_2 \cdot b_2 = 55,3 \cdot 1148,9 = 63534,2 \text{ мм}^2$$

$$F_3 = h_3 \cdot b_3 = 34,9 \cdot 1138,2 = 39723,2 \text{ мм}^2$$

$$F_4 = h_4 \cdot b_4 = 21,3 \cdot 1140 = 24282 \text{ мм}^2$$

10. Визначаємо витягування в чорновій групі клітей:

$$\mu_{\text{дуо}} = \frac{F_0}{F_{\text{дуо}}} = \frac{186450}{142650} = 1,31$$

$$\mu_1 = \frac{F_{\text{дуо}}}{F_1} = \frac{142650}{101909,5} = 1,4$$

$$\mu_2 = \frac{F_1}{F_2} = \frac{101909,5}{63534,2} = 1,6$$

$$\mu_3 = \frac{F_2}{F_3} = \frac{63534,2}{39723,2} = 1,6$$

$$\mu_4 = \frac{F_3}{F_4} = \frac{39723,2}{24282} = 1,64$$

11. Визначаємо кути захоплення в чорновій групі клітей

$$\alpha_{\text{дуо}} = \sqrt{\frac{\Delta h_{\text{дуо}}}{R}} \cdot 57,3 = \sqrt{\frac{39,6}{450}} \cdot 57,3 = 17^\circ$$

$$\alpha_1 = \sqrt{\frac{\Delta h_1}{R}} \cdot 57,3 = \sqrt{\frac{37,6}{450}} \cdot 57,3 = 17^\circ$$

$$\alpha_2 = \sqrt{\frac{\Delta h_2}{R}} \cdot 57,3 = \sqrt{\frac{32,5}{425}} \cdot 57,3 = 16^\circ$$

$$\alpha_3 = \sqrt{\frac{\Delta h_3}{R}} \cdot 57,3 = \sqrt{\frac{20,4}{310}} \cdot 57,3 = 15^\circ$$

$$\alpha_4 = \sqrt{\frac{\Delta h_4}{R}} \cdot 57,3 = \sqrt{\frac{13,6}{310}} \cdot 57,3 = 12^\circ$$

12. Визначаємо загальний коефіцієнт обтиску:

$$\eta = \frac{h_k}{h_4} = \frac{2,5}{21,3} = 0,117 \quad (2.5)$$

13. Визначаємо середній коефіцієнт обтиску:

$$\eta_{\text{сер}} = \sqrt[5]{0,117} = 0,699 \quad (2.6)$$

14. Розподіляємо величину обтиску по проходах:

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \cdot \eta_5 \cdot \eta_6 \quad (2.7)$$

$$\eta = 0,476 \cdot 0,540 \cdot 0,720 \cdot 0,801 \cdot 0,860 \cdot 0,920 = 0,117$$

15. Визначаємо товщину розкату в чистовій групі клітей:

$$h_5 = 21,3 \cdot 0,476 = 10,1 \text{ мм}$$

$$h_6 = 10,1 \cdot 0,540 = 5,5 \text{ мм}$$

$$h_7 = 5,5 \cdot 0,720 = 4 \text{ мм}$$

$$h_8 = 4 \cdot 0,801 = 3,2 \text{ мм}$$

$$h_9 = 3,2 \cdot 0,860 = 2,8 \text{ мм}$$

$$h_{10} = 2,8 \cdot 0,920 = 2,5 \text{ мм}$$

16. Визначаємо абсолютний обтиск в чистовій групі клітей:

$$\Delta h_5 = h_4 - h_5 = 21,3 - 10,1 = 11,2 \text{ мм}$$

$$\Delta h_6 = h_5 - h_6 = 10,1 - 5,5 = 4,6 \text{ мм}$$

$$\Delta h_7 = h_6 - h_7 = 5,5 - 4 = 1,5 \text{ мм}$$

$$\Delta h_8 = h_7 - h_8 = 4 - 3,2 = 0,8 \text{ мм}$$

$$\Delta h_9 = h_8 - h_9 = 3,2 - 2,2 = 0,4 \text{ мм}$$

$$\Delta h_{10} = h_9 - h_{10} = 2,8 - 2,5 = 0,3 \text{ мм}$$

17. Визначаємо площі поперечного перетину в чистовій групі клітей:

$$F_5 = h_5 \cdot b_4 = 10,1 \cdot 1140 = 11514 \text{ мм}^2$$

$$F_6 = h_6 \cdot b_4 = 5,5 \cdot 1140 = 6270 \text{ мм}^2$$

$$F_7 = h_7 \cdot b_4 = 4 \cdot 1140 = 4560 \text{ мм}^2$$

$$F_8 = h_8 \cdot b_4 = 3,2 \cdot 1140 = 3648 \text{ мм}^2$$

$$F_9 = h_9 \cdot b_4 = 2,8 \cdot 1140 = 3192 \text{ мм}^2$$

$$F_{10} = h_{10} \cdot b_4 = 2,5 \cdot 1140 = 2850 \text{ мм}^2$$

18. Визначаємо витягування в чистовій групі клітей по проходам:

$$\mu_5 = \frac{F_4}{F_5} = \frac{242282}{11514} = 2,1$$

$$\mu_6 = \frac{F_5}{F_6} = \frac{11514}{6270} = 1,84$$

$$\mu_7 = \frac{F_6}{F_7} = \frac{6270}{4560} = 1,4$$

$$\mu_8 = \frac{F_7}{F_8} = \frac{4560}{3648} = 1,25$$

$$\mu_9 = \frac{F_8}{F_9} = \frac{3648}{3192} = 1,14$$

$$\mu_{10} = \frac{F_9}{F_{10}} = \frac{3192}{2850} = 1,12$$

19. Визначаємо величину відносного обтиску в чистовій групі клітей по проходам:

$$\varepsilon_5 = \frac{\Delta h_5}{h_4} 100\% = \frac{11,2}{21,3} \cdot 100\% = 53\%$$

$$\varepsilon_6 = \frac{\Delta h_6}{h_5} 100\% = \frac{4,6}{10,1} \cdot 100\% = 46\%$$

$$\varepsilon_7 = \frac{\Delta h_7}{h_6} 100\% = \frac{1,5}{5,5} \cdot 100\% = 27\%$$

$$\varepsilon_8 = \frac{\Delta h_8}{h_7} 100\% = \frac{0,8}{4} \cdot 100\% = 20\%$$

$$\varepsilon_9 = \frac{\Delta h_9}{h_8} 100\% = \frac{0,4}{3,2} \cdot 100\% = 13\%$$

$$\varepsilon_{10} = \frac{\Delta h_{10}}{h_9} 100\% = \frac{0,3}{2,8} \cdot 100\% = 11\%$$

21. Визначаємо кути захоплення в чорновій групі клітей по проходам:

$$\alpha_n = \sqrt{\frac{\Delta h_n}{R_n}} \cdot 57,3 \quad (2.8)$$

$$\alpha_5 = \sqrt{\frac{11,2}{310}} \cdot 57,3 = 11^\circ$$

$$\alpha_6 = \sqrt{\frac{4,6}{310}} \cdot 57,3 = 7^\circ$$

$$\alpha_7 = \sqrt{\frac{1,5}{310}} \cdot 57,3 = 4^\circ$$

$$\alpha_8 = \sqrt{\frac{0,8}{310}} \cdot 57,3 = 3^\circ$$

$$\alpha_9 = \sqrt{\frac{0,4}{310}} \cdot 57,3 = 2^\circ$$

$$\alpha_{10} = \sqrt{\frac{0,3}{310}} \cdot 57,3 = 2^\circ$$

22. Визначаємо швидкості прокатки в чорновій групі клітей по проходам:

$$V_{\text{дуо}} = \frac{\pi D n}{60} \quad (2.9)$$

$$V_{\text{дуо}} = \frac{\pi D n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,9 \cdot 20}{60} = 0,94 \text{ м/с}$$

$$V_1 = \frac{\pi D n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,94 \cdot 25}{60} = 1,23 \text{ м/с}$$

$$V_2 = \frac{\pi D n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,85 \cdot 30}{60} = 1,33 \text{ м/с}$$

$$V_3 = \frac{\pi D n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,62 \cdot 35}{60} = 1,14 \text{ м/с}$$

$$V_4 = \frac{\pi D n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,62 \cdot 40}{60} = 1,30 \text{ м/с}$$

23. Визначаємо швидкості прокатки в чистовій групі клітей по проходам:

$$C = h_{10} \cdot V \quad (2.10)$$

$$C = 0,0025 \cdot 8 = 0,02 \text{ м/с}$$

$$V = 8 \text{ м/с}$$

$$V_5 = \frac{0,02}{12064} = 1,74 \text{ м/с} \quad V_6 = \frac{0,02}{8112} = 3,19 \text{ м/с}$$

$$V_7 = \frac{0,02}{5720} = 4,39 \text{ м/с} \quad V_8 = \frac{0,02}{4368} = 5,48 \text{ м/с}$$

$$V_9 = \frac{0,02}{3640} = 6,27 \text{ м/с}$$

Таблиця 2.1 – Розрахунок режиму обтиску

№ з/п	$h_0$ мм	$b_0$ мм	$h_1$ мм	$b_1$ мм	$\Delta h$ мм	$\Delta b$ мм	F мм <sup>2</sup>	$\mu$	$\eta$	$\alpha^0$	V м/с
дуо	165	1130	125,4	1141,2	39,6	11,2	142650	1,31	—	17	0,4
1	125,4	1141,2	87,6	1160,7	37,6	19,5	101909,5	1,4	—	17	1,23
2	87,6	1160,7	55,3	1148,9	32,5	24,2	63534,2	1,6	—	16	1,33
3	55,3	1148,9	34,9	1138,2	20,4	16,3	39723,2	1,6	—	15	1,14
4	34,9	1138,2	21,3	1140	13,6	15	24282	1,64	—	12	1,30
5	21,3	1140	10,1	1140	11,2	—	11514	2,1	0,476	11	1,74
6	10,1	1140	5,5	1140	4,6	—	6270	1,84	0,540	7	3,19
7	5,5	1140	4	1140	1,5	—	4560	1,4	0,720	4	4,39
8	4	1140	3,2	1140	0,8	—	3648	1,25	0,801	3	5,48
9	3,2	1140	2,8	1140	0,4	—	3192	1,14	0,860	2	6,27

10	2,8	1140	2,5	1140	0,3	—	2850	1,12	0,920	2	8
----	-----	------	-----	------	-----	---	------	------	-------	---	---

## 2.7 Розрахунок зусилля прокатки

Зусилля прокатки знаходимо по формулі

$$P = p \cdot F \quad (2.11)$$

де  $p$  - контактний тиск

$F$  - площа контактної поверхні

$$p = k \cdot n'_\sigma \quad (2.12)$$

де  $k$  - опір деформації

$n'_\sigma$  - коефіцієнт, який враховує вплив тертя

Опір деформації визначаємо за методом Головіна-Тягунова [1]

$$k_n = k_{tn} \cdot \sigma_B \quad (2.13)$$

де  $k_t$  - температурний коефіцієнт, який враховує температуру прокатки

$\sigma_B$  - межа міцності

1. Розподіляємо температуру по проходах, виходячи з практичних даних

$$t_{\text{дуо}} = 1250^{\circ}\text{C}$$

$$t_1 = 1240^{\circ}\text{C},$$

$$t_2 = 1220^{\circ}\text{C},$$

$$t_3 = 1180^{\circ}\text{C},$$

$$t_4 = 1140^{\circ}\text{C},$$

$$t_5 = 1100^{\circ}\text{C},$$

$$t_6 = 1000^{\circ}\text{C},$$

$$t_7 = 940^{\circ}\text{C},$$

$$t_8 = 860^{\circ}\text{C},$$

$$t_9 = 800^{\circ}\text{C},$$

$$t_{10} = 770^{\circ}\text{C},$$

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

$$t_{\text{пл}} = 1500^{\circ}\text{C}, \sigma_{\text{В}} = 820 \text{ МН/м}^2$$

Визначаємо температурний коефіцієнт

$$k_{\text{тн}} = \frac{t_{\text{пл}} - 75 - t_{\text{н}}}{1500} \quad (2.14)$$

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

$$k_{\text{т1}} = \frac{1500 - 75 - 1240}{1500} = 0,12$$

$$k_{\text{т2}} = \frac{1500 - 75 - 1220}{1500} = 0,13$$

$$k_{\text{т3}} = \frac{1500 - 75 - 1180}{1500} = 0,16$$

$$k_{\text{т4}} = \frac{1500 - 75 - 1140}{1500} = 0,19$$

$$k_{\text{т5}} = \frac{1500 - 75 - 1100}{1500} = 0,22$$

$$k_{\text{т6}} = \frac{1500 - 75 - 1000}{1500} = 0,28$$

$$k_{\text{т7}} = \frac{1500 - 75 - 940}{1500} = 0,32$$

$$k_{\text{т8}} = \frac{1500 - 75 - 860}{1500} = 0,37$$



$$k_{t9} = \frac{1500 - 75 - 800}{1500} = 0,42$$

$$k_{t10} = \frac{1500 - 75 - 770}{1500} = 0,44$$

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

$$k_n = k_{tn} \cdot \sigma_B \quad (2.15)$$

де  $\sigma_B$  – тимчасовий опір, МН/м<sup>2</sup>

$$k_{\text{дуо}} = 0,11 \cdot 820 = 90,2 \text{ МН/м}^2$$

$$k_1 = 0,12 \cdot 820 = 98,4 \text{ МН/м}^2$$

$$k_2 = 0,13 \cdot 820 = 106,6 \text{ МН/м}^2$$

$$k_3 = 0,16 \cdot 820 = 131,2 \text{ МН/м}^2$$

$$k_4 = 0,19 \cdot 820 = 155,8 \text{ МН/м}^2$$

$$k_5 = 0,22 \cdot 820 = 180,4 \text{ МН/м}^2$$

$$k_6 = 0,28 \cdot 820 = 229,6 \text{ МН/м}^2$$

$$k_7 = 0,32 \cdot 820 = 262,4 \text{ МН/м}^2$$

$$k_8 = 0,37 \cdot 820 = 303,4 \text{ МН/м}^2$$

$$k_9 = 0,42 \cdot 820 = 344,4 \text{ МН/м}^2$$

$$k_{10} = 0,44 \cdot 820 = 360,8 \text{ МН/м}^2$$

4. Визначаємо довжину осередка деформації по проходах

$$l_n = \sqrt{R \cdot \Delta h_n} \quad (2.16)$$

$$l_{\text{дуо}} = \sqrt{450 \cdot 39,6} = 133,5 \text{ мм}$$

$$l_1 = \sqrt{450 \cdot 37,6} = 130,8 \text{ мм}$$

$$l_2 = \sqrt{450 \cdot 32,5} = 117,5 \text{ мм}$$

$$l_3 = \sqrt{310 \cdot 20,4} = 79,5 \text{ мм}$$

$$l_4 = \sqrt{310 \cdot 13,6} = 64,9 \text{ мм}$$

$$l_5 = \sqrt{310 \cdot 11,2} = 58,9 \text{ мм}$$

$$l_6 = \sqrt{310 \cdot 4,6} = 37,8 \text{ мм}$$

$$l_7 = \sqrt{310 \cdot 1,5} = 21,6 \text{ мм}$$

$$l_8 = \sqrt{310 \cdot 0,8} = 15,7 \text{ мм}$$

$$l_9 = \sqrt{310 \cdot 0,4} = 11,1 \text{ мм}$$

$$l_{10} = \sqrt{310 \cdot 0,3} = 9,6 \text{ мм}$$

5. Визначаємо коефіцієнт тертя під час гарячої прокатки:

$$f_y = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot (1,05 - 0,0005 \cdot t) \quad (2.17)$$

$$f_{\text{дуо}} = 1 \cdot 1 \cdot 1(1,05 - 0,0005 \cdot 1250) = 0,43$$

$$f_1 = 1 \cdot 1 \cdot 1(1,05 - 0,0005 \cdot 1240) = 0,43$$

$$f_2 = 1 \cdot 1 \cdot 1(1,05 - 0,0005 \cdot 1220) = 0,44$$

$$f_3 = 0,8 \cdot 1 \cdot 1(1,05 - 0,0005 \cdot 1180) = 0,37$$

$$f_4 = 0,8 \cdot 0,93 \cdot 1(1,05 - 0,0005 \cdot 1140) = 0,36$$

$$f_5 = 0,8 \cdot 0,91 \cdot 1(1,05 - 0,0005 \cdot 1100) = 0,36$$

$$f_6 = 0,8 \cdot 0,78 \cdot 1(1,05 - 0,0005 \cdot 1000) = 0,34$$

$$f_7 = 0,8 \cdot 0,62 \cdot 1(1,05 - 0,0005 \cdot 940) = 0,29$$

$$f_8 = 0,8 \cdot 0,58 \cdot 1(1,05 - 0,0005 \cdot 860) = 0,29$$

$$f_9 = 0,8 \cdot 0,55 \cdot 1(1,05 - 0,0005 \cdot 800) = 0,29$$

$$f_{10} = 0,8 \cdot 0,52 \cdot 1(1,05 - 0,0005 \cdot 770) = 0,28$$

6. Визначаємо коефіцієнт, який враховує впливи зовнішнього тертя

$$n'_{qn} = 1 + f_y \left( \frac{L}{hc} \right) - 1 \quad (2.18)$$

$$n'_{q_{\text{дуо}}} = 1 + 0,43 \left( \frac{133,5 \cdot 2}{165 + 125,4} \right) - 1 = 0,40$$

$$n'q_1 = 1 + 0,43 \left( \frac{130,8 \cdot 2}{125,4 + 87,8} \right) - 1 = 0,53$$

$$n'q_2 = 1 + 0,47 \left( \frac{117,5 \cdot 2}{87,3 + 55,3} \right) - 1 = 0,71$$

$$n'q_3 = 1 + 0,37 \left( \frac{79,5 \cdot 2}{55,3 + 34,9} \right) - 1 = 0,65$$

$$n'q_4 = 1 + 0,36 \left( \frac{64,9 \cdot 2}{34,9 + 21,3} \right) - 1 = 0,83$$

$$n'q_5 = 1 + 0,36 \left( \frac{58,9 \cdot 2}{21,3 + 10,1} \right) - 1 = 1,35$$

$$n'q_6 = 1 + 0,34 \left( \frac{37,8 \cdot 2}{10,1 + 5,5} \right) - 1 = 1,65$$

$$n'q_7 = 1 + 0,29 \left( \frac{21,6 \cdot 2}{5,5 + 4} \right) - 1 = 1,32$$

$$n'q_8 = 1 + 0,29 \left( \frac{15,7 \cdot 2}{4 + 3,2} \right) - 1 = 1,26$$

$$n'q_9 = 1 + 0,29 \left( \frac{11,1 \cdot 2}{3,2 + 2,8} \right) - 1 = 1,07$$

$$n'q_{10} = 1 + 0,28 \left( \frac{9,6 \cdot 2}{2,8 + 2,5} \right) - 1 = 1,01$$

## 7. Визначаємо контактний тиск

$$P_{cp} = n'q \cdot k \quad (2.19)$$

$$p_{срдуо} = 0,40 \cdot 90,2 = 36,1 \text{ МН/м}^2$$

$$p_{ср1} = 0,53 \cdot 98,4 = 52,2 \text{ МН/м}^2$$

$$p_{ср2} = 0,71 \cdot 106,6 = 75,7 \text{ МН/м}^2$$

$$p_{ср3} = 0,65 \cdot 131,2 = 85,3 \text{ МН/м}^2$$

$$p_{ср4} = 0,83 \cdot 155,8 = 129,3 \text{ МН/м}^2$$

$$p_{ср5} = 1,35 \cdot 180,4 = 243,5 \text{ МН/м}^2$$

$$p_{ср6} = 1,65 \cdot 229,6 = 378,8 \text{ МН/м}^2$$

$$p_{ср7} = 1,32 \cdot 262,4 = 346,4 \text{ МН/м}^2$$

$$p_{ср8} = 1,26 \cdot 303,4 = 382,3 \text{ МН/м}^2$$

$$p_{ср9} = 1,07 \cdot 344,4 = 368,5 \text{ МН/м}^2$$

$$p_{cp10} = 1,01 \cdot 360,8 = 364,4 \text{ МН/м}^2$$

8. Визначаємо площу контактної поверхні

$$F = \frac{bn - 1 + bn}{2} l \quad (2.20)$$

$$F_{\text{дуо}} = \frac{1130 + 1141}{2} \cdot 133,5 = 151589 \text{ мм}^2$$

$$F_1 = \frac{1141 + 1160}{2} \cdot 130,5 = 150485 \text{ мм}^2$$

$$F_2 = \frac{1160 + 1148}{2} \cdot 117,5 = 135595 \text{ мм}^2$$

$$F_3 = \frac{1148 + 1138}{2} \cdot 79,5 = 90869 \text{ мм}^2$$

$$F_4 = \frac{1138 + 1140}{2} \cdot 64,9 = 73921 \text{ мм}^2$$

$$F_5 = \frac{1140 + 1140}{2} \cdot 58,9 = 67146 \text{ мм}^2$$

$$F_6 = \frac{1140 + 1140}{2} \cdot 37,8 = 43092 \text{ мм}^2$$

$$F_7 = \frac{1140 + 1140}{2} \cdot 21,6 = 24624 \text{ мм}^2$$

$$F_8 = \frac{1140 + 1140}{2} \cdot 15,7 = 17898 \text{ мм}^2$$

$$F_9 = \frac{1140 + 1140}{2} \cdot 11,1 = 12654 \text{ мм}^2$$

$$F_{10} = \frac{1140 + 1140}{2} \cdot 9,6 = 10944 \text{ мм}^2$$

9. Визначаємо зусилля прокатк

$$P = P_{cp} \cdot F \quad (2.21)$$

$$P_{\text{дуо}} = 36,1 \cdot 0,151 = 5,45 \text{ МН}$$

$$P_1 = 52,2 \cdot 0,150 = 7,83 \text{ МН}$$

$$P_2 = 75,7 \cdot 0,135 = 10,22 \text{ МН}$$

$$P_3 = 85,3 \cdot 0,0908 = 7,74 \text{ МН}$$

$$P_4 = 129,3 \cdot 0,0739 = 9,55 \text{ МН}$$

$$P_5 = 243,5 \cdot 0,0671 = 16,33 \text{ МН}$$

$$P_6 = 378,8 \cdot 0,0430 = 16,28 \text{ МН}$$

$$P_7 = 346,4 \cdot 0,0246 = 8,52 \text{ МН}$$

$$P_8 = 382,3 \cdot 0,0178 = 6,8 \text{ МН}$$

$$P_9 = 368,5 \cdot 0,0126 = 4,64 \text{ МН}$$

$$P_{10} = 364,4 \cdot 0,0109 = 3,97 \text{ МН}$$

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку зусилля прокатки

№	t, °C	k, МН/м <sup>2</sup>	l, мм	n'σ	P <sub>сп</sub> , МН/м <sup>2</sup>	F, м <sup>2</sup>	P, МН
Дуо	1250	90,2	133,5	0,40	36,1	151589	5,45
1	1240	98,4	130,8	0,53	52,2	150485	7,83
2	1220	106,6	117,5	0,71	75,7	135595	10,22
3	1180	131,2	79,5	0,65	85,3	90869	7,74
4	1140	155,8	64,9	0,83	129,3	73921	9,55
5	1100	180,4	58,9	1,35	243,5	67146	16,33
6	1000	229,6	37,8	1,65	378,8	43092	16,28
7	940	262,4	21,6	1,32	346,4	24624	8,52
8	860	303,4	15,7	1,26	382,3	17898	6,8
9	800	344,4	11,1	1,07	368,5	12654	4,64
10	770	360,8	9,6	1,01	364,4	10944	3,9

### 3 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА

### 3.1 Розрахунок валків на міцність

Розрахунок валків на міцність ведемо по максимальному зусиллю, яке виникає в п'ятому проході і складає 16,33 МН

$$\left( \frac{D_{\text{оп.}}}{D_{\text{р.}}} \right)^4 = \left( \frac{1,32}{0,94} \right)^4 = 4;$$

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

де  $P_{\text{мак.}}$  – максимальне зусилля прокатки,  $P_{\text{мак.}} = 16,33$  МН;

$$P_{\text{р.}} = \frac{16,33}{1+4} = 3,266 \text{ МН};$$

$$P_{\text{оп.}} = P_{\text{мак.}} - P_{\text{р.}} \quad (3.1)$$

$P_{\text{р.}}$  – зусилля прокатки яке сприймають робочі валки,  $P_{\text{р.}} = 0,035$  МН;

$$P_{\text{оп.}} = 16,33 - 3,266 = 13,06 \text{ МН};$$

1. Визначаємо момент прокатки

$$M_{\text{пр.}} = P \cdot \psi \cdot \sqrt{R_s \times \Delta h_s}, \text{ МН} \cdot \text{м} \quad (3.2)$$

де  $P$  – зусилля прокатки, МН;  $\Psi$  – коефіцієнт, який показує частину від довжини осередку деформації складає плече прикладання сили  $\psi = 0,5$ ;  $R$  – радіус робочих валків, згідно з технічною характеристикою обладнання стана;  $\Delta h$  – абсолютний обтиск метала, згідно попереднього розрахунку;

$$M_{\text{пр.}} = 16,33 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{0,450 \cdot 0,0112} = 0,58 \text{ МН}\cdot\text{м};$$

## 2. Визначаємо момент тертя

$$M_{\text{тер.}} = P \cdot \text{доп.} \cdot f_y \cdot \frac{D_p}{D_{\text{оп}}}, \text{ МН}\cdot\text{м} \quad (3.3)$$

де  $d_{\text{оп.}}$  – діаметр шийки опорного валка, згідно з технічною характеристикою обладнання стана  $d_{\text{оп.}} = 750$  мм;

$D_p$ ,  $D_{\text{оп.}}$  – діаметри бочки відповідно робочого і опорного валків, згідно з технічною характеристикою обладнання стана  $D_p = 940$  мм,  $D_{\text{оп.}} = 1320$  мм;

$$M_{\text{тер.}} = 16,33 \cdot 0,75 \cdot 0,005 \cdot \frac{0,94}{1,32} = 0,044 \text{ МН}\cdot\text{м};$$

## 3. Визначаємо обертаючий момент

$$M_{\text{об.}} = M_{\text{пр.}} + M_{\text{тер.}} + M_{\text{н}}, \text{ МН}\cdot\text{м} \quad (3.4)$$

$$M_{\text{об.}} = 0,58 + 0,044 = 0,624 \text{ МН}\cdot\text{м};$$

4. Визначаємо максимальний згинаючий момент в середині бочки опорного валка

$$M_{\text{зг. оп.}} = \frac{P_{\text{оп.}}}{4} \cdot \left( a - \frac{b}{2} \right), \text{ МН/м}^2 \quad (3.5)$$

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

$$a = l_{б.оп.} + \frac{l_{ш.оп1}}{2} + \frac{l_{ш.оп2}}{2} \quad (3.6)$$

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

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

$$a = 2,44 + \frac{1050}{2} + \frac{1050}{2} = 2,38 \text{ м};$$

$$M_{зг.оп.} = \frac{13,06}{4} \cdot \left(2,38 - \frac{1,144}{2}\right) = 5,9 \text{ МН/м}^2;$$

5. Визначаємо напруження вигину в бочці опорного валка

$$\sigma_{б.оп.} = \frac{M_{зг.оп.}}{0,1 \cdot D^3}, \text{ МН/м}^2 \quad (3.7)$$

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

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

$$\sigma_{б.оп.} = \frac{5,9}{0,1 \cdot 1,32^3} = 25,65 \text{ МН/м}^2;$$

6. Визначаємо напруження вигину в шийці опорного валка

$$\sigma_{ш.оп.} = \frac{P_{оп.} \times l_{ш.}}{0,4 \times d^3}, \text{ МН/м}^2 \quad (3.8)$$

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

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



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

$$\sigma_{\text{ш.оп}} = \frac{13,06 \cdot 1050}{0,4 \cdot 750^3} = 8,13 \text{ МН};$$

7. Визначаємо запас міцності опорного валка

$$n_{\text{оп.}} = \frac{[\sigma]}{\sigma_{\text{ш.оп}}} \quad (3.9)$$

де  $\sigma_{\text{в.}}$  – межа міцності матеріалу валка на вигин;

$\sigma_{\text{ш.оп.}}$  – напруження вигину в шийці опорного валка, МН/м<sup>2</sup>;

$$n_{\text{оп.}} = \frac{820}{8,13} = 100,9 > 4;$$

8. Визначаємо відстань між опорами валків:

$$a = L + \frac{l_{\text{ш}}}{2} + \frac{l_{\text{ш}}}{2} \quad (3.10)$$

$$a = 1680 + \frac{700}{2} + \frac{700}{2} = 2380 \text{ мм} = 2,38 \text{ м}$$

9. Визначаємо максимальний момент згину в небезпечному перетині валка:

$$M_{\text{зг}} = \frac{P}{4} \cdot \left( a - \frac{b}{2} \right) \quad (3.11)$$

$$M_{\text{зг}} = \frac{16,33}{4} \cdot \left( 2,38 - \frac{1144}{2} \right) = 2,33 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

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

$$\delta = \frac{M_{зг}}{0,1D^3} \quad (3.12)$$

$$\delta = \frac{M_{зг}}{0,1D^3} = \frac{2,33}{0,1 \cdot 0,94^3} = 28,05 \text{ МН/м}^2$$

11. Визначаємо запас міцності в небезпечному перетині бочки валка:

$$[\delta] = \frac{\sigma_{\varepsilon}}{\sigma_{\varepsilon}} \quad (3.13)$$

$$[\delta] = \frac{820}{28,05} = 29,23$$

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

$$\delta_{ш} = \frac{P \cdot l}{0,4 \cdot d^3} \quad (3.14)$$

$$\delta_{ш} = \frac{16,33 \cdot 0,0589}{0,4 \cdot 700^3} = 7,01 \text{ МН/м}^2$$

13. Визначаємо напругу кручення в шийці валка при обертанні:

$$\tau_{ш} = \frac{M_{об}}{0,2d^3} \quad (3.15)$$

$$\tau_{ш} = \frac{0,624}{0,2 \cdot 0,700^3} = 9,09 \text{ МН/м}^2$$

14. Визначаємо результуюче навантаження в небезпечному перетині:

$$\delta_{рез} = 0,37\sigma_{ш} + 0,625\sqrt{\sigma_{ш}^2 + 4\tau^2} \quad (3.16)$$

$$\delta_{рез} = 0,37 \cdot 7,01 + 0,625\sqrt{7,01^2 + 4 \cdot 9,09^2} = 14,8 \text{ МН/м}^2$$

15. Визначаємо запас міцності в небезпечному перетині шийки валка:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_s}{\sigma_{\text{рез}}} \quad (3.17)$$

$$[\sigma] = \frac{820}{14,8} = 55,4$$

### 3.2 Розрахунок продуктивності стана

1. Визначаємо масу сляба

$$Q = h_0 b_0 l_0 \rho = 0,165 \cdot 1,13 \cdot 4,5 \cdot 7,85 = 6,59 \text{ т}$$

2. Визначаємо довжину розкату в чорновій групі клітей по проходах

$$L_1 = L_0 \cdot \mu_1 \quad (3.18)$$

$$L_{\text{дво}} = L_0 \cdot \mu_{\text{дво}} = 4,5 \cdot 1,31 = 5,89 \text{ м}$$

$$L_1 = L_{\text{дво}} \cdot \mu_1 = 5,89 \cdot 1,4 = 8,25 \text{ м}$$

$$L_2 = L_1 \cdot \mu_2 = 8,25 \cdot 1,6 = 13,2 \text{ м}$$

$$L_3 = L_2 \cdot \mu_3 = 13,2 \cdot 1,6 = 21,12 \text{ м}$$

$$L_4 = L_3 \cdot \mu_4 = 21,12 \cdot 1,64 = 34,64 \text{ м}$$

3. Визначаємо довжину розкату в чистовій групі клітей по проходах

$$L_5 = 34,64 \cdot 2,1 = 72,74 \text{ м}$$

$$L_6 = 72,74 \cdot 1,84 = 133,84 \text{ м}$$

$$L_7 = 133,84 \cdot 1,4 = 187,38 \text{ м}$$

$$L_8 = 187,38 \cdot 1,25 = 171,73 \text{ м}$$

$$L_9 = 171,73 \cdot 1,14 = 195,77 \text{ м}$$

$$L_{10} = 195,77 \cdot 1,12 = 219,26 \text{ м}$$

4. Визначаємо час прокатки в чорновій групі клітей по проходах

$$t_{\text{мдуо}} = \frac{5,89}{0,4} = 14,7 \text{ с}$$

$$t_{M1} = \frac{l_1}{V_1} = \frac{8,25}{1,23} = 6,7 \text{ с}$$

$$t_{M2} = \frac{l_2}{V_2} = \frac{13,2}{1,33} = 9,9 \text{ с}$$

$$t_{M3} = \frac{l_3}{V_3} = \frac{21,12}{1,14} = 18,5 \text{ с}$$

$$t_{M4} = \frac{l_4}{V_4} = \frac{34,64}{1,30} = 26,6 \text{ с}$$

5. Визначаємо час прокатки в чистовій групі клітей по проходах

$$t_{M5} = \frac{l_5}{V_5} = \frac{72,74}{1,70} = 42,8 \text{ с}$$

$$t_{M6} = \frac{l_6}{V_6} = \frac{133,84}{3,19} = 41,9 \text{ с}$$

$$t_{M7} = \frac{l_7}{V_7} = \frac{187,38}{4,39} = 42,7 \text{ с}$$

$$t_{M8} = \frac{l_8}{V_8} = \frac{177,78}{5,48} = 31,3 \text{ с}$$

$$t_{M9} = \frac{l_9}{V_9} = \frac{195,77}{6,27} = 33,2 \text{ с}$$

$$t_{M10} = \frac{l_{10}}{V_{10}} = \frac{219,26}{8} = 27,4 \text{ с}$$

6. Визначаємо ритм прокатки

$$t_n = 60 \text{ с, } 35 - 60 \text{ с на основі хронометричних даних}$$

$$T = t_{\text{МО}} + t_n \quad (3.19)$$

$$T = 27,4 + 60 = 87,4 \text{ с}$$

7. Визначаємо продуктивність стана

$K_1$  – коефіцієнт використання обладнання = 0,98

$K_2$  – витратний коефіцієнт = 1,015

$$A = 3600 \frac{Q}{T \cdot K_1} K_2 = 3600 \frac{10}{87,4 \cdot 1,015} \cdot 0,98 = 397,7 \text{ т/Г}$$

8. Визначаємо середньогодинну продуктивність

$$A_{\text{CP}} = \frac{1}{\frac{\varphi_1}{A_{CT}^1} + \frac{\varphi_2}{A_{CT}^2} + \frac{\varphi_3}{A_{CT}^3} + \frac{\varphi_4}{A_{CT}^4}} \quad (3.20)$$

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

$A_{CT}^1, A_{CT}^2, \dots, A_{CT}^n$  - продуктивність стану по придатному при прокатці відповідних профілів або марок сталі, т/Г

Таблиця 3.1 – Середньогодинна продуктивність

№	Марка сталі	Обсяг виробництва, $\varphi$ , %	Продуктивність, $A$ , т/Г
1	08кп	23,7	441,9
2	08пс	31,6	425,6
3	Ст 3	27,4	423,2
4	65Г	17,3	397,7

$$P_{\text{CP}} = \frac{1}{\frac{0,237}{441,3} + \frac{0,316}{425,6} + \frac{0,274}{423,2} + \frac{0,173}{397,7}} = 423,4 \text{ т/Г}$$

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, направлених на збереження життя, здоров'я і працездатності людини в процесі трудової діяльності (стаття 1 закону «Про охорону праці» за редакцією від 21.11.2002).

Правовою основою законодавства з охорони праці є Конституція України, Закон України: „ Про охорону праці "(2002), „ Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування, " Про охорону здоров'я ", Кодекс Законів про працю (КЗпП).

Основним нормативно-правовим актом з охорони праці в прокатному виробництві є: НПА ОП 27.1-1.04-09 „ Правила охорони праці в прокатному виробництві підприємств металургійного комплексу ”.

### 4.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації стану БТЛС 1680

На ділянках стану основними потенційно небезпечними виробничими чинниками є: електричний струм, статична електрика, уламки металу й окалини, що відлітають, пересування електромостових кранів і транспортних візків, частини механізмів клітей, що обертаються, рух штаби й листів по лінії стану, пересування рулонів по конвеєрах. Крім цього, необхідно передбачити міри безпеки при експлуатації і ремонтах основного і допоміжного устаткування прокатного стану, агрегатів різного призначення.

Основними джерелами виділень тепла у прокатному цеху є нагрівальні пристрої (печі відпальні, закалочні печі), метал, що охолоджується після ТО, а також газові горілки призначені для підігріву валків.

У прокатному цеху широко використовують енергію електричного струму для приводу клітей і допоміжного устаткування. Тому питання

захисту від ураження електричним струмом у проекті прокатного цеху мають велике значення.

У прокатних цехах найбільш часто зустрічаються наступні причини ураження електричним струмом: безпосереднє зіткнення з відкритими струмоведучими частинами і кабелями, помилкова подача напруги під час ремонтів і оглядів електричного устаткування, зіткнення з устаткуванням чи конструкцією, що випадково виявилися під напругою, і ін.

Заходи безпеки щодо експлуатації машин і механізмів.

Прокатні цехи включають різноманітні машини і механізми, призначені для: власне деформації металу, його транспортування, обробки, підготовки до прокатування і пакування готової продукції. Ці машини і механізми при експлуатації представляють для персоналу основну потенційну небезпеку, тобто можливість отримання механічних травм. При проектуванні прокатного устаткування повинні враховуватися вимоги безпеки до машин.

#### **4.2 Технічні рішення з санітарії та гігієни праці на дільниці**

Виробнича санітарія - це система організаційних, гігієнічних і санітарно-технічних заходів і засобів, що запобігають дії на робітників шкідливих виробничих чинників.

Виробнича санітарія базується на нормативно-правових актах - СанНиП та СНиП.

Мікроклімат в робочій зоні приміщення визначається ГОСТ 12.1.005-88 "Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху в рабочей зоне".

Відповідно до нього відносна вологість повітря приймається в межах 35-60% при температурі 18-20 °С; рух повітря повинен складати 0,1-0,2 м/с. Температура повітря в цеху повинна бути не більше ніж на 5 °С вище температури зовнішнього повітря і не повинна перевищувати 28 °С. У холодний час вологість не повинна перевищувати - 75%, а в літнє - 60%. У

зимовий період часу швидкість руху повітря не повинний перевищувати 0,2-0,3 м/с, у літнє 0,3-1 м/с.

При фізичних роботах оптимальна температура 14 – 17 °С.

Температура повітря на ділянці прокатного стану в теплий період року складає 38 °С, що перевищує норму на 10 °С.

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

У холодний період року на ділянці прокатного стану відносна вологість 40%, що є нормою. У теплу пору року при температурі повітря на ділянці прокатного стану 18 – 25 °С вологість повітря дорівнює 45%, що є нормою.

У холодний період року в цеху швидкість руху повітря дорівнює 0,2 - 0,3 м / с, а в літній час 0,3 - 1 м / с.

У цеху організований правильний питний режим для зменшення надмірної втрати організмом води і солей, встановлені автомати газованої води і білково-вітамінного напою, який містить необхідні організму вітаміни, солі.

Гігієна праці — наука, що вивчає дію трудового процесу і навколишнього виробничого середовища на організм людини. Людина постійно знаходиться у взаємозв'язку з навколишнім середовищем. В період трудової діяльності працівників на здоров'я впливають шкідливі фізичні, хімічні і психофізіологічні чинники технологічних процесів: гази, що виділяються в повітряне середовище, пари, пил, тепло, шуми, вібрації; різні види випромінювань (інфрачервоні, світлові, ультрафіолетові, електромагнітні і ін.).

Сукупність практичних заходів, заснованих на наукових положеннях гігієни праці, називається виробничою санітарією. До неї відносяться: обладнання приміщень вентиляцією, опалюванням, оснащення вбиралень, душових, вмивальних і інших санітарно-побутових приміщень; впорядкування і зміст території підприємства; забезпечення працівників індивідуальними засобами захисту; запобігання забруднення навколишнього



середовища рідинами, газами, парами, димами, випромінюваннями, шумами і тому подібне

У системі законодавства щодо гігієни праці ключове місце займає Закон України "Про забезпечення санітарного і епідеміологічного благополуччя населення".

#### *4.2.1 Мікроклімат*

Мікроклімат у виробничих приміщеннях характеризується атмосферним тиском, температурою, вологістю і швидкістю руху повітря, а також інтенсивністю теплового випромінювання.

Мікроклімат істотно впливає на протікання життєвих процесів в організмі людини і є важливою характеристикою гігієнічних умов праці.

Оптимальними (комфортними) вважаються такі умови, при яких мають місце найвища працездатність і добре самопочуття. Допустимі мікрокліматичні умови передбачають можливість напруженої роботи механізму терморегуляції, яка не виходить за межі можливостей організму, а також дискомфортні відчуття.

Для зменшення тепловипромінювання необхідно максимально знижувати температуру джерел променистого тепла. Для захисту працівників від тепловипромінювання разом із зменшенням інтенсивності випромінювання встановлюють між джерелами тепловипромінювання і працівниками екрани або завіси, що затримують інфрачервону радіацію, виготовлених з листової сталі або алюмінію, теплове випромінювання затримується повністю. Екрани з листового металу, підшитого азбестом, зменшують інтенсивність опромінювання, тому їх рекомендується виконувати багат шаровими з повітряними проміжками між окремими шарами і покривати алюмінієвою фарбою.

Ефективними заходами фізіологічного і гігієнічного характеру є гідропро-цедури і організація раціонального питного режиму .

В умовах гарячих робіт організм людини втрачає багато вологи в результаті потовиділення. Так, якщо в нормальних умовах в стані спокою чоловік за добу втрачає - при випаровуванні поту 0,6—0,7 л води, то при гарячих роботах втрати води досягають 6—7 л за зміну.

#### 4.2.2 Склад повітря робочої зони

У прокатних цехах при нагріванні металу, його прокатуванні виділяються шкідливі речовини: металевий пил, пари металів і різних речовин. При гарячій прокатці листової сталі в повітрі станових прольотів міститься пил у виді роздробленої окалини. У відділеннях нагрівальних печей виділяються продукти згоряння палива і т.д. Тому розробка заходів захисту від шкідливих речовин у виробничих приміщеннях прокатних цехів є важливим завданням.

Гранична допустима концентрація згідно ГОСТ 12.1005-88 "Загальна вимога до повітря робочої зони".

Карта умов праці ЦГПТЛ № 05-0947 07.07.2009

Марганцю оксиди - 0,1812 мг/м<sup>3</sup> ГДК = 0,3 мг/м<sup>3</sup>

Ангідрид серністий - 6,2716 мг/м ГДК = 10 мг/м<sup>3</sup>

Азоту диоксид - 1,1981 мг/м<sup>3</sup> ГДК - 2 мг/м<sup>3</sup>

Вуглецю оксид – 8,2 мг/м<sup>3</sup> ПДК = 20 мг/м<sup>3</sup>

Заліза оксид – 7,0074 мг/м<sup>3</sup> ПДК = 6 мг/м<sup>3</sup>

Пил з вмістом вільного диоксиду кремнію (2-10%) – 14,8257 мг/м<sup>3</sup>

ПДК = 4 мг/м

Шум – 99,2 дБА ПДК = 80 дБА

Температура влітку - 38 °С максимальна 27 °С

Інфрачервоне випромінювання - 5210Вт/м<sup>2</sup> ПДУ=140Вт/м<sup>2</sup>

Виробничий пил на ділянці прокатний стан утворюється в результаті прокатування металу.

При роботі в запилених місцях необхідно застосовувати респіратори, постійно користуватися протишумними вкладишами.

Контроль за змістом пилу в повітрі робочих приміщень проводиться ваговим методом.

#### *4.2.3 Виробниче освітлення*

Незадовільне освітлення служить причиною травматизму, негативно впливає на зір працюючих і знижує продуктивність праці. Для уникнення цього потрібно забезпечити відповідне освітлення цеху, як в денний час, так і в нічний час доби.

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

Коефіцієнт природної освітленості дорівнює 3.

Враховуючи запиленість вікон в цеху необхідно очищати їх від пилу і бруду не рідше 4-х разів на рік, для чого будівлю треба забезпечити пристроями для доступу до верхніх ярусів вікон і ліхтарів.

Штучне освітлення в цеху здійснюється люмінесцентними лампами. У цеху застосовують загальне освітлення. Освітленість у цеху не менше 200 лк, що є нормою.

Крім робочого освітлення в цеху встановлено аварійне освітлення, яке призначене для безперервного обслуговування стану та обладнання в разі відмови в дії робочого освітлення, а також для безперешкодного виходу назовні у разі аварії. Аварійне освітлення підключено до незалежного джерела електроенергії.

Для раціонального розподілу світлового потоку ламп застосовується освітлювальна арматура. У цеху застосовуються світильники прямого світла, що підвішуються на значній висоті.

Контроль за станом освітленості проводять за допомогою люксометрів.

#### 4.2.4 Виробничий шум

Надмірний шум надає шкідливий вплив на здоров'я працівників, сприяє виникненню травматизму і знижує продуктивність праці. Робота в умовах підвищеного шуму протягом всього дня викликає стомлення слухових органів. Тривала дія шуму, що перевищує допустимі норми, приводить до втрати слуху. Шум високих тонів негативно впливає на органи, керівники рівновагою людини в просторі. Виробничий шум представляє собою хаотичне поєднання комплексів простих звуків, які викликають неприємне суб'єктивне відчуття, особливо при шумі високих частот.

Правильне нормування гранично допустимої гучності виробничого шуму має важливе значення. Санітарними нормами (3223 - 85) встановлені граничні рівні звукового тиску на робочих місцях у виробничих приміщеннях і на території підприємств. Допустимий рівень шуму складає 80 Дб, фактичний рівень шуму на прокатному стані складає 99,2 Дб.

Основним джерелом шуму є прокатка металу та механічне обладнання прокатного стану.

Заходи щодо зменшення рівня шуму полягають в звукоізоляції обладнання; використання ізолюючих прокладок та амортизаторів; використання звукоізолюючих та звукопоглинаючих матеріалів; використанні інструменту і пристосувань з рукоятками з еластичних матеріалів і застосуванні засобів індивідуального захисту у вигляді антифонів, протишумних вкладишів, спеціальних протишумних навушників.

Вимірювання інтенсивності виробничих шумів здійснюється шумомірами, заснованими на перетворенні звукової енергії в електричну. Дію ультразвуку значної інтенсивності представляє серйозну небезпеку для здоров'я і навіть для життя людини. Характерні ознаки дії ультразвуку при експлуатації устаткування, що генерує ультразвуки виражаються в появі передчасної втоми, головного болі і болі у вухах, блювоти.

#### *4.2.5 Виробничі вібрації*

Вібрації (струси) – коливання тіл з частотою менше 20-16 Гц.

При підвищенні частоти коливань віброуючих тіл виникає і шум. Тривала дія струсів великої частоти і амплітуди викликає вібраційну хворобу, яка вражає нервово-м'язову і серцево-судинну системи людини і призводить до пошкодження суглобів. При цьому може бути повна втрата працездатності.

Для вимірювання вібрації користуються приладами, що вимірюють вібрацію неелектричними методами, і приладами, що перетворюють механічні коливання в електричні. Для вимірювання вібрації у виробничих умовах широко використовуються віброщупи, що відносяться до приладів неелектричного типу. Прилади, що перетворюють механічні коливання в електричні, забезпечують високу точність.

Заходи щодо захисту від шуму і вібрації: а) заміна виробничих процесів, що викликають шум і вібрації, іншими менш гучними процесами б) раціоналізації виробничого устаткування (наприклад, заміна сталевих частин, що сполучаються, деталями, виготовленими з інших матеріалів: пластмас, текстоліту і т. ін.) в) застосування звукоізолюючих кожухів для закриття особливо гучного устаткування або ізоляції устаткування від виробничих приміщень; г) застосування звукоізолюючих і звукопоглинальних матеріалів (бетонна стіна поглинає тільки 0,5% шуму, цегляна 3,2%, а стіна, обшита повстю завтовшки 50 мм, 70% шуму);

#### *4.2.6 Виробничі випромінювання*

Ряд виробничих процесів у чорній металургії супроводжується впливом на працюючих інфрачервоного, видимого, ультрафіолетового та іонізуючого випромінювання. Надмірна яскравість в прокатному цеху

викликає явище тимчасової сліпимості і негативно впливає на світлочутливі елементи сітківки очей людини.

На стані БТЛС 1680 основними джерелами інфрачервоного випромінювання є методичні печі та прокатка гарячого металу.

Для захисту працівників від тепловипромінювання встановлюють між джерелами тепловипромінювання і працюючими екрани або ланцюгові завіси, що затримують інфрачервону радіацію. Для попередження сліпимості працюючих потрібно застосовувати окуляри з кольоровими скельцями (світлофільтрами).

### **4.3 Протипожежна безпека**

Правовою основою діяльності в області пожежної безпеки є Конституція, Закон України "Про пожежну безпеку". Згідно ДСТУ 2272-93 пожежна безпека об'єкту забезпечується системою запобігання пожежі, системою пожежного захисту і заходами організаційного характеру.

За всіх умов повинні бути забезпечені пожежна безпека об'єкту і безпека людей. Забороняється виконувати виробничі операції на устаткуванні при відключених контрольно-вимірювальних приладах, по яких визначаються задані режими температури, тиск, витрати і інші технологічні параметри.

Технологічний персонал стану зобов'язаний контролювати місця падіння в процесі транспортування і прокатки зливків окалини, що відлітає, і бризок шлаку, і негайно приймати заходи по запобіганню і ліквідації загоряння.

Не допускається протока масел, скупчення промаслених обтиральних і інших горючих матеріалів в зоні можливого падіння окалини і шлаку при прокатці.

Не допускається ведення фарбувальних робіт в становому прольоті під час прокатки.

#### *4.3.1 Технічні рішення системи запобігання пожежі*

До основних умов попередження пожежі відносяться запобігання утворення горючого середовища і появи джерел запалення. Пожежі відбуваються унаслідок наступних основних причин: нераціонального проектування металургійних цехів, технологічних процесів, агрегатів і устаткування без належного урахування вимог пожежної безпеки; порушення режимів технологічних процесів; нераціонального пристрою і неправильної експлуатації електромереж і електроустаткування; самозагоряння; порушення елементарних вимог пожежної безпеки.

На стані БТЛС 1680 основними джерелами виникнення пожеж є:газопроводи для транспортування газу до методичних печей, мастилонасоси та мастилопроводи, мастильні тунелі та підвали, трубопроводи для подачі кисню до машини вогневої зачистки, утворення горючого середовища унаслідок накопичення відпрацьованого мастила, електроустаткування.

Пожежний захист забезпечується застосуванням негорючих або важкогорючих речовин, обмеженням кількості горючих речовин і ізоляцією горючого середовища, виключити можливість витоку газу або кисню в робочу зону, своєчасне виявлення та усунення горючих середовищ, використання автоматичної пожежної сигналізації.

Також запобігання пожежі здійснюється за рахунок застосування ефективних засобів пожежогасіння, організацією безперешкодної евакуації людей, використанням засобів колективного і індивідуального захисту, протидимного захисту, застосуванням засобів сигналізації і зв'язку з організацією пожежної охорони об'єкту.

#### *4.3.2 Технічні рішення системи протипожежного захисту*

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

Протипожежний перетин влаштовують для попередження поширення пожежі. До них відносяться вогнетривкі перекриття та протипожежні стіни.

Протипожежні розриви між будівлями і спорудами призначаються в залежності від ступеня вогнестійкості будівель і категорії вибухопожежонебезпеки виробництв.

За вибуховою, вибухопожежною та пожежною небезпекою виробництво поділяється на 5 категорій, що позначаються літерами А, Б, В, Г, Д.

При проектуванні виробничих будинків передбачають можливість безперешкодного виходу з приміщень при виникненні пожеж, вибухів та інших аварій. Шляхи евакуації повинні бути мінімальної довжини.

Основна небезпека пожеж від електричних пристроїв виникає під час займання ізоляції дротів та короткого замикання. Основною причиною займання ізоляції є перегрів дротів.

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



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

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

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

Вуличні пожежні гідранти повинні забезпечуватися добре видимою табличкою з написом, наприклад «ПГ № 1». У зимову пору року під'їзди до них повинні регулярно очищатися від снігу. Розпорядженням по цеху призначаються особи відповідальні за стан пожежних гідрантів. Будь-який працівник який помітив або почув сигнали пожежної сигналізації, повинен негайно повідомити про це черговому електрику, майстру або майстру зміни, при відсутності таких, будь-якому інженерно-технічного працівника і діяти надалі відповідно до його вказівок.

На ділянці «прокатний стан» передбачено наявність пожежних щитів з інвентарем до складу якого входить: відро, лопата, багор і ящик з піском. На пожежному щиті повинно знаходитися 2 пінних вогнегасника типу ВПП - 10, а в машинному залі 2 вуглекислотних вогнегасники ВВ-8. Кількість вогнегасників повинно відповідати нормам: один вогнегасник на 600 м<sup>2</sup>.

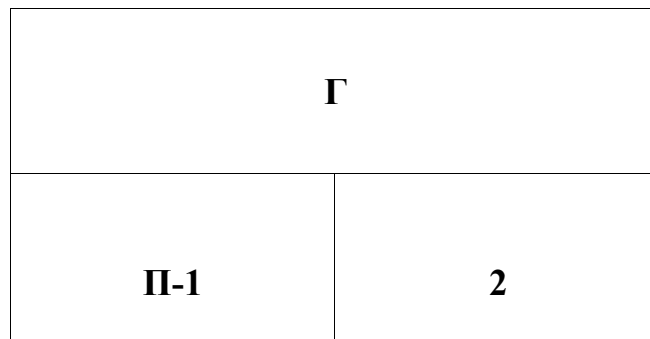


Рисунок 4.1 – Знак пожежонебезпеки цеху гарячої прокатки тонкого листа

#### 4.4 Захист навколишнього середовища в прокатному виробництві

Охорона навколишнього середовища на підприємстві характеризується комплексом вжитих заходів, які спрямовані на попередження негативного впливу діяльності підприємства на навколишнє середовище, що забезпечує сприятливі та безпечні умови праці. Для охорони навколишнього середовища на підприємстві проводяться заходи для зниження рівня забруднень, що виробляється підприємством:

Виявлення, оцінка, постійний контроль та обмеження викиду шкідливих елементів в атмосферу.

Розробка нормативно-правових актів та комплексу природоохоронних заходів.

Крім екологічної безпеки об'єкта (охорона навколишнього середовища на підприємстві) не менш важлива і безпека життєдіяльності на підприємстві. У це поняття входить комплекс організаційних і технічних засобів для запобігання негативного впливу виробничих факторів на працівників. Крім техніки безпеки праці робітники повинні дотримуватися правил з технічних вимог і нормативів підприємства, а також підтримувати санітарно-гігієнічні норми і мікроклімат на робочому місці.

Основними принципами охорони навколишнього природного середовища є:

пріоритетність вимог екологічної безпеки, обов'язковість додержання екологічних стандартів, нормативів та лімітів використання природних ресурсів при здійсненні господарської, управлінської та іншої діяльності;

гарантування екологічно безпечного середовища для життя і здоров'я людей;

запобіжний характер заходів щодо охорони навколишнього природного середовища;

екологізація матеріального виробництва на основі комплексності рішень у питаннях охорони навколишнього природного середовища,

використання та відтворення відновлюваних природних ресурсів, широкого впровадження новітніх технологій;

обов'язковість екологічної експертизи;

гласність і демократизм при прийнятті рішень, реалізація яких впливає на стан навколишнього природного середовища, формування у населення екологічного світогляду;

науково обґрунтоване нормування впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє природне середовище;

компенсація шкоди, заподіяної порушенням законодавства про охорону навколишнього природного середовища;

встановлення екологічного податку, збору за спеціальне використання води, збору за спеціальне використання лісових ресурсів, плати за користування надрами відповідно до Податкового кодексу України.

## ВИСНОВКИ

У загальній частині ми розглянули характеристику цеху та обладнання, ознайомилися з обладнанням яке використовують на стані БТЛС 1680, марки сталі та розміри прокату. Детально ознайомилися з технологічним процесом, видами дефектів.

У технологічній частині ми розглянули основні заходи щодо впровадження регульованого охолодження штаби у чистовій групі клітей БТЛС 1680 в умовах ЦГПТЛ ПАТ «Запоріжсталь».

У розрахунковій частині провели чотири розрахунки. Перший розрахунок режиму обтисків. Другий розрахунок зусилля прокатки. Третій розрахунок валків на міцність. Четвертий розрахунок продуктивності стану.

У частині охорони праці ми визначили небезпечні та шкідливі фактори, розглянули інструкції щодо безпечного ведення робіт. Також розглянули вплив на навколишнє середовище.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Данченко В. М., Гринкевич В. О., Головка О. М. Теорія процесів обробки металів тиском: підручник. Дніпропетровськ : Пороги, 2008. 370 с.
2. Кухар В.В., Аніщенко О. С., Присяжний А. Г. Основи експериментальних методів дослідження процесів обробки металів тиском : навчальний посібник. Маріуполь : ПДТУ, 2019. 234 с.
3. Серета Б.П. Прокатне виробництво. Навчальний посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2008. 312 с.
4. Серета Б.П. Прокатне виробництво. Навчальний посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2009. 344 с.
5. Тарасенко В. М., Калюжний В. Л. Використання метода граничних елементів в математичному моделюванні процесів обробки металів тиском. *Технологические системы*. 2005. № 5- 6 (31-32). С.77-79.
7. Гожій С. П. Засади і проблеми використання ресурсозберігаючих технологій обробки металів тиском. *Технологические системы*. 2006. № 2 (34). С. 64-68.
8. Горбатенко В. В. Вдосконалення структури сплавів для валків дрібносортових прокатних станів з метою підвищення їх експлуатаційної стійкості : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.14.06. Донецьк, 2006. 20 с.
9. Нахайчук О. В., Огородніков В. А., Музичук В. І., Деревенько І. А. Діагностування матеріалів для технічних експертиз та процесів обробки металів тиском. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2007. № 6 (75). С. 102-110.
10. Стріченко С. М. Удосконалення технологій та обладнання процесів обробки металів тиском, які використовуються при безперервному литті сортових заготовок : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.03.05 : захищ. 18.05.12. Луганськ, 2012. 20 с.

11. Клочко О. Ю. Підвищення експлуатаційних властивостей валків з високохромистого чавуну легуванням та термічною обробкою : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.02.01 : захищ. 14.06.12. Харків, 2012. 21 с.

12. Волчук В. М. Розробка наукових основ формування та оцінки механічних властивостей сортопрокатних чавунних валків для підвищення їх зносостійкості : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.02.01 : захищ. 21.05.15. Дніпропетровськ, 2015. 38 с.

13. Хімін В. М., Федьков Г. О. Конструкції агрегатів цехів обробки металів тиском. Обладнання цехів обробки металів тиском : метод. посіб. для студентівЗДІА спец. 7.090404, 8.090404 "Металургія" / ЗДІА. Запоріжжя : ЗДІА, 2006. 78 с. : іл., табл.

14. Проценко В. М. Калібровка, обтискне та сортове виробництво : метод. вказівки до практич. занять, курс. проекту (роботи) і самост. роботи для студентів ЗДІА, що навчаються за спец. 136 "Металургія" (спеціалізація "ОМТ"), на першому (бакалавр.) рівні вищ. освіти ден. та заоч. форм навчання / ЗДІА. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 57 с. : іл., табл.

15. Серета Б. П. Обробка металів тиском : навч. посіб. для внз. Запоріжжя : ЗДІА, 2009. 343 с. : іл., табл.

16. Серета Б. П., Кругляк І. В., Жеребцов О. А., Белоконь Ю. О. Обробка металів тиском при нестационарних температурних умовах : монографія. Запоріжжя : ЗДІА, 2009. 250 с. : іл., табл.

17. Сивак І. О. Розвиток прикладної теорії деформуємості металів та її застосування для аналізу та удосконалення процесів обробки тиском : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.03.05: захищ. 25.04.01. Краматорськ, 2001. 36 с.

18. Серета Б. П., Прицип М. Г., Кругляк І. В., Кругляк Д. О. Технологія процесів обробки металів тиском : навч.-метод. посіб. для студ. ЗДІА спец. 6.05040104 "Обробка металів тиском" / МОНМС України, ЗДІА. Запоріжжя : ЗДІА, 2012. 161 с.

19. Серода Б. П., Критська Т. В., Жеребцов О. А. Дослідження та вдосконалення процесів обробки металів тиском : навч.-метод. посіб. для студентів ЗДІА спец. 6.05040104 "Обробка металів тиском" /ЗДІА. Запоріжжя : ЗДІА, 2012. 122 с.

20. Теорія обробки металів тиском: навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА спеціальності 6.05040104 «Обробка металів тиском» /Серода Б. П., Белоконь Ю. О., Оніщенко А. М.; Запоріз. держ. інж. акад. Запоріжжя: ЗДІА, 2012. 132 с.

21. Белоконь Ю. О., Бондаренко Ю. В., Проценко В. М., Явтушенко А. В., Кругляг Д. О. , Проценко В. М., Явтушенко А. В., Кругляг Д. О. Вдосконалення технології сортової прокатки дуплексної неіржавкої сталі з метою поліпшення якості металу. *Металургия*. 2021. Вип. 2. С. 75-79.

22. В.І. Кошель, Г.П. Сав'юк, Б.С. Дзундза Основи охорони праці. навчально-методичний посібник для студентів вищих навчальних закладів педагогічного напрямку – Івано-Франківськ: НАІР, 2020. – 182 с.

23. В.І. Голінько Основи охорони праці: підручник. М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с