

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  
(перший (бакалаврський) рівень)

на тему Розробка режиму прокатки штаби розмірами 0,3×430 мм зі сталі 08Ю на неперервному стані холодної прокатки 450

Виконав: студент 3 курсу, групи 6.1360-с

*Сичов Віктор Сергійович*

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

136 Металургія

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

освітньо-професійна програма

Металургія

(шифр і назва)

Керівник Белоконь Ю.О.

(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. Белоконь

“ 29 ” 12 2022 року

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

Сичов Віктор Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекта) Розробка режиму прокатки штаби розмірами 0,3×450 мм зі сталі 08Ю на неперервному стані холодної прокатки 450

керівник роботи (проекту) Белоконь Юрій Олександрович д.т.н, професор  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 29.12.2022 року №1894-с

2. Строк подання студентом роботи (проекта) 19.05.2023

3. Вихідні дані до роботи (проекта) Визначення режиму прокатки штаба 0,3×430 мм, сталь – 08Ю, підкат – 0,6х380 мм, стан – НСХП 450.

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 15 слайдах (на 15 сторінках)*

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
<i>Загальна частина</i>	<i>Белоконь Ю.О. завідувач кафедри</i>	
<i>Технологічна частина</i>	<i>Белоконь Ю.О. завідувач кафедри</i>	
<i>Механічна частина</i>	<i>Белоконь Ю.О. завідувач кафедри</i>	
<i>Охорона праці та техногенна безпека</i>	<i>Белоконь Ю.О. завідувач кафедри</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>12.06-18.06.23</i>	
2	<i>Реферат</i>	<i>12.06-18.06.23</i>	
3	<i>Загальна частина</i>	<i>15.05-21.05.23</i>	
4	<i>Технологічна частина</i>	<i>22.05-28.05.23</i>	
4	<i>Механічна частина</i>	<i>29.05-04.06.23</i>	
5	<i>Охорона праці та техногенна безпека</i>	<i>05.06-11.06.23</i>	
6	<i>Висновки</i>	<i>12.06-18.06.23</i>	

Студент \_\_\_\_\_ В. С. Сичов  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) \_\_\_\_\_ Ю.О. Белоконь  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: 51 с., 4 рис., 10 табл., 27 літературних джерела.

ПРОКАТКА, ЖЕРСТЬ, СТАН, КЛІТЬ, РІЗНОТОВЩИННІСТЬ, ПРОФІЛЬ, РЕГУЛЮВАННЯ, ЕНЕРГОСИЛОВІ ПАРАМЕТРИ

Метою кваліфікаційної роботи є розробка заходів щодо підвищення якості жерсті та розрахунок режиму деформації і енергосилових параметрів при прокатуванні штаби 0,3x430 мм зі сталі 08Ю.

Об'єкт дослідження – неперервний стан 450.

В загальній частині проекту описані: технологічний процес та механічне обладнання цеху, виявлені "вузькі місця" та запропоновані заходи щодо їх усунення.

В технологічній частині розглянуті деформаційні та енергосилові параметри прокатки, які можуть виникнути при виробництві жерсті 0,3x430 мм.

В механічній частині описано конструкцію головної лінії клеті та наведені розрахунки на міцність її деталей.

В частині «Охорона праці та техногенна безпека» описані основні заходи щодо безпечних умов праці на стані.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	7
1.1 Характеристика цеху.....	7
1.2 Технічна характеристика обладнання стану.....	8
1.3 Сортамент стана і марки сталей.....	10
1.4 Технологічний процес прокатки.....	12
1.5 Види браку та засоби їх усунення .....	14
1.6 Розробка заходів щодо підвищення якості жерсті.....	17
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	22
2.1 Розрахунок режиму обтисків.....	22
2.2 Розрахунок зусилля прокатки.....	26
3 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА.....	33
3.1. Розрахунок зусилля прокатки.....	33
3.2 Визначення годинної продуктивності.....	40
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....	43
4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів.....	43
4.2 Заходи щодо охорони навколишнього середовища.....	44
4.3 Правила безпечного виконання робіт.....	46
ВИСНОВКИ.....	48
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	49

## ВСТУП

На сучасному етапі розвитку прокатного виробництва основною тенденцією слід рахувати освоєння і впровадження у виробництво принципово нової техніки і технології, що забезпечує разом зі збільшенням обсягу виробництва, – підвищення якості листової сталі. Одним з напрямів в області підвищення якості листової сталі є поліпшення її планшетності (рівності поверхні).

Найбільш актуальна проблема отримання планшетної форми при прокатці штаб на широкоштабових станах, а також при прокатці найтонших штаб, стрічок, жерсті, фольги. Проте, незважаючи на успіхи, що маються, в області поліпшення форми прокатуваних штаб, деякі принципово важливі питання залишаються маловивченими. Наприклад, не до кінця з'ясованим є механізм порушення форми заднього і переднього кінців штаби, недостатньо розроблені методи оцінки і контролю форми штаб, відсутній універсальний метод регулювання форми, у тому числі в системах автоматичного регулювання профілю і форми (САРПФ) і т. п.

У зв'язку з вищевикладеним на сучасному етапі розвитку прокатного виробництва найбільш актуальними є наступні завдання:

- розробка досконаліших методів оцінки планшетності штаб;
- вдосконалення прокатного устаткування;
- створення нових клітей і вузлів валків з регульованим профілем проміжку між валкового зазору;
- впровадження систем автоматичного регулювання поперечного профілю і форми штаб(САРПФ);
- освоєння нової технології прокату штаб з планшетною формою.

## 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

### 1.1 Характеристика цеху

Заснований - 4 квітня 1939 р., Чисельність за станом на 14.05.2023 - 1371 осіб.

Цех складається з 6-ти основних технологічних відділень: травильних, прокатне, термічне, відділення обробки, відділення з виробництва жерсті і металів з покриттями і відділення з виробництва прокату з нержавіючих марок сталі (в даний час не працює).

Травильних відділення складається з трьох безперервних травильних агрегатів (НТА-1, 2, 3 і 4). прокатне відділення в своєму складі має три прокатні стани: безперервний 4-клітьовою стан «Тандем-1680»; реверсивний стан 1680 і реверсивний стан 1200. До складу термічного відділення входить 16 блоків (252 стенди) одностопних колпакових печей, опалювальних природним газом. Відділення обробки включає в себе дресування стани 1700-1, 1700-2 та «Кварто-1680», три агрегати поперечного різання (АПР-1, 2 і 3), два агрегати поздовжньої порізки (АПР-4 і 5). В склад відділення з виробництва жерсті і металів з покриттями входить комплекс обладнання (агрегати розпуску, прокатні стани, термічні печі, чистильно-мийні агрегати, дресування стани, агрегати гарячого лудіння), призначений для випуску чорної, білої жерсті і стрічки. Вихідною заготовлею для ЦХП є гарячекатані рулони з вуглецевої і низьколегованої сталі розмірами 2,0 ... 4,0x1000 ... 1500 мм.

Гарячекатані рулони надходять з ЦГП в травильних відділення, де в одному з безперервних травильних агрегатів проходять процес зняття окалини з поверхні (травлення). Потім в прокатному відділенні рулони прокочуються в холодному стані на задану величину на одному зі станів за існуючими режимами обтисень.

У термічному відділенні холоднокатані рулони піддаються світлого рекристалізаційного відпалу і передаються в відділення обробки. На дресирувальних станах холоднокатані рулони дресируються (прокочуються з невеликими обтисканнями), а потім, в залежності від замовлення, промаслюється і упаковуються на ділянці упаковки або без промаслювання передаються для подальшого переділу на агрегати поздовжньої або поперечної різання. на зазначених агрегатах рулони ріжуться на листи або розпускаються на більш вузькі смуги.

Продукція цеху: холоднокатаний прокат в листах і рулонах розмірами 0,5 ... 2,0x1000 ... 1500x2000 ... 2500 мм, жерсть в рулонах розмірами: 0,20 ... 0,40x120 ... 512 мм. Норма витрати металу на придатний прокат: 1092 - 1200 кг / т (залежно від марки сталі і виду продукції).

## 1.2 Технічна характеристика обладнання стану

Безперервний чотирьохклітєвий стан №450 складається з чотирьох послідовно розташованих робочих клітєй кварто і допоміжного обладнання: розмотувача барабанного типу на стані №450, прес-проводки перед першою клітєю для створення заднього натягу, пневматичних петледержателів між клітєями стану №450, моталки барабанного типу з гідравлічним зніманням рулонів.

Таблиця 1.1 - Характеристика електродвигунів приводу робочих валків

№ Кліть	Безперервний стан №1	
	Потужність двигуна, кВт	Число оборотів в хвилину
1	200	400/1200
2	200	400/1200
3	200	400/1250
4	200	400/1250



Рух до робочих валціям кожної кліті від вала електродвигуна передається через редуктор і шестеренних кліть.

Таблиця 1.2 - Передавальне число редукторів

№ Стана	Номер кліті			
	I	II	III	IV
1	4,52	3,42	3,02	2,39

Таблиця 1.3 - Характеристика валків прокатного стану

Найменування валка	Розміри валків, мм						
	Бочка			Шейка		Загальна довжина	Вага Валка
	діаметр		довжина	діаметр	довжина		
	мін.	макс.					
робочий	200	210	450	120	145	1370	200
опорний	480	520	450	260	170	1570	1200

Матеріал валків - легована сталь 9Х, 9ХСВФ, 9ХФ. Твердість валків в одиницях по Шору: робочих валків 95-100 (по групі А і по групі Б); опорних 60-85 по ГОСТ 3541-79.

Таблиця 1.4 - Число обертів робочих валків і швидкості прокатки

№ стана	№ кліті							
	I		II		III		IV	
	мін.	макс.	мін.	макс.	мін.	макс.	мін.	макс.
	Число обертів в хв.							
1	88,5	265	115	350	130	400	165	410
	Швидкість прокату, м/с							
1	0,95	2,85	1,25	3,75	1,45	4,25	1,8	4,4

Заправна швидкість на станах №450 - 0,5 м / с.

Опускання робочих і опорних валків здійснюється натискним пристроєм. Натискний пристрій стану №450 складається з 2 редукторів із загальним передавальним числом 1: 1260 і 2-х двигунів потужністю 3,0 кВт з числом оборотів 600-1800 об / хв. Швидкість переміщення натискних гвинтів при холостому ході 0,067-0,202 мм / с.

Урівноваження робочих валків здійснюється пружинами. Верхній опорний валок переміщається у вертикальному напрямку разом з механізмами натискного пристрою.

Для охолодження валків і смуги, а також для подачі технологічного мастила стани обладнані водяний і масляної системами. Охолодження валків і смуг проводиться технічною водою.

Намотування смуги в рулон здійснюється намотувачем барабанного типу з приводом від електродвигуна через редуктор. Діаметр барабана моталки - 400 мм. Розтиснення барабану від гідроциліндра діаметром 250 мм, хід плунжера 60 мм при тиску в гідросистемі 50 кг / см<sup>2</sup>.

Таблиця 1.5 - Характеристика електродвигунів приводу і передавального числа редукторів моталки

№ стана	Потужність двигуна, кВт	Число обертів в хвилину	Передавальне число редукторів
1	55	300-1500	7,314

### 1.3 Сортамент стана і марки сталей

Для виробництва чорної жерсті і стрічки застосовується сталь марок 08пс, 08Ю. Жерсть для гарячого лудіння виготовляється зі сталі марки 08пс. Хімічний склад сталей наведено в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Хімічний склад сталей для виробництва жерсті і стрічки.

Марка сталі	Вміст елементів, %							
	С	Mn	кремній	S	P	хром	нікель	мідь
			Не більше					
08пс	0,05-0,08	0,25-0,40	0,03	0,03	0,02	0,10	0,15	0,15
08Ю	0,07	0,35	0,03	0,025	0,020	0,03	0,06	0,06

Жерсть (без покриття) і стрічка можуть виготовлятися і з інших марок сталей в межах встановленої спеціалізації (65Г по ТІ 226-ОБЗ-06-09, Ст3пс по ТІ 226-ОБЗ-11-09 та ін.). Рулони підкату жерсті і стрічки повинні відповідати вимогам внутрікомбінатовського стандарту СТП 226.06.01-05. Розміри підкату жерсті і стрічки в залежності від замовлень (таблиця 1.7). Таблиця 1.7 - Вимоги до геометричних параметрів підкату для жерсті та стрічки.

h, мм	b, мм	Граничні відхилення, мм			Телескопичність не більше, мм	Внутр. діаметр рулонів, мм	Зовнішній діаметр рулону, мм
		По товщині	По ширині				
			З обрізної кромкою	З не обрізної кромкою			
0,5	900-1050	+0,05 -0,02	+5	+20	20	760	900-1400
0,6	900-1050	+0,02 -0,05	+5	+20	20	760	900-1400
0,7	900-1050	+0,02 -0,05	+5	+20	20	760	900-1400
0,8	900-1050	+0,02 -0,05	+5	+20	20	760	900-1400

Підкат для стрічки може бути інших розмірів в межах встановленої спеціалізації. Маса рулонів підкату:

- одинарного - 4,5-6,0 т;
- подвійного - 9,0-12,0 т.

Рулони підкату повинні мати чітке маркування, що вказує номер рулону, номер плавки, розмір смуги і номер бригади, прокатати метал. Маркування наноситься фарбою, лаком або маркером на зовнішньому витку рулону. Рулони повинні бути упаковані по колу однієї сталевий смужкою.

Напрямок підкату жерсті і стрічки на агрегат подовжнього розпуску проводиться відповідно до графіка-завданням ПДБ ЦХП-1

### **1.4 Технологічний процес прокатки**

Рулони, що підлягають холодній прокатки, електромостового краном подаються в приймальний похилий жолоб (перед станом), а потім поштучно подаються на люльку розмотувача. Кінці задаються в стан смуг уважно оглядаються і при наявності дефектних ділянок (загнуті кути, великі задирки і т.п.) обов'язково обрізаються. У процесі прокатки поверхню валків повинна бути чистою, без вад. Незначні дефекти повинні бути зачищені. При появі грубих дефектів валки замінюються.

Планова перевалка робочих валків клітей №2 і №3 на стані проводиться через 16 годин роботи; робочих валків кліті №4 - через 8 годин; робочих валків кліті №1 - через 24 години.

Опорні валки всіх клітей замінюються по мірі їх вироблення, але не пізніше, ніж після прокатки 2000т металу. Після перевалки опорних і робочих валків, або тільки робочих валків, обов'язково проводиться перевірка робочих валків на паралельність. Налаштування валків на паралельність здійснюється шляхом здачі води на обертові робочі валки по всій довжині їх бочки з передньої сторони стану. Валки при подачі води зближуються за допомогою натискних пристроїв і вважаються встановленими паралельно, якщо ширина струменя води, яка просочується між валками, однакова по краях робочих валків. Подальша настройка

робочих валків ведеться по амперметрів, встановленим на пультах управління кожної кліті. Робочі валки налаштовані, якщо величина струму двигунів лівого і правого натискних гвинтів по амперметрів однакова і не перевищує 40 А. При припинення прокатки валки обов'язково звільняються від навантаження і розлучаються до отримання зазору між робочими валками (для більш рівномірного охолодження). Подача води на валки припиняється.

Передній кінець смуги заправляється в валки першої кліті. Завдання смуги в наступні кліті виробляється на заправній швидкості. Після створення натягу смуги моталкою на смугу заводиться безконтактний толщиномер. Після досягнення необхідної товщини смуги закладається паперова відмітка і стан переводиться на нормальний режим роботи.

Для досягнення нормальних і постійних умов прокатки натяг смуги між клітями безперервного стану №450 має бути практично постійним.

При прокатці технологічна мастило підводиться з передньої сторони кожної кліті стану (крім кліті №4) і за допомогою розпилювачів рівномірно наноситься на обидві сторони поверхні смуги. Охолодження валків здійснюється водою з заднього боку клітей, а на четвертій кліті - з передньої. При короткочасній зупинці стану подача мастила автоматично припиняється. Для запобігання попадання води на смугу (щоб уникнути іржавіння металу на наступних переділах) на верхній опорний валок кліті №4 зверху встановлюється проводка з гумовими прокладками, яка перешкоджає попаданню води з бочки опорного валка на поверхню смуги, а також за кліттю №4 встановлюється повітряний відсікач, який би видалення води з поверхні смуги. Сопло колектора має бути направлено в щілину між верхнім робочим валком і смугою. Перед виходом заднього кінця смуги з розмотувача стан переводиться на заправну швидкість. Після виходу заднього кінця смуги з розмотувача стан зупиняється; обрізається смуга між клітями №2 і №3, а також між клітями №3 і №4; включенням натискного пристрою валки клітей №2, 3 і 4 піднімаються і смуга віддаляється з клітей, після чого робочі валки встановлюються в початкове по режиму обтиску для

даного розміру становище - для приймання наступної смуги. У разі розриву смуги між клітьми рваний кінець необхідно обрізати, після чого дозволяється завдання смуги в валки. Місце обриву смуги на моталці має бути зазначено закладкою папери в місці виходу на необхідну товщину. Видалення різнотовщинних решт (внутрішнього і в підмотці) проводиться на дискових ножицях. На кожному прокатати рулоні перед зняттям з моталки обрізається різнотовщинний зовнішній кінець, потім рулон обв'язується по колу сталевий смужкою. За допомогою візка з гідروприводом рулон знімається з барабана моталки і скочується в приймальний жолоб.

### 1.5 Види браку та засоби їх усунення

Можливі дефекти при прокатці, причини утворення та способи запобігання наведені в таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Можливі дефекти, причини утворення та способи запобігання

№	Найменування дефекту	Причина утворення дефекту	Способи запобігання і усунення дефекту
1	Коробоватість	Місцевий перегрів бочки валків	Інтенсивно охолодити перегріту частину бочки валків
		Велика початкова опуклість робочих валків	Провести перевалку робочих валків
		Малі обтиску в даному проході	Збільшити обтиснення в даному проході
		Порушення правильної установки осей робочих валків у вертикальній площині	Провести перевалку валків з відповідним підбором подушок з базових розмірами і встановити осі робочих валків у вертикальній площині

Продовження таблиці 1.8

№	Найменування дефекту	Причина утворення дефекту	Способи запобігання і усунення дефекту
2	Хвилястість	Надмірне обтиснення	Зменшити обтиснення
		Велика вироблення бочки валка або недостатня опуклість валків	Провести перевалку валків
		Перекіс роликів лупперов або опорних роликів перед моталкой	Усунути перекіс роликів лупперов і опорних роликів
3	Відбитки	Попадання на смугу дрібних сторонніх часток (крихти металу і ін.)	Дотримуватись чистоти на стані
		Навар або раковини на бочці валків	Зачистити валки або зробити перевалку валків
		Проходження через валки складок, загнутих крайок	Не допускати в прокатку смуги зі складками, загнутими краями, з сильно вираженими на поверхні плямами відпалу
		Недостатнє затискання пресами	Здійснювати рівномірний притиснення смуги пресами
		Відсутність натягу між клітьми	Постійно підтримувати необхідний натяг між клітьми
4	Поздовжні подряпини	Попадання металеві крихти в прес-проводки	Замінити або почистити прес-проводки

Продовження таблиці 1.8

№ п/п	Найменування дефекту	Причина утворення дефекту	Способи запобігання і усунення дефекту
5	Розкачане забруднення (сажа, чорні точки)	Налипання шару відпрацьованої (окисленої) мастила на обладнання стану	Подавати слабким струменем воду в зів валків для видалення скопилася відпрацьованої мастила
		Низька якість мастила для прокатки	Заправити в систему якісну мастило
		Нерівномірний розподіл мастила по всій ширині смуги	Прочистити форсунки
		Мала витрата мастила	Збільшити витрату мастила
		Забруднення прес-проводки	Замінити прес-проводки
6	Поперечна різнотовщинність	Прокатка широких смуг після вузьких без перевалки робочих валків	Провести перевалку робочих валків; провести ретельну настройку робочих валків
		Осьовий зсув одного з робочих валків під час прокатки	Провести ретельну настройку робочих валків
		Вироблення опорних валків при тривалій прокатці вузьких смуг з подальшим переходом на прокатку більш широких смуг	Провести перевалку опорних валків



Продовження таблиці 1.8

№ п/п	Найменування дефекту	Причина утворення дефекту	Способи запобігання і усунення дефекту
7	Поздовжня різнотовщинність	Різнотовщинність вихідного підкат	Замінити підкат
		Неправильне показання толщиномера	Своєчасно перевіряти правильність показання толщиномера за зразком або ж по контрольному товщиномірів
		Вигин валка	Замінити опорні валки
8	Плями іржі	Попадання води на поверхню смуги на прокатних станах при змотування на моталку	Своєчасно проводити чистку сопел сушильних апаратів; не допускати попадання води на поверхню смуги при змотування на моталках прокатних станів
		Іржаві плями на підкаті жерсті	Рулони підкату зі слідами іржі в виробництво не ставити

### 1.6 Розробка заходів щодо підвищення якості жерсті

Для зменшення неплоскостності штаби на стані 550 необхідно обладнати системою автоматичного регулювання профілю і форми штаби (САРПФ). Система включає профіледетектор, блоки управління формою штаби, систему гідрозгину робочих валків і 5-ти секційну систему охолодження валків. Профіледетектор (стрессометр) є датчиком САРПФ. Він є роликком, набраним з деякої кількості контактних кілець. У кожне кільце вмонтовані по 4-ри месдозы, контакти яких виведені на контактні кільця осі стрессометра (рис. 1.1).

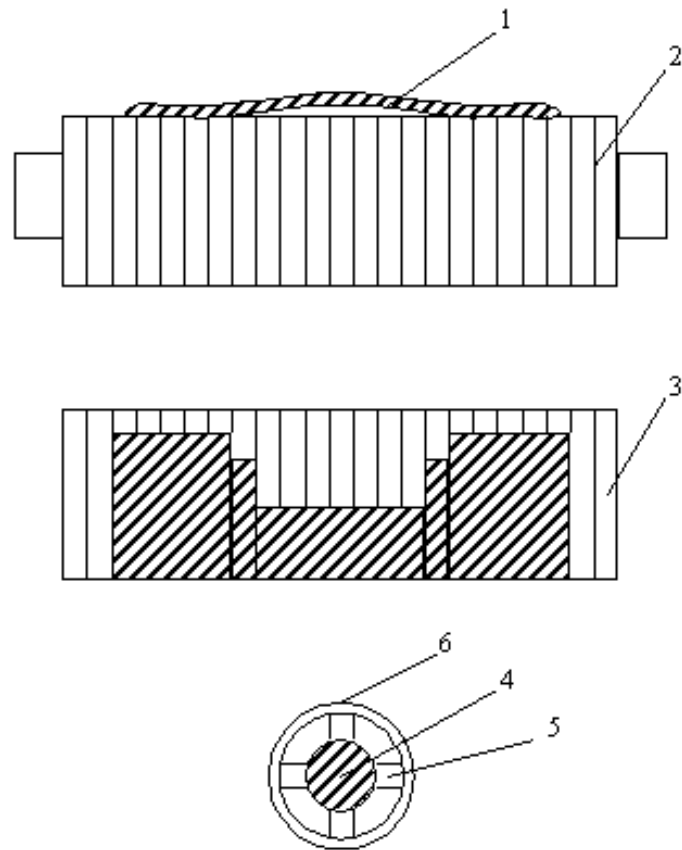


Рисунок 1.1 – Схема механічного профіледетектора (стрессометра): штаба з коробоватістю; 2 - секцій ролика; 3 - свідчення на дисплеї; 4 - осі ролика; 5 - месدوزи; 6 - контактні кільця.

Стрессометр встановлюється за останньою кліткою стану замість направляючого ролика. Таким чином, при сталому процесі прокатування штаба повністю спирається на цей ролик і чинить тиск на всі секції розташовані під нею. При цьому в задіяних секціях ролика виробляється сигнал, що поступає в блоки управління. За наявності місцевої неплщинності величина сигналу у відповідних секціях змінюється.

Система гідровигину валів є виконавчим механізмом в САРПФ. Система гідровигину складається з системи противигину робочих валків та системи додаткового вигину робочих валків. Робочі валки мають циліндрову форму (або невелику профілізацію). Прогинання валків під дією тиску металу на валки зменшується шляхом примусового стрічного вигину

(противигину) (рис. 1.2) робочих валків при додатку розпираючих зусиль  $2F$  до їх шийок.

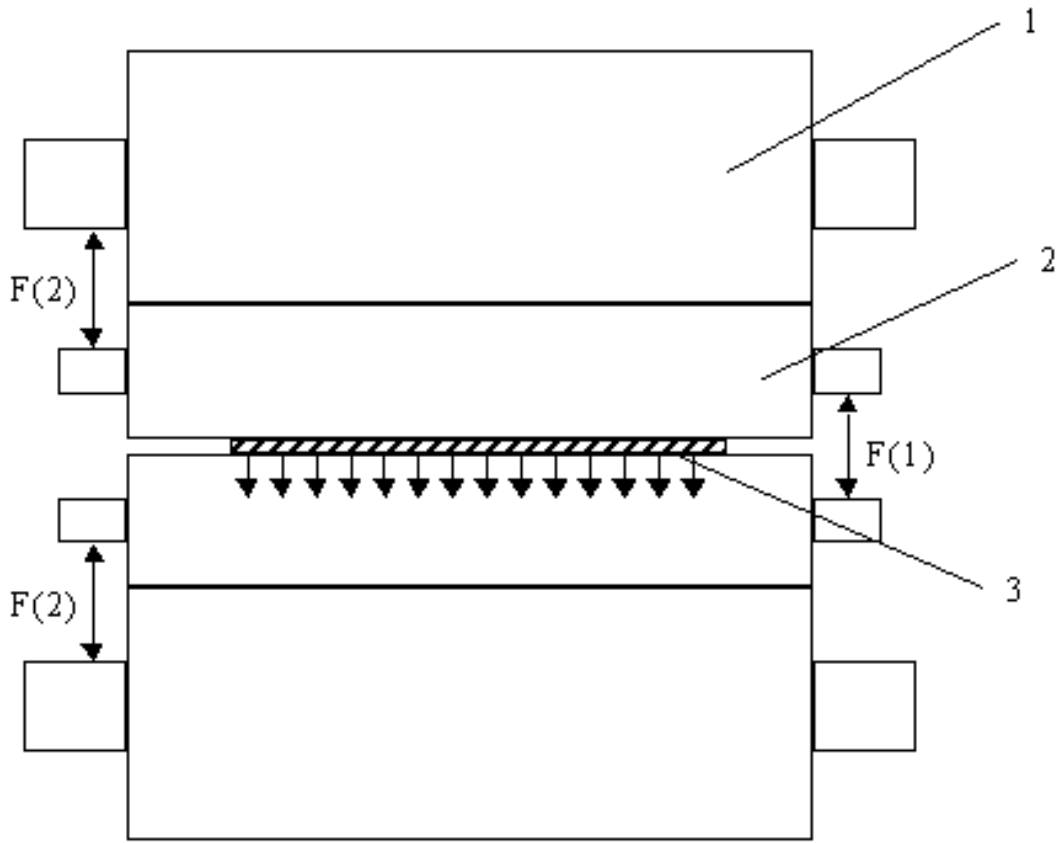


Рисунок 1.9 – Схема здійснення гідровигину робочих валків: 1 - вал опорний; 2- вал робочий; 3- штаби;  $F(1)$  - гідровигин робочих валків;  $F(2)$  - додатковий вигин робочих валків.

Гідравлічні циліндри розташовані в розточуваннях подушок нижнього робочого валку (рис. 1.2), а їх плунжери упираються в подушки верхнього робочого валку. Необхідне зусилля гідрораспору невелике ( $2F \approx 0,15 P$ ) [5], тому і габарити пристрою ( $d_y = 80 - 100$  мм при тиску рідини до 30 МПа) [5] невеликі. Під час холостого ходу стану цей пристрій виконує функції врівноважуючого пристрою верхнього робочого валку. Недоліком є необхідність від'єднання маслопроводів при зміні робочих валків з подушками. Регулювання противигину робочих валків найефективніше при прокатуванні штаби, коли відхилення її ширини до довжини бочки валків  $b/l < 0,7$ , тобто коли плече додатку розпираючих зусиль більше.

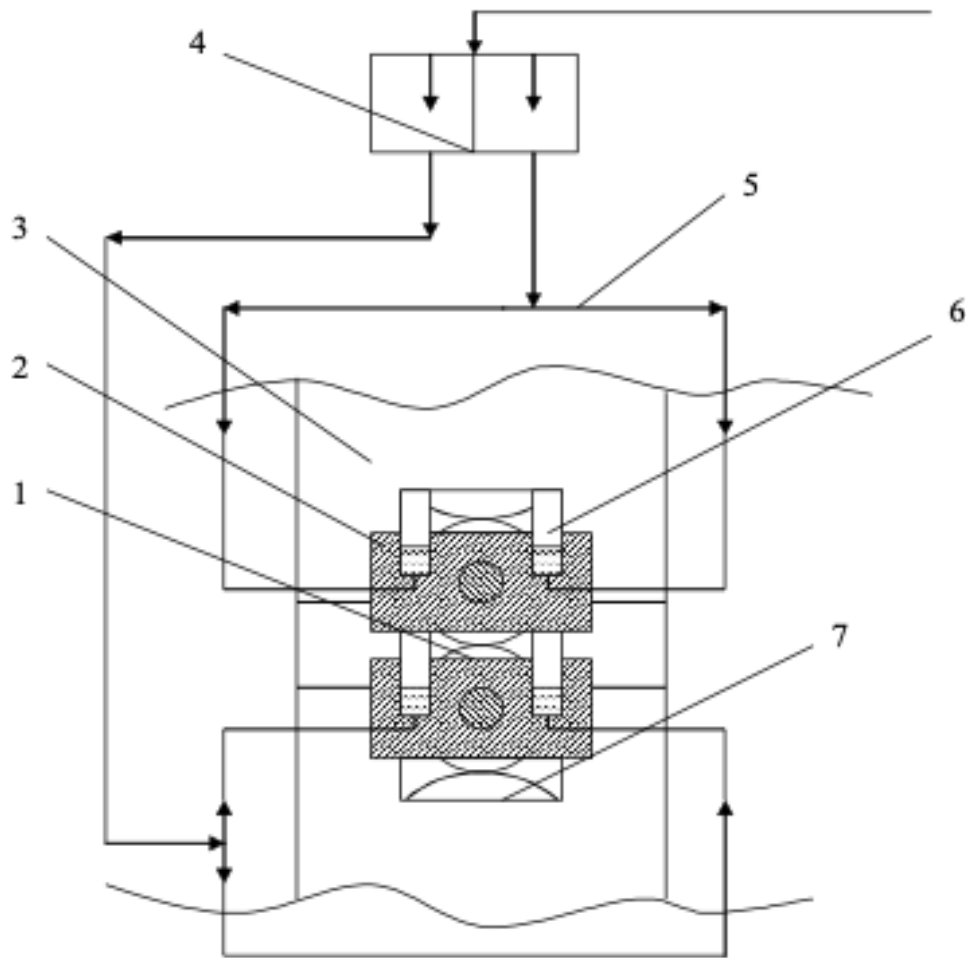


Рисунок 1.3 – Система гідровигину: 1 - робочі валки; 2- подушка робочих валків; 3- подушка опорних валків; 4-перикидний клапан; 5-магістралі подачі масла; 6- гідравлічні плунжери; 7- опорний вал.

Систему противигину застосовують для виправлення “красвої хвилі” (штаба з хвилястими краями). Для виправлення коробоватості застосовують систему додаткового вигину робочих валків.

Цю систему застосовують спільно з початковою опуклістю робочих валків. Гідравлічні циліндри системи розташовані в подушках верхніх робочих валків, а їх плунжера упираються в подушки верхніх опорних валків. Додатково до прогинання від дії тиску металу на валки робочі валки примусово згинаються в тому ж напрямі силами  $2F$  (рис. 1.2), прикладеними до їх шийок, при цьому бочкоподібний профіль валків в зоні контакту із штабою стає прямолінійним. Гідравлічні циліндри для додаткового вигину

винні включатися тільки після захоплення валками переднього кінця штаби. Спосіб є найбільш ефективним при плющенні широких штаб ( $b/l = 0,8 \div 0,9$ ), оскільки плече додатку сили  $F$ , відносно контакту бочкоподібного робочого валку з опорним є значним.

Тиск масла в системі гідровигину нагнітається за допомогою гідростанції (рис. 1.3). Станція складається з: резервуару- відстійника, ємкістю 650 літрів; гідронасос з електродвигуном і зворотним клапаном; запобіжний і регулювальний клапани; манометр; трубопроводи, що підводять і зливають; пробковий кран; гідравлічні циліндри.

Продуктивність насоса  $6,3 \text{ см}^3$ , привід від електродвигуна потужністю 7,5 кВт, 730 об/хв. Максимально допустимий тиск 350 атм. Кількість плунжерів 8 шт; діаметр плунжера - 60 мм. Робочий хід плунжера 40 мм. Діапазон регулювання тиску масла в гідравлічних циліндрах від 0 до 350 атм.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Розрахунок режиму обтисків

Початкові данні

$$h_0 \times b_0 = 0,6 \times 380 \text{ мм},$$

$$h_4 \times b_4 = 0,3 \times 430 \text{ мм}.$$

Марка сталі – 08Ю.

Визначаємо загальний коефіцієнт обтисків.

$$\eta_{\text{общ.}} = \frac{h_4}{h_0}$$

де  $h_4$  – кінцева товщина полоси, мм;

$h_0$  – початкова товщина полоси, мм.

$$\eta_{\text{общ.}} = \frac{0,22}{0,6} = 0,37$$

Визначаємо середній коефіцієнт обтисків.

$$\eta_{\text{ср.}} = \sqrt[n]{\eta_{\text{общ.}}}$$

де  $n$  – кількість проходів.

$$\eta_{\text{ср.}} = \sqrt[4]{0,37} = 0,779$$

Розподіляємо коефіцієнт обтисків по проходах таким чином, щоб виконувалось рівняння.

$$\eta_{\text{общ.}} = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times \eta_4$$

$$\eta_{\text{общ.}} = 0,777 \cdot 0,778 \cdot 0,781 \cdot 0,783 = 0,37.$$

Визначаємо товщину металу по проходах.

$$h_i = h_{i-1} \times \eta_i, \text{ мм}$$

где  $i$  - номер прохода;

$h_{i-1}$  - товщина металу до прохода, мм;

$h_i$  - товщина металу після проходу, мм;

$\eta_i$  - обтиск в проході.

$$h_1 = 0,6 \cdot 0,777 = 0,466 \text{ мм}$$

$$h_2 = 0,466 \cdot 0,778 = 0,363 \text{ мм}$$

$$h_3 = 0,363 \cdot 0,781 = 0,283 \text{ мм}$$

$$h_4 = 0,283 \cdot 0,783 = 0,221 \text{ мм.}$$

Визначаємо абсолютний обтиск.

$$\Delta h_1 = h_0 - h_1,$$

$$\Delta h_1 = 0,6 - 0,466 = 0,134 \text{ мм}$$

$$\Delta h_2 = 0,466 - 0,363 = 0,103 \text{ мм}$$

$$\Delta h_3 = 0,363 - 0,283 = 0,08 \text{ мм}$$

$$\Delta h_4 = 0,283 - 0,221 = 0,062 \text{ мм.}$$

Визначаємо відносний обтиск за прохід.

$$\epsilon_{hi} = \frac{h_{i-1} - h_i}{h_{i-1}} \cdot 100\%$$

$$\epsilon_{h1} = \frac{0,6 - 0,466}{0,6} \cdot 100\% = 22,3\%$$

$$\varepsilon_{h2} = \frac{0,466 - 0,363}{0,466} \cdot 100\% = 22,1\%$$

$$\varepsilon_{h3} = \frac{0,363 - 0,283}{0,363} \cdot 100\% = 22\%$$

$$\varepsilon_{h4} = \frac{0,283 - 0,221}{0,283} \cdot 100\% = 21,9\%$$

Визначаємо сумарний відносний обтиск.

$$\Sigma \varepsilon_h = \frac{h_0 - h_{i-1}}{h_0} \cdot 100\%$$

$$\Sigma \varepsilon_{h1} = \frac{h_0 - h_{11}}{h_0} \cdot 100\% = \frac{0,6 - 0,466}{0,6} \cdot 100\% = 22,3 \%$$

$$\Sigma \varepsilon_{h2} = \frac{h_0 - h_{12}}{h_0} \cdot 100\% = \frac{0,6 - 0,363}{0,6} \cdot 100\% = 39,5 \%$$

$$\Sigma \varepsilon_{h3} = \frac{h_0 - h_{13}}{h_0} \cdot 100\% = \frac{0,6 - 0,283}{0,6} \cdot 100\% = 52,8 \%$$

$$\Sigma \varepsilon_{h4} = \frac{h_0 - h_{14}}{h_0} \cdot 100\% = \frac{0,6 - 0,221}{0,6} \cdot 100\% = 63,2 \%$$

Визначаємо кут захоплення.

$$\alpha_i = \sqrt{\frac{\Delta h_i}{R}} \cdot 57,3, \text{ град}$$

где R – радіус робочих валків.

$$\alpha_1 = \sqrt{\frac{0,134}{103}} \cdot 57,3 = 2,1^\circ$$

$$\alpha_2 = \sqrt{\frac{0,103}{103}} \cdot 57,3 = 1,8^\circ$$



$$\alpha_3 = \sqrt{\frac{0,08}{103}} \cdot 57,3 = 1,6^\circ$$

$$\alpha_4 = \sqrt{\frac{0,062}{103}} \cdot 57,3 = 1,4^\circ$$

Визначаємо швидкість прокатки.

За умов сталості секундних об'ємів, маємо рівняння

$$h_1 \times v_1 = h_2 \times v_2 = h_3 \times v_3 = h_4 \times v_4$$

Приймаємо швидкість в останній кліті 4 м/с, тоді

$$V = \frac{h \times v}{h}$$

$$V_3 = \frac{h_4 \cdot v_4}{h_3} = \frac{0,221 \cdot 4,0}{0,283} = 3,1 \text{ м/с}$$

$$V_2 = \frac{h_3 \cdot v_3}{h_2} = \frac{0,283 \cdot 3,1}{0,363} = 2,4 \text{ м/с}$$

$$V_1 = \frac{h_2 \cdot v_2}{h_1} = \frac{0,363 \cdot 2,4}{0,466} = 1,9 \text{ м/с.}$$

Складаємо підсумкову таблицю.

Таблиця 2.1 - Результати розрахунку режиму обтисків.

№ прох.	Почат. товщн. $h_0$ , мм	Кінц. товщн. $h_1$ , мм	Абс. обт. $\Delta h$ , мм	Втн. обт. $\epsilon_h$ , %	Сум. одн.обт. $\Sigma \epsilon_h$ , %	Кут захв. $\alpha$ , °	Скор. Прок. $v$ , м/с
1	0,6	0,466	0,134	22,3	22,3	2,1	1,9
2	0,466	0,363	0,103	22,1	39,5	1,8	2,4
3	0,363	0,283	0,08	22	52,8	1,6	3,1
4	0,283	0,221	0,062	21,9	63,2	1,4	4,0

## 2.2 Розрахунок зусилля прокатки

Розрахунок зусилля прокатки вироблюваний по методу М. Стоуна :

$$P = p_{cp}/F,$$

де:  $p_{cp}$  - контактний тиск, МН/м<sup>2</sup>;

$F$  - площа контактної поверхні, мм<sup>2</sup>;

Визначаємо довжину осередка деформації.

$$l_n = \sqrt{R \times \Delta h}$$

$$l_1 = \sqrt{103 \cdot 0,134} = 3,7 \text{ мм}$$

$$l_2 = \sqrt{103 \cdot 0,103} = 3,3 \text{ мм}$$

$$l_3 = \sqrt{103 \cdot 0,08} = 2,9 \text{ мм}$$

$$l_4 = \sqrt{103 \cdot 0,062} = 2,5 \text{ мм.}$$

Визначаємо середню висоту осередка деформації.

$$h_{c_i} = \frac{h_{i-1} + h_i}{2},$$

$$h_{c_1} = \frac{0,6 + 0,466}{2} = 0,53 \text{ мм}$$

$$h_{c_2} = \frac{0,466 + 0,363}{2} = 0,41 \text{ мм}$$

$$h_{c_3} = \frac{0,363 + 0,283}{2} = 0,32 \text{ мм}$$

$$h_{c_4} = \frac{0,283 + 0,221}{2} = 0,25 \text{ мм.}$$

Визначаємо коефіцієнт тертя при сталому процесі прокатки.

$$f_{y_i} = K_{n_i} \cdot K_{f_i} \cdot \left(0,07 - \frac{0,1 \cdot v_i^2}{3 \cdot v_i^2 + 2 \cdot v_i + 2}\right),$$

де  $k_{fi}$  – коефіцієнт який враховує вплив мастила

У якості мастила використовують емульсію, концентрацією 2-4%

$$k_{fi} = 1$$

$k_{ni}$  – коефіцієнт, який враховую стан поверхні валків

$$k_{ni} = 1.$$

$$f_{y1} = 1 \cdot 1 \cdot \left(0,07 - \frac{0,1 \cdot 1,9^2}{3 \cdot 1,9^2 + 2 \cdot 1,9 + 2}\right) = 0,0678;$$

$$f_{y2} = 1 \cdot 1 \cdot \left(0,07 - \frac{0,1 \cdot 2,4^2}{3 \cdot 2,4^2 + 2 \cdot 2,4 + 2}\right) = 0,0676;$$

$$f_{y3} = 1 \cdot 1 \cdot \left(0,07 - \frac{0,1 \cdot 3,1^2}{3 \cdot 3,1^2 + 2 \cdot 3,1 + 2}\right) = 0,0674;$$

$$f_{y4} = 1 \cdot 1 \cdot \left(0,07 - \frac{0,1 \cdot 4,0^2}{3 \cdot 4,0^2 + 2 \cdot 4,0 + 2}\right) = 0,0672.$$

Визначаємо першу номографічну величину.

$$\delta_i = \left(\frac{f_{yi} \cdot l_i}{h_{ci}}\right)^2$$

$$\delta_1 = \left(\frac{0,0678 \cdot 0,0037}{0,53 \cdot 10^{-3}}\right)^2 = 0,224;$$

$$\delta_2 = \left(\frac{0,0676 \cdot 0,0033}{0,41 \cdot 10^{-3}}\right)^2 = 0,296 ;$$

$$\delta_3 = \left(\frac{0,0674 \cdot 0,0029}{0,32 \cdot 10^{-3}}\right)^2 = 0,373;$$

$$\delta_4 = \left(\frac{0,0672 \cdot 0,0025}{0,25 \cdot 10^{-3}}\right)^2 = 0,452.$$

За графіком залежності межі текучості від ступеня деформації

$$\begin{aligned} \delta_{i0} &= 240 \text{ Н/мм}^2 \text{ при } \sum \varepsilon_{h0} = 0\%, \\ \delta_{i1} &= 430 \text{ Н/мм}^2 \quad \sum \varepsilon_{h1} = 22,3\% \\ \delta_{i2} &= 550 \text{ Н/мм}^2 \quad \sum \varepsilon_{h2} = 39,5\% \\ \delta_{i3} &= 585 \text{ Н/мм}^2 \quad \sum \varepsilon_{h3} = 52,8\% \\ \delta_{i4} &= 615 \text{ Н/мм}^2 \quad \sum \varepsilon_{h4} = 63,2\%. \end{aligned}$$

$$\delta_i = (0,3 \div 0,35) \delta_{i0}$$

$$\delta_0 = 0,3 \cdot 240 = 72 \text{ Н/мм}^2$$

$$\delta_1 = 0,3 \cdot 430 = 129 \text{ Н/мм}^2$$

$$\delta_2 = 0,3 \cdot 550 = 165 \text{ Н/мм}^2$$

$$\delta_3 = 0,3 \cdot 585 = 176 \text{ Н/мм}^2$$

$$\delta_4 = 0,3 \cdot 615 = 185 \text{ Н/мм}^2$$

Визначаємо середній натяг переднього і заднього кінців смуги.

$$\delta_{cpi} = \frac{\delta_{i-1} + \delta_i}{2}$$

$$\delta_{cp1} = \frac{72 + 129}{2} = 101 \text{ Н/мм}^2$$

$$\delta_{cp2} = \frac{129 + 165}{2} = 147 \text{ Н/мм}^2$$

$$\delta_{cp3} = \frac{165 + 176}{2} = 171 \text{ Н/мм}^2$$

$$\delta_{cp4} = \frac{176 + 185}{2} = 181 \text{ Н/мм}^2.$$

Визначаємо другу номографічну величину.

$$2 \cdot \frac{R}{93000} \cdot \frac{f_{yi}}{h_{ci}} \cdot (1,15 \cdot \delta_{ti} - \delta_{cpi});$$

$$2 \cdot \frac{103}{93000} \cdot \frac{0,0678}{0,53} \cdot (1,15 \cdot 430 - 101) = 0,112;$$

$$2 \cdot \frac{103}{93000} \cdot \frac{0,0676}{0,41} \cdot (1,15 \cdot 550 - 147) = 0,177;$$

$$2 \cdot \frac{103}{93000} \cdot \frac{0,0674}{0,32} \cdot (1,15 \cdot 585 - 171) = 0,232;$$

$$2 \cdot \frac{103}{93000} \cdot \frac{0,0672}{0,25} \cdot (1,15 \cdot 615 - 185) = 0,311.$$

По номограмі М.Стоуна визначаємо значення величини  $X$ .

$$X_1 = 0,55 \quad X_3 = 0,82$$

$$X_2 = 0,69 \quad X_4 = 0,97.$$

Для отримання значення  $X$  знаходимо по таблиці значення функції  $n'_\sigma$

$$n'_{\sigma,1} = \frac{e^x - 1}{x_1} = 1,333$$

$$n'_{\sigma,3} = \frac{e^x - 1}{x_3} = 1,55$$

$$n'_{\sigma,2} = \frac{e^x - 1}{x_2} = 1,442$$

$$n'_{\sigma,4} = \frac{e^x - 1}{x_4} = 1,69.$$

Визначаємо довжину осередка деформації з урахуванням сплющування валків

$$l_{\text{сн.}} = \frac{x_i \times h_{ci.}}{f_{yi.}}, \text{ мм};$$

$$l_{\text{сн.1}} = \frac{0,55 \cdot 0,53}{0,0678} = 4,3 \text{ мм};$$

$$l_{\text{сн.2}} = \frac{0,69 \cdot 0,41}{0,0676} = 4,2 \text{ мм};$$

$$l_{\text{сн.3}} = \frac{0,82 \cdot 0,32}{0,0674} = 3,9 \text{ мм};$$

$$l_{\text{сн.4}} = \frac{0,97 \cdot 0,25}{0,0672} = 3,6 \text{ мм.}$$

Коефіцієнт, який враховує вплив зовнішніх зон.

$$k = \frac{\delta_{i-1} + \delta_{ii}}{2}, \text{ де } k - \text{ опір деформації.}$$

$$k_1 = \frac{240 + 430}{2} = 335 \text{ Н/мм}^2$$

$$k_2 = \frac{430 + 550}{2} = 490 \text{ Н/мм}^2$$

$$k_3 = \frac{550 + 585}{2} = 568 \text{ Н/мм}^2$$

$$k_4 = \frac{585 + 615}{2} = 600 \text{ Н/мм}^2.$$

Визначаємо коефіцієнт який враховує вплив натягу.

$$n''_{\delta n} = 1 - \frac{\delta_0 + \delta_{0-1}}{2 \times k_n \times 1,15}$$

$$n''_{\delta 1} = 1 - \frac{72 + 129}{2 \cdot 335 \cdot 1,15} = 0,74;$$

$$n''_{\delta 2} = 1 - \frac{129 + 165}{2 \cdot 490 \cdot 1,15} = 0,74;$$

$$n''_{\delta 3} = 1 - \frac{165 + 176}{2 \cdot 568 \cdot 1,15} = 0,74;$$

$$n''_{\delta 4} = 1 - \frac{176 + 185}{2 \cdot 600 \cdot 1,15} = 0,74.$$

Контактний тиск.

$$\rho_{\text{ср}i} = k_i \cdot nb_i \cdot n'_i \cdot n''_i \cdot n'''_i,$$

$$\rho_{\text{ср}1} = 335 \cdot 1,15 \cdot 1,333 \cdot 0,74 \cdot 1 = 380,0 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\rho_{cp2} = 490 \cdot 1,15 \cdot 1,442 \cdot 0,74 \cdot 1 = 601,3 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\rho_{cp3} = 568 \cdot 1,15 \cdot 1,55 \cdot 0,74 \cdot 1 = 749,2 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\rho_{cp4} = 600 \cdot 1,15 \cdot 1,69 \cdot 0,74 \cdot 1 = 862,9 \text{ Н/мм}^2.$$

Визначаємо площу контактної поверхні.

$$F_i = b_i \cdot l_{cn}$$

де  $b$  – ширина смуги.

$$F_1 = 230 \cdot 3,7 = 851 \text{ мм}^2,$$

$$F_2 = 230 \cdot 3,3 = 759 \text{ мм}^2,$$

$$F_3 = 230 \cdot 2,9 = 667 \text{ мм}^2,$$

$$F_4 = 230 \cdot 2,5 = 575 \text{ мм}^2.$$

Визначаємо зусилля прокатки.

$$P_n = \rho_{cpi} \times F_n$$

$$P_1 = 380 \cdot 851 = 323380 \text{ Н} = 0,32 \text{ МН},$$

$$P_2 = 601,3 \cdot 759 = 456386,7 \text{ Н} = 0,45 \text{ МН},$$

$$P_3 = 749,2 \cdot 667 = 499716,4 \text{ Н} = 0,49 \text{ МН},$$

$$P_4 = 862,9 \cdot 575 = 496167,5 \text{ Н} = 0,49 \text{ МН}.$$

Величина повного зусилля не перевищують допустимий рівень.  
Результати заносимо в таблицю 2.2.

Таблица 2.2 - Результаты расчета усилия прокатки

№ прохода	$\sigma_T$ , МН/м <sup>2</sup>	сопрот. деформ. k, Н/мм <sup>2</sup>	длина очага деформ l, мм	$\sigma_{cp}$ , МН/м <sup>2</sup>	$n'_\sigma$	$n''_\sigma$	пл. контакт. поверхн. F, мм <sup>2</sup>	$h_c$ , мм	$f_y$	I – а номог. вел – на	II – а номог. вел – на	X	$l_{сп.}$ , мм	контакт. давл. $\rho_{cp}$ , Н/мм <sup>2</sup>	усилие P, МН
1	430	378	3,7	101	1,040	0,74	851	0,53	0,0678	0,063	0,033	0,08	2,55	380	0,32
2	550	568	3,3	171	1,078	0,74	759	0,41	0,0676	0,077	0,05	0,15	3,63	601,3	0,45
3	585	638	2,9	192	1,137	0,74	667	0,32	0,0674	0,096	0,07	0,25	4,4	749,2	0,49
4	615	668	2,5	201	1,196	0,74	575	0,25	0,0672	0,123	0,098	0,35	4,58	862,9	0,49



## 3 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА

### 3.1 Розрахунок валків на міцність

Розрахунок валків на міцність здійснюємо по максимальному зусиллю прокатки згідно попереднього розрахунку в другому проході  $P = 0,8$  МН.

Визначаємо розподіл зусилля між опорними і робочими валками по формулам, враховуючи, що згідно заводських даних максимальний діаметр валків після перешліфовки становить  $D_{оп.} = 500$  мм,  $D_p = 206$  мм

$$\left(\frac{D_{оп.}}{D_p}\right)^4 = \left(\frac{0,5}{0,206}\right)^4 = 34,7;$$

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

де  $P_{мак.}$  – максимальне зусилля прокатки,  $P_{мак.} = 0,49$  МН;

$$P_p = \frac{0,49}{1 + 34,7} = 0,014 \text{ МН};$$

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

$P_p$  – зусилля прокатки яке сприймають робочі валки,  $P_p = 0,014$  МН.

$$P_{оп.} = 0,49 - 0,014 = 0,476 \text{ МН.}$$

Таким чином, робочі валки сприймають тільки  $\frac{0,014}{0,49} \cdot 100\% = 2,86\%$  від загального тиску на валки при прокатці.

Визначаємо крутний момент за формулою:

$$M_{кр.} = M_{пр.} + M_{тр.} \pm M_{н.}, \text{ МН} \cdot \text{м};$$

де  $M_{\text{пр.}}$  – момент прокатки;

$M_{\text{тр.}}$  – момент тертя;

$M_{\text{н.}}$  – момент від дії натягу;

Визначаємо момент прокатки

$$M_{\text{пр.}} = P \cdot \psi \cdot \sqrt{R_2 \times \Delta h_2}, \text{ МН} \cdot \text{м.}$$

де  $P$  – зусилля прокатки, МН;

$\Psi$  – коефіцієнт, який показує частину від довжини осередку деформації складає плече  $\psi = 0,35$ ;

$R$  – радіус робочих валків, згідно з технічною характеристикою обладнання стана  $R = 103$  мм;

$\Delta h$  – абсолютний обтиск метала, згідно попереднього розрахунку  $\Delta h = 0,062$  мм.

$$M_{\text{пр.}} = 0,49 \cdot 0,35 \cdot \sqrt{0,103 \cdot 0,000062} = 0,0004 \text{ МН} \cdot \text{м.}$$

Визначаємо момент тертя

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

де  $d_{\text{оп.}}$  – діаметр шийки опорного валка, згідно з технічною характеристикою обладнання стана  $d_{\text{оп.}} = 260$  мм;

$D_p, D_{\text{оп.}}$  – діаметри бочки відповідно робочого і опорного валків, згідно з технічною характеристикою обладнання стана  $D_p = 206$  мм,  $D_{\text{оп.}} = 500$  мм.

$$M_{\text{тер.}} = 0,8 \cdot 0,26 \cdot 0,048 \cdot \frac{0,206}{0,5} = 0,004 \text{ МН} \cdot \text{м.}$$

Визначаємо момент від дії натягу

$$M_{\text{н.}} = (Q_1 - Q_2) \cdot R, \text{ МН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{н.}} = (0,26 - 0,24) \cdot 0,206 = 0,004 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо момент, що обертає:

$$M_{\text{об.}} = M_{\text{пр.}} + M_{\text{тр.}} + M_{\text{н.}}, \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{об.}} = 0,002 + 0,004 + 0,004 = 0,01 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо максимальний згинаючий момент в середині бочки опорного валка

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

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

$b$  – Ширина смуги, мм.

$$a = l_{\text{б.оп.}} + \frac{l_{\text{ш.оп.1}}}{2} + \frac{l_{\text{ш.оп.2}}}{2}, \text{ мм}.$$

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

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

$$a = l_{\text{б.оп.}} + \frac{l_{\text{ш.оп.1}}}{2} + \frac{l_{\text{ш.оп.2}}}{2} = 0,45 + \frac{0,17}{2} + \frac{0,17}{2} = 0,62 \text{ м};$$

$$M_{\text{зг.оп.}} = \frac{0,058}{4} \cdot \left( 0,62 - \frac{0,28}{2} \right) = 0,007 \text{ МН/м}^2.$$

Визначаємо максимальний згинаючий момент в середині бочки робочого валка

$$M_{зг.р.} = \frac{P_p}{4} \cdot \left( a' - \frac{b}{2} \right), \text{ МПа.}$$

де  $P_p$  – тиск металу, що сприймається робочими валками, МН.

$$a' = l_{б.р.} + \frac{l_{ш.р.1}}{2} + \frac{l_{ш.р.2}}{2}, \text{ мм.}$$

де  $l_{б.р.}$  – довжина бочки робочого валка, мм;

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

$$a' = l_{б.р.} + \frac{l_{ш.р.1}}{2} + \frac{l_{ш.р.2}}{2} = 0,45 + \frac{0,145}{2} + \frac{0,145}{2} = 0,595 \text{ м;}$$

$$M_{зг.р.} = \frac{0,022}{4} \cdot \left( 0,595 - \frac{0,28}{2} \right) = 0,0025 \text{ МН/м}^2.$$

Визначаємо напруження вигину в бочці опорного валка

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

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

$D_{оп.}$  – діаметр бочки опорного валка, згідно з технічною характеристикою обладнання стана  $D_{оп.} = 500$  мм.

$$\sigma_{б.оп.} = \frac{0,007}{0,1 \cdot 0,5^3} = 0,56 \text{ МН/м}^2.$$

Визначаємо напруження вигину в бочці робочого валка

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

де  $M_{зг.р.}$  – згинаючий момент діючий в розглянутому перетині бочки робочого валка, МПа;

$D_p$  – діаметр бочки робочого валка, згідно з технічною характеристикою обладнання стана  $D_p = 206$  мм.

$$\sigma_{б.р.} = \frac{0,0025}{0,1 \cdot 0,206^3} = 2,85 \text{ МН/м}^2.$$

Визначаємо напруження вигину в шийці опорного валка

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

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

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

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

$$\sigma_{ш.оп.} = \frac{0,058 \cdot 0,17}{0,4 \cdot 0,26^3} = 0,08 \text{ МН.}$$

Визначаємо запас міцності опорного валка

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

де  $\sigma_в.$  – межа міцності матеріалу валка на вигин;

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

$$n_{оп.} = \frac{600}{0,08} = 27,7 > 4.$$

Визначаємо напруження вигину в шийці робочого валка

$$\sigma_{\text{ш.р.}} = \frac{Pp \cdot l_{\text{ш.}}}{0,4 \cdot d^3}, \text{ МН/м}^2.$$

де  $P_p$  – тиск металу, що сприймають робочі валками, МН;

$l_{\text{ш.}}$  – довжина шийки робочого валка, мм;

$d$  – Діаметр шийки робочого валка, мм.

$$\sigma_{\text{ш.р.}} = \frac{0,08 \cdot 1,04}{0,4 \cdot 0,22^3} = 20 \text{ МН/м}^2.$$

Визначаємо напруження крутіння на шийці робочого валка

$$\tau_{\text{ш.р.}} = \frac{M_{\text{кр.}}}{0,2 \cdot d^3}, \text{ МН/м}^2.$$

де  $M_{\text{кр.}}$  – крутячий момент, МН·м.

$d_{\text{ш.р.}}$  – діаметр шийки робочого валка, згідно з технічною характеристикою обладнання стана  $d_{\text{ш.р.}} = 220$  мм.

$$\tau_{\text{ш.р.}} = \frac{0,084}{0,2 \cdot 0,26^3} = 24 \text{ МН/м}^2.$$

Визначаємо результуюче напруження

$$\sigma_{\text{рез.}} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}, \text{ МН/м}^2.$$

де  $\sigma$  – напруження вигину в шийці робочого валка, МН/м<sup>2</sup>;

$\tau$  – напруження крутіння на шийці робочого валка, МН/м<sup>2</sup>.

$$\sigma_{\text{рез.}} = \sqrt{11,2^2 + 3 \cdot 24^2} = 43 \text{ МН/м}^2.$$



### 3.2 Визначення годинної продуктивності

Визначення годинної продуктивності стану робимо по формулі.

$$A = \frac{3600 \cdot G}{T \cdot k_1} \cdot k_2.$$

рулону ( $G$ ), згідно заводських даних маса рулону дорівнює 2 тонн;

Тонна - ритм плющення;

$k_1$  - витратний коефіцієнт металу;

$k_2$  - коефіцієнт використання стану.

Ритм плющення визначується по формулі:

$T = t_m + t_p$  де  $t_m$  - машинний час плющення, з;

$t_p$  - час пауз, с.

Визначаємо машинний час плющення (у зв'язку із законом втоми секундних об'ємів металу машинний час плющення визначаємо по останній кліті.

$t_{m.4} = \frac{l_4}{V_4}$  де  $l_4$  - довжина смуги після плющення в 4 - й кліті (м), згідно попереднього розрахунку довжина смуги після плющення в 4 - й кліті дорівнює  $l_4 = 2035$  м;

$V_4$  - швидкість плющення в 4 - й кліті, (м/с); згідно попереднього розрахунку швидкість плющення в 4 - й кліті складає 4,2 м/с.  $t_{m.4} = 485$  з

Определяем время пауз: Согласно хронометражу [9] сумарное время перекрытия во время которого производятся такие операции как подача рулона в разматываль, подача переднего конца полосы к первой клетки, прокатка заднего конца полосы, снятие рулона с барабана моталки составляет 135 секунд. Исходя из времени перекрытия, суммарное время пауз составляет 83 секунды.

$$\sum t_{п.} = 62 \text{ с.}$$



Визначаємо ритм прокатки.

$$T = t_{м.4} + \sum t_{п.}$$

$$T = 485 + 62 = 547 \text{ с.}$$

Згідно заводських даних, витратний коефіцієнт металу складає:

$$k_1 = 1,18.$$

Коефіцієнт використання стану, згідно заводських даних складає:

$$k_2 = 0,8.$$

Коефіцієнт використання стану, згідно заводських даних складає.

$$A = \frac{3600 \cdot G}{T \cdot k_1} \cdot k_2 = \frac{3600 \cdot 2}{547 \cdot 1,18} \cdot 0,8 = 9 \text{ т/ГОД.}$$

Визначаємо середнечасову продуктивність стану.

$$A_{\text{ср.}} = A \cdot \frac{k_{\text{тр.}}}{k_{\text{тр.ср.}}}$$

де  $k_{\text{тр.}}$  - коефіцієнт трудності по стану згідно з прокатуємою маркою стали і розмірами смуг, згідно заводських даних

$$k_{\text{тр.}} = 1,065;$$

$k_{\text{тр.ср.}}$  - середній коефіцієнт трудності по стану, згідно заводських даних  $k_{\text{тр.ср.}} = 1,006$ .

$$A_{\text{ср.}} = A \cdot \frac{k_{\text{тр.}}}{k_{\text{тр.ср.}}} = 9 \cdot \frac{1,065}{1,006} = 9,5 \text{ т/ГОД.}$$

Визначаємо масу одного погонного метра:

$$G = h_0 \cdot b_0 \cdot p \cdot l.$$

G – маса одного погонного метра

$$G = 0,002 \cdot 0,25 \cdot 7,85 \cdot 1 = 0.0039\text{т.}$$

Визначаємо продуктивність безперервного стану:

$$A = \frac{3600 \cdot V \cdot G \cdot k_1}{k_2} ;$$

$$A = \frac{3600 \cdot 4,2 \cdot 0.0039 \cdot 1.18}{0.8} = 87 \text{ т/год.}$$

## **4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА**

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів направлених на збереження життя, здоров'я і працездатності людини в процесі трудової діяльності (стаття 1 закону “ Про охорону праці” від 21.11.02)

Правовою основою законодавства з охорони праці є Конституція України, Закон України “Про охорону праці” (2002), “Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професіональних захворювань. Кодекс Законів про працю.

### **4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів**

Основні небезпечні та шкідливі фактори, які впливають на вальцівника при виконанні робіт:

- рухомий транспорт;
- можливість обрушення предметів;
- вращающиеся механізми;
- підвищена заповненість повітря робочої зони;
- підвищена або знижена температура повітря робочої зони.

Вальцовщик зобов'язаний застосовувати засоби захисту на виробництві. Засоби захисту виключають або знижують вплив небезпечних або шкідливих виробничих факторів.

Засоби захисту поділяються на дві групи: колективні та індивідуальні.

Засоби колективного захисту призначені для одночасного захисту двох і більше працівників.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) призначені для захисту одного працівника.

Для вальцівника передбачені наступні норми безкоштовної видачі спецодежди, спецобуви и средств індивідуального захисту:

- костюм х/б загальновиробничий (норма носки - 12 міс.);
- ботинки шкіряні на літій підшві з жорстким підноском (норма носки - 12 мес.);
- куртка утеплена (норма носки - 36 міс.);
- брюки утеплена (норма носки - 36 міс.);
- рукавиці комбіновані (норма носки - 7 дн.);
- каска захисного оранжевого кольору (норма носки - 24 міс.);
- підшлемник трикотажний (норма носки - 24 міс.);
- протишумні вкладиші (норма носки - до суми);
- очки захисні (норма носки – до суми);
- респіратор пилезахистний (норма носки - до зносу).

#### **4.2 Заходи щодо охорони навколишнього середовища**

Основним забрудненням атмосферного повітря в прокатному виробництві являються нагрівальні печі, машини вогневої зачистки, нагрівальні колодязі і травильні агрегати, а також стани гарячої прокатки, над якими виникають пило-викиди.

Для очищення димових газів нагрівальних печей прокатних цехів від оксиду азоту передбачені ванадієві каталізатори.

##### **Боротьба з тепловипромінюванням**

Для зменшення тепловипромінювання необхідно максимально знижувати температуру джерел променистого тепла, в металургійних цехах це здійснюється збільшенням товщини стінок агрегатів, теплоізоляцією їх зовнішньої поверхні або охолодженням цих поверхонь.

Для захисту працівників, від тепловипромінювання разом із зменшенням інтенсивності випромінювання встановлюють між джерелом

тепловипромінювання і працівником екрани або завіси, що затримують інфрачервону радіацію.

Виробничий пил і методи боротьби з ним.

Для очищення запиленого повітря застосовують різні способи: сухе очищення в пилесадітельних камерах, циклонах, мультициклонах, інерційних матерчатих фільтрах.

Заходи щодо захисту від шуму і вібрації зводяться до наступних основних:

- заміні виробничих процесів.
- раціоналізація виробничого устаткування.
- пристрою спеціальних фундаментів.
- раціональному сполученню повітропроводів з повітродувними машинами і кріпленню трубопроводів на опорах з амортизуючими прокладками.
- застосуванню звукоізолюючих і звукопоглинальних матеріалів.
- використанню індивідуальних засобів захисту від шуму і вібрацій

Захист від газів пари і інших шкідливих речовин

При роботі в газових місцях необхідно користуватися газозахисними апаратами, що надійно діють . В умовах металургійних цехів слід користуватися ізолюючими кисневими апаратами, які дають можливість працювати, повністю ізолюється від навколишнього середовища.

Для очищення повітря від шкідливих речовин рекомендується застосовувати витяжну вентиляцію і безпосередньо розташовувати її у джерело виникнення шкідливих речовин, таких як пил та інші. В даному випадку раціонально розташовувати витяжку безпосередньо над кожною групою нагрівальних колодязів, оскільки там йде основна маса виділення пилу і шкідливих газів.

### 4.3 Правила безпечного виконання робіт

Перед початком робочої зміни вальцювальник зобов'язаний одягнути передбачену нормами справну, чистий спецодяг, спецвзуття, захисну каску та інші необхідні засоби індивідуального захисту.

Прибути на змінно-зустрічну збори за 15 хвилин до початку роботи.

Отримати у змінного майстра необхідні для роботи ключ-бирки в установленому порядку. Видача ключа-бирки оформляється в журналі видачі-прийомі бирок під розпис осіб, що беруть участь у видачі-прийомі бирок

Ретельно оглянути робоче місце, ознайомитися з записами попередньої зміни в журналі прийому-здачі змін (технологічний в 1 чергу), при цьому особлива увага приділяється обладнанню, в роботі якого були помічені відхилення від норми. Переконатися в справності інструменту, огорожі обертових механізмів, сходів, майданчиків, проходи, сходи: майданчики не повинні бути захарашені предметами, що утрудняють обслуговування і повинні міститися в чистоті; достатність освітлення робочих місць.

Перевірити перекриття стоків, каналів які повинні бути перекриті.

Вальцювальник в обов'язковому порядку перед початком виконання будь-якої роботи повинен провести АБВР з метою визначення можливості безпечного виконання робіт та вжиття необхідних заходів з охорони праці. АБВР - це обов'язкова послідовність дій, яка виконується працівником (групою працівників) самостійно або за участю керівника перед початком і періодично в ході виконання робіт.

Аналіз Безпеки Виконання Робіт складається з п'яти кроків:

Крок 1 - Визначити джерела небезпеки, які існують або можуть виникнути в ході виконання даної роботи.

Крок 2 - Оцінити можливі наслідки для людей.

Крок 3 - Визначити і виконати заходи, необхідні для надійного захисту від джерел небезпеки.

Крок 4 - Продумати заходів реагування при можливій нештатної ситуації.

Крок 5 - Прийняти рішення про можливість почати або продовжити роботу. Чи були виконані всі необхідні заходи захисту від джерел небезпеки.

Переконатися в наявності матеріалу для початку роботи.

Перед включенням обладнання переконатися у відсутності сторонніх осіб в зоні дії.

Під час включення обладнання перевірити справність сигналізації, системи електричного блокування.

Перевірити справність вантажозахоплювальних пристроїв.

Перевірити наявність і справність первинних засобів пожежогасіння.

Вальцювальник повинен про всі виявлені порушення охорони праці та несправності доповісти змінному майстру.

## ВИСНОВКИ

1. На підставі проведеної роботи й аналізу технічної літератури встановлено, що найбільш ефективним способом виробництва жерсті є холодна прокатка на безперервних 5-6 клетьевих станах нескінченної прокатки з високим рівнем автоматизації всіх процесів. Однак проектування й виготовлення встаткування таких агрегатів, вимагає більших капіталовкладень.

2. Для здешевлення пропонується провести часткову реконструкцію діючого встаткування, установивши в 4-ої кліті САРПФ, що дозволить робити плоскі штаби в 99 % випадків. Річна економія складе 399230 грн.

3. Передбачається також підвищити потужність двигунів головної лінії клітей стана - 10 %, що дозволить підняти продуктивність стана з 8,1 т/г до 8,5 т/р.

4. Виконані розрахунки енергосилових параметрів прокатки показують, що найбільш навантаженої є кліть 2 при прокатці жерсті 0,3x430 мм.

5. Розрахунки, проведені для визначення міцнісних характеристик деталей кліті 2, показують на достатню працездатність і надійність.

6. Для полегшення умов праці працівників, необхідно підвищити рівень механізації стана.

7. Деякі результати кваліфікаційної роботи можуть бути використані на діючих станах по виробництву жерсті.



## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Серета Б.П. Обробка металів тиском : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Запоріжжя : ЗДІА, 2005. 250 с.
2. Серета Б.П. Прокатне виробництво : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Запоріжжя: ЗДІА, 2008. 312 с.
3. Василёв Я.Д., Сафьян М.М. Производство полосовой и листовой стали : учебник для вузов. Киев : Вища школа, Головное издательство, 1976. 192 с.
4. Клименко В.М., Онищенко А.М., Минаев А.А. Горелик В.С. Технология прокатного производства : учебное пособие для вузов. Киев: Вища школа, Головное издательство, 1989. 311 с.
5. Сафьян М.М., Мазур В.Л., Сафьян А.М., Молчанов А.И. Технология процессов прокатки и волочения. Листопрокатное производство : учебник для вузов. Киев: Вища школа, Головное издательство, 1988. 351 с.
6. Жук А. Я., Малышев Г. П., Желябина Н. К., Клевцов О. М. Техническая диагностика. Контроль и прогнозирование : монография. Запорожье : ЗГИА, 2008. 224 с.
7. Копцев В.В., Борисова М.П., Казаков О.В., Горбулин В.Н. Двухпроводная горелка с центральным телом для газовых одностопных колпаковых печей. *Металлург*. 2006. №10. С. 76 - 77 с.
8. Василев Я. Д., Мінаєв О. А. Теорія поздовжньої прокатки : підручник. Донецьк : УНІТЕХ, 2009. 488 с.
9. Серета Б.П. Термічна обробка металів : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Запоріжжя : ЗДІА, 2003. 270 с.
10. Серета Б.П. Теорія будови рідкого, кристалічного та аморфного стану речовини : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Запоріжжя : ЗДІА, 2008. 238 с.

11. Серода Б.П. Металознавство і термічна обробка чорних і кольорових металів : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Запоріжжя : ЗДІА, 2008. 302 с.

12. Пшеницын А.В. Система управления печами отжига. *Металловедение и термическая обработка металлов*. 2006. №10. С. 38 - 42.

13. Несторенко А.М. Исследование структуры, текстуры и механических свойств листовых сталей после рекристаллизационного отжига. *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2000. №2. С. 50 - 53.

14. Глинер Р.Е. Сравнительная оценка свойств тонколистовых упрочняемых сталей. *Металловедение и термическая обработка металлов*. 2005. №7. С. 26 - 29.

15. Штехно О.Н., Яценко В.А., Фогель Б.М., Добровольский С.Э., Братусь С.А. Модернизация технологического оборудования термическом отделении ЦХП-1 комбината «Запорожсталь». *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2001. №4. С. 46 - 49.

16. Кузьминов И.И., Винокуров О.В., Сабельников Ю.А., Зубков С.В., Довженко А.В., Лужин Ю.А., Корнилин С.В. Снижение отсортировки жести по дефекту «рваная кромка» при колпаковом отжиге. *Металлург*. 2005. №8. С. 63-64.

17. Богущ М.В., Кузьминов И.И. Система управления процессом отжига в колпаковых печах на основе микроконтроллеров. *Металлург*. 2006. №3. С. 58-60.

18. Науменко В.Д., Мишин М.П., Паршиков С.Ф. Совершенствование режимов отжига ленты из углеродистых и легированных сталей. *Сталь*. 2002. №1. С. 68 - 70 с.

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

20. Бойчик И. М. Экономика предприятия : учебное издание. Киев : Атика. 2002. 480 с.

21. Покропивного С. Ф. Экономика предприятий : учебник. За об. ред. С.Ф. Покропивного. изд.2-е, переред. и доп. Киев : КНЕУ, 2001. 528 с.

22. Жидецкий В. Ц., Джигирей В. С., Мельников А. В. Основы охраны труда. учебник. изд. 2-е, дополненное. Львов : Афиша, 2000. 350 с.

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

24. Панасейко С. П. Гигиена труда и производственная санитария : учебное пособие для студентов ЗГИА. Запорожье : ЗГИА, 2003. 232 с.

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

26. Пеклов А. А., Степанова Т. А. Кондиционирование воздуха. Киев : Высшая шк., 1978. 328 с.

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