

Міністерство освіти і науки України

Інженерний інститут Запорізького національного університету

(повне найменування вищого навчального закладу)

Металургійний факультет

(назва факультету)

Кафедра обробки металів тиском

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до магістерської роботи

рівень вищої освіти магістерський

(другий (магістерський)

рівень)

на тему « Вдосконалення процесу холодної прокатки штаб на
реверсивних станах».

Виконав: студент 2 курсу,

групи МЕТ-18-3мд

Кідалов В.С.

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

136 Металургія

(шифр і назва)

спеціалізація

обробка металів тиском

(шифр і назва)

освітньо-професійна програма

(шифр і назва)

Керівник Кругляк Д.О.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ ІНСТИТУТ**

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет _____ металургії _____
Кафедра _____ обробки металів тиском _____
Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) рівень _____
(перший (бакалаврський) рівень, другий (магістерський) рівень)
Напрямок підготовки / Спеціальність 6.050401 Металургія
(шифр і назва)
Спеціалізація _____
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ ОМТ _____
О.В. Явтушенко

“ 30 ” _____ 09 _____ 2019 року

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

Кідалов Владислав Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) _____ Вдосконалення процесу холодної прокатки штаб на реверсивних станах _____

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “10” вересня 2019 року №1540-с

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____ 27.12.2019 _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____ Вдосконалення процесу холодної прокатки штаб на реверсивних станах _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____
Реферат. Вступ. Аналітична пошукова частина. Дослідницько-розрахункова частина, Пропозиції вдосконалення процесу прокатки, Охорона праці та техногенна безпека, Економічні аспекти. Загальні висновки, Перелік джерел посилань. _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Презентаційний матеріал 16 слайдах (на 16 сторінках)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
<i>Аналітична пошукова частина</i>	<i>Кругляк Д.О., доцент</i>	
<i>Дослідницько-розрахункова частина</i>	<i>Кругляк Д.О., доцент</i>	
<i>Пропозиції вдосконалення процесу прокатки</i>	<i>Кругляк Д.О., доцент</i>	
<i>Охорона праці та техногенна безпека</i>	<i>Кругляк Д.О., доцент</i>	
<i>Економічні аспекти</i>	<i>Кругляк Д.О., доцент</i>	

7. Дата видачі завдання 30.09.2019

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Вступ</i>		
2	<i>Реферат</i>		
3	<i>Аналітична пошукова частина</i>		
4	<i>Дослідницько-розрахункова частина</i>		
4	<i>Пропозиції вдосконалення процесу прокатки</i>		
5	<i>Охорона праці та техногенна безпека</i>		
6	<i>Економічні аспекти</i>		
7	<i>Загальні висновки</i>		
8	<i>Перелік джерел посилань</i>		

Студент _____
(підпис)

В.С. Кідалов
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____
(підпис)

Д.О. Кругляк
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до випускної кваліфікаційної роботи магістра:
98 сторінок, 15 рисунків, 13 таблиць, 25 список використаної літератури.

Мета роботи – дослідити існуючий процес прокатки металу на реверсивних станах холодної прокатки та впровадити найбільш раціональні заходи для його вдосконалення.

Об'єкт дослідження – реверсивні стани та їх обладнання.

Метод дослідження – дослідження впливу мінеральних масел та механічних домішок у складі емульсії на утворення поверхневого браку штаб після прокатки.

В роботі проведено аналіз існуючого процесу прокатки штаби на реверсивних станах ЦХП-1 в умовах ПАТ «Запоріжсталь». Встановлені чинники виникнення дефектів поверхні штаби після прокатки, визначена їх закономірність прояву від складу емульсії. Розглянуто шляхи зменшення дефектів поверхні штаби шляхом заміни існуючого емульсолу та встановлення системи для його очищення. Також розглянуто встановлення гідравлічного натискного пристрою на заміну механічному.

Результати роботи можуть бути використані при прокатуванні холоднокатаних штаб на реверсивних станах «1200» та «1680». Застосування запропонованого емульсолу, способу його очищення та встановлення гідравлічного натискного пристрою дозволять знизити прояви дефектів поверхні штаби, що у свою чергу підвищить вихід годного металу та підвищить конкурентоспроможність продукції.

ХОЛОДНА ПРОКАТКА, РЕВЕРСИВНИЙ СТАН, РОБОЧА КЛІТЬ, ЕМУЛЬСІЙНА СИСТЕМА, МЕТАЛЕВІ ДОМІШКИ, ГІДРАВЛІЧНИЙ НАТИСКНИЙ ПРИСТРІЙ, БРАК, ПРИГРАР ЕМУЛЬСІЇ, СОБІВАРТІСТЬ.

ABSTRACT

Explanatory note to the final qualification master's work: 98s., 15fig., 13table, 26 literature.

Purpose – research the extent metal rolling process on reversional cold rolling mills and implantation the most rational changes for its improvement.

Object of research – reversible mills and their equipment.

Research method – research of the dependence of mineral oils and mechanical impurities in the composition of the emulsion on the formation of strips surface defects after rolling.

In work analyzes the existing process of rolling the strip on the reversible mills of the cold rolling facility №1 of JSC "Zaporizhstal". Factors of strip surface defects occurrence after rolling are determined, regularities of their manifestation from emulsion composition are determined. Ways of reducing the defects of the strip surface by replacing the existing emulsion and installing a system for its cleaning are considered. Also considered is the installation of a hydraulic pressure device to replace the mechanical one.

The results of the work can be used for rolling cold-rolled strips on the reversible mill "1680" and "1200". Application of the proposed emulsol, its purification method and installation of the hydraulic pressure device will reduce manifestations strip surface defects, which in turn will increase the yield of metal and enhance product competitiveness.

COLD ROLLING, REVERSING MILL, WORK STAND, EMULSION SYSTEM, METALLIC IMPURITIES, HYDRAULIC PRESSING DEVICE, DEFECT, BURNING SPOT, COST PRICE.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 АНАЛІТИЧНА ПОШУКОВА ЧАСТИНА.....	9
1.1 Аналіз процесу холодної прокатки на реверсивних станах.	9
1.2 Характеристика реверсивного стану холодної прокатки 1200.....	10
1.3 Технологія прокатки на реверсивному стані холодної прокатки 1200.	17
1.4 Технологія прокатки на реверсивному стані холодної прокатки 1680.	24
1.6 Натискний пристрій стану реверсивної прокатки.....	29
1.7 Постановка задачі вдосконалення процесу прокатки на реверсивних станах.....	31
Висновки	35
2 ДОСЛІДНИЦЬКО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	36
2.1 План проведення теоретичних досліджень	36
2.2 Методика експериментального та теоретичного дослідження	36
2.3 Техніка та апаратура установки УСОЖ-30-2	38
2.4 Обробка та обговорення результатів досліджень.	40
Висновки	61
3 ПРОПОЗИЦІЇ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРОКАТКИ	62
3.1 Технології особливості гідравлічного натискного пристрою для станів холодної прокатки	62
3.2 Встановлення емульсійної системи на стан реверсивної прокатки	66
Висновки	73
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....	75
4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	75
4.2 Заходи з поліпшення умов праці.....	77
4.3 Заходи з електробезпеки.....	79
4.4 Заходи з пожежної та техногенної безпеки	80
4.5 Розрахунок захисного заземлення	81

Висновки	85
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	86
5.1 Оцінка економічної ефективності наукового дослідження	86
5.2 Розрахунок витрат на основні матеріали, що використовуються у науково-дослідній роботі	88
5.3 Розрахунок умовного економічного ефекту від впровадження результатів науково-дослідної роботи.....	92
Висновки	94
ЗАГАЛЬГІ ВИСНОВКИ	95
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	97

ВСТУП

Темою магістерської роботи є вдосконалення процесу прокатки на реверсивних станах. Для цього було проаналізовано існуючий технологічний процес прокатки на реверсивних станах «1200» та «1680» на комбінаті ПАТ «Запоріжсталь». Це допомогло виявити шляхи для впровадження таких удосконалень, як нова система очистки емульсії від металевих домішок, гідравлічний натискний пристрій для прокатної кліті та впровадження у технологічний процес нового емульсолу «ColdRoller».

У роботі були проведені експериментальні дослідження за результатом яких були встановлені фактори виникнення дефектів поверхні штаби після прокатки. За результатом цих досліджень було проаналізовано шляхи для усунення цих факторів. Для чого по перше запропоновано методику очищення емульсії, розглянуто принцип її дії на практиці, та визначено термін експлуатації. По друге, проаналізувавши роботу існуючого обладнання стану холодної прокатки було прийняте рішення щодо модернізації натискного пристрою стану, результатом якого стало впровадження гідравлічного натискного пристрою.

Комплекс цих заходів дозволить значно покращити існуючий технологічний процес шляхом впровадження сучасних технології, які у свою чергу дають змогу випускати конкурентна-спроможною продукцію, створенню умов для подальшої модернізації.

1 АНАЛІТИЧНА ПОШУКОВА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз процесу холодної прокатки на реверсивних станах.

Для виготовлення холоднокатаного прокату використовують неприрівні широкополосні стани та стани реверсивної прокатки. У першому випадку це многокліткові стани, вони мають велику продуктивність, але у малосерійному випуску металу вони програють реверсивним станам. У реверсивних станів, через більшу кількість проходів, їх продуктивність нижче ніж у неприрівних станів, проте перевагою реверсивних станів є можливість оперативно налаштовувати стан для кожного рулону, тому такі стани холодної прокатки добре підходять для виробництва різних сортів прокату. У тандемі с неприрівними станами, вони можуть використовуватися для виготовлення підкату для жерсті-катальних станів, сталей спеціального призначення при цьому не знижуючи загальну продуктивність підприємства [1].

Сучасні реверсивні стани холодної прокатки складаються з однієї або двох чотирьох-валкових прокатних клітей, з кожної сторони кліті розміщені моталки які забезпечують процес реверсу та створюють натяг штаби між проходами. Для подачі штаби до моталки використовують розмотувач рулонів. У складі стану також мається ланцюгових конвеєр для рулонів, який може вміщувати від трьох до сьому рулонів. Завдяки цьому стан може прокатувати рулони з різної сталі та різного призначення не знижуючи продуктивність. Простота конструкції стану полегшує його обслуговування, а простота технологічного процесу дає можливість використовувати такі стані малим підприємствам. Продуктивність сучасних однокліткових реверсивних станів складає приблизно 50 – 200 тис. т/рік, а закордонних станів – до 500 тис. т/рік [2].

По конструкції реверсивні стани підрозділяють на стани з приводом через робочі валки або через опорні валки. Останній випадок більш

характерний для станів для прокатки стрічок, які мають діаметр робочих валків 150 – 160 мм, і розміри хвостовика робочих валків не дозволяють передавати необхідний крутний момент. Робочі кліті реверсивних станів кварто по конструкції аналогічні безперервним. Як було зазначено раніше, в останній час з'явилися двохклітьові реверсивні стани. Оскільки за один прохід обтиснення відбувається в двох клітях, продуктивність таких станів збільшується більш ніж вдвічі.

У 1970 роках минулого сторіччя була освоєна технологія виробництва шестивалкових клітей для реверсивних станів холодної прокатки. У таких станах між робочим та опорним валком знаходиться холостий чи приводний валок. Використання такої схеми прокатки дозволяє зменшити силу та момент прокатки, прокатувати метал з більшими обтисками та значно покращити плоскість прокату. Проте і така конструкція має свої недоліки, по перше це більш складна конструкція у порівнянні з клітями «кварто», а про друге це підвищений знос валків [3].

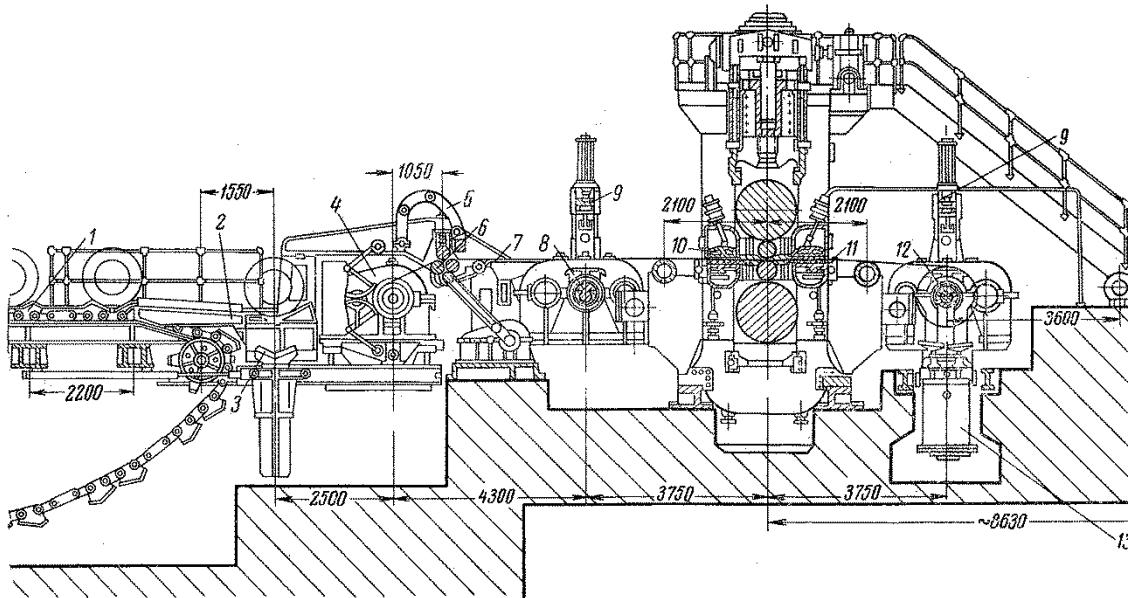
Проти незважаючи на переваги, реверсивні стани мають свою недоліки, по перше це мала продуктивність через більший час прокатки одного рулону, по друге це неможливість створити нескінченний процес прокатки на базі реверсивного стану. Характерним недоліком реверсивних станів є їх загальна застарілість, наприклад реверсивні стани 1200 і 1680, а також дресирувальні стани 1700 у складі підприємства ПОА «Запоріжсталь» відносять до станів першого покоління. Ці стани характеризуються використанням все застарілих технологій керування процесом прокатки металу, який дуже складно автоматизувати без суцільних реконструкцій. [3]

1.2 Характеристика реверсивного стану холодної прокатки 1200

Реверсивний чотирьохвалковий стан 1200 (рис. 1.1) складається з робочої кліті з діаметром робочих валків $D_p = 430$ мм і діаметром опорних

валків $D_{\text{оп}} = 1300$ мм. Робочі валки приводяться у рух від електродвигуна (рис. 1.2) потужністю 3200 кВт через шестірню кліть і обертаються з максимальною кутовою швидкістю 10 м/с. У процесі прокатки робоча швидкість валків не перевищує 7 м/с [4].

До обслуговуючого обладнання стану входить: підвідний ланцюговий конвеєр, приймальний стіл, підйомний стіл, розмотувач, правильно-тягнуча машина з відгібачем переднього кінця штаби, роликів притискних, дві моталки барабанного типу, знімач рулонів.

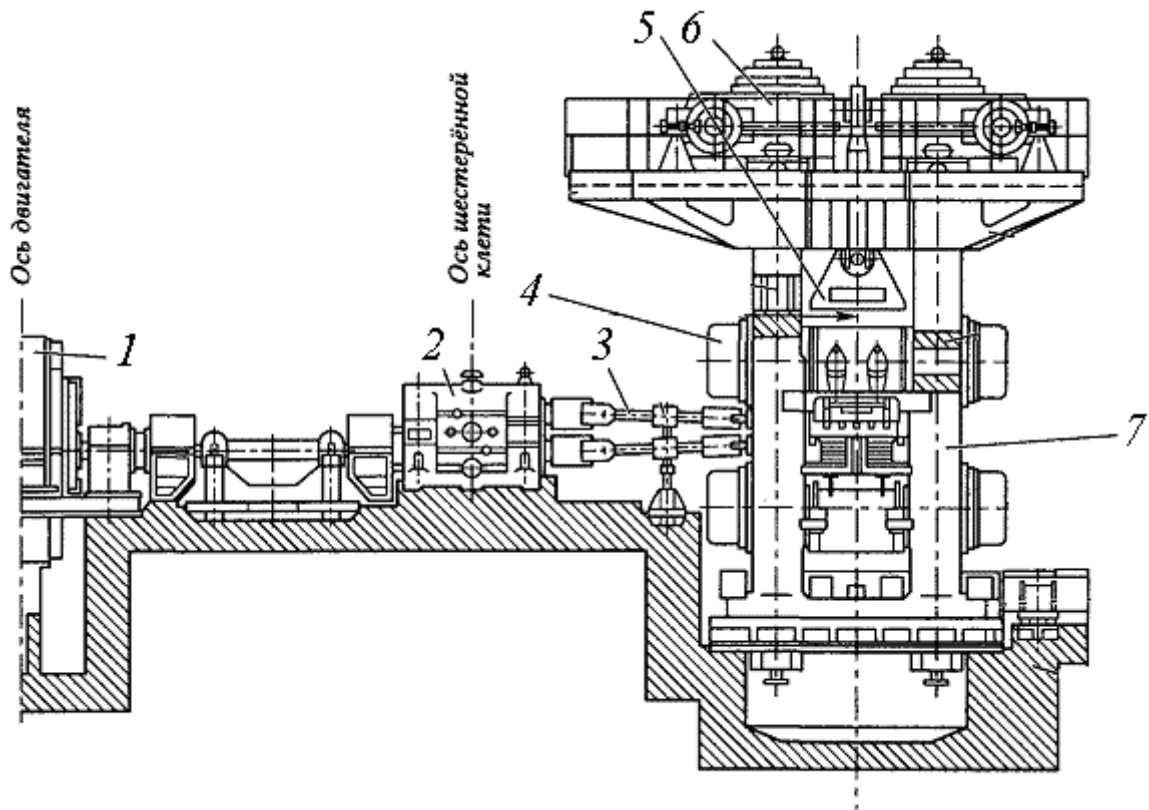


1 – транспортер ланцюговий, 2 – скидач рулонів, 3 – візок підйомного столу, 4 – розмотувач, 5 – відгібач кінців, 6 – машина правильно-тягнуча, 7 – стіл стаціонарний, 8 – моталка ліва, 9 – роликів притискних, 10 – прес-проводка, 11 – товщиномір, 12 – моталка права, 13 – знімач рулонів

Рисунок 1.1 – Реверсивний стан 1200

Ланцюговий конвеєр призначений для накопичення і подачі рулонів до приймального столу. Швидкість переміщення транспортера – 0,15 м/с; ємність транспортера – до п'яти рулонів. Привід від електродвигуна потужністю 16 кВт, $n = 680$ об/хв.

Приймальний стіл призначений для прийому рулонів з ланцюгового транспортера і подачі їх в розмотувач. Найбільший хід підйому – 1600 мм. Довжина горизонтального переміщення – 2500 мм. Робочий тиск рідини – 30 кг/см².



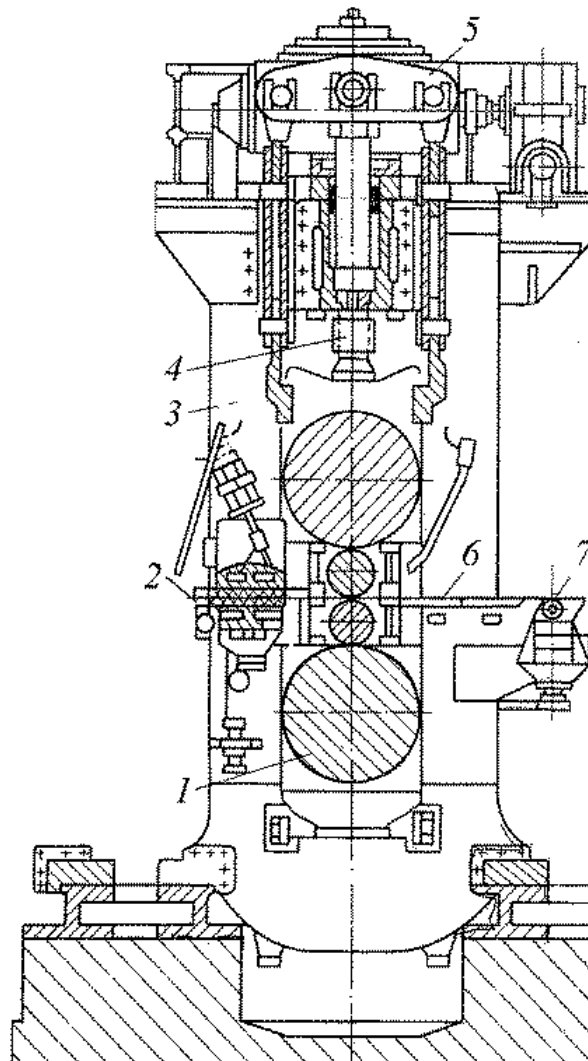
1 – електродвигун, 2 – кліть шестерня 3 – шпинделі, 4 – опорний валок 5 – пристрій врівноваження, 6 – пристрій натискний, 7 – кліть робоча

Рисунок 1.2 – Головна лінія реверсивного стану 1200

Розмотувач призначений для установки рулону в положення, що забезпечує можливість захоплення кінця штаби відгібачем, обертання рулону від розпушування та створення натягу під час прокатки. Розмотувач складається з двох станин, по напрямних яких за допомогою натискних гвинтів переміщуються ліві і праві салазки. Привід переміщення кожних салазок – індивідуальний від електродвигуна потужність 80 кВт, через

одноступеневий редуктор. На салазках встановлені спеціальні редуктори, на приводних валах яких змонтовані конусні головки розмотувача.

Привід робочих валків - від електродвигуна потужністю 3200 кВт. Номінальний струм двигуна – 4530 А, кількість обертів $n = 320/520$ об/хв. Крутний момент передається через зубчасту муфту, шестеренну кліть і шпindelне з'єднання.



1 – опорні та робочі валки, 2 – вхідна прес-проводка, 3 – станина робочої кліті, 4 – пристрій натискний, 5 – пристрій врівноваження, 6 – штаба, 7 – ролик натяжний

Рисунок 1.3 – Робоча кліть реверсивного стану 1200

Робоча кліть (рис. 1.3) стану є одним із найважливіших механізмів прокатного стану. Вона складається з робочих та опорних валків, натискного пристрою, прес-проводки, пристрою врівноваження та натяжних роликів [4].

Натискні гвинти приводяться в рух від двох електродвигунів потужністю по 40 кВт. Електродвигуни натискного пристрою з'єднані електромагнітною муфтою для забезпечення спільної або роздільної роботи натискних гвинтів. Контроль руху натискних гвинтів здійснюється за допомогою сельсина БД-501, який через циліндричну пару з'єднаний з черв'яком редуктора. Верхнє положення натискного гвинта обмежується командо-апаратом. Швидкість переміщення натискних гвинтів: при опусканні – 7 мм/хв; при підйомі – 14 мм/хв.

Опорні валки – бандаж з кованої сталі марки 9ХФ з твердістю 70 – 85 одиниць по Шору. Серцевина з кованої сталі марки 40ХН2МА з твердістю 30 – 55 одиниць по Шору. Робочі валки – з кованої сталі марок 9Х2МФ, 9Х2СМФ, 7Х2СМФ з твердістю бочки 90 – 105 одиниць по Шору [5].

Розміри валків приведено у таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Характеристика прокатних валків реверсивного стану 1200

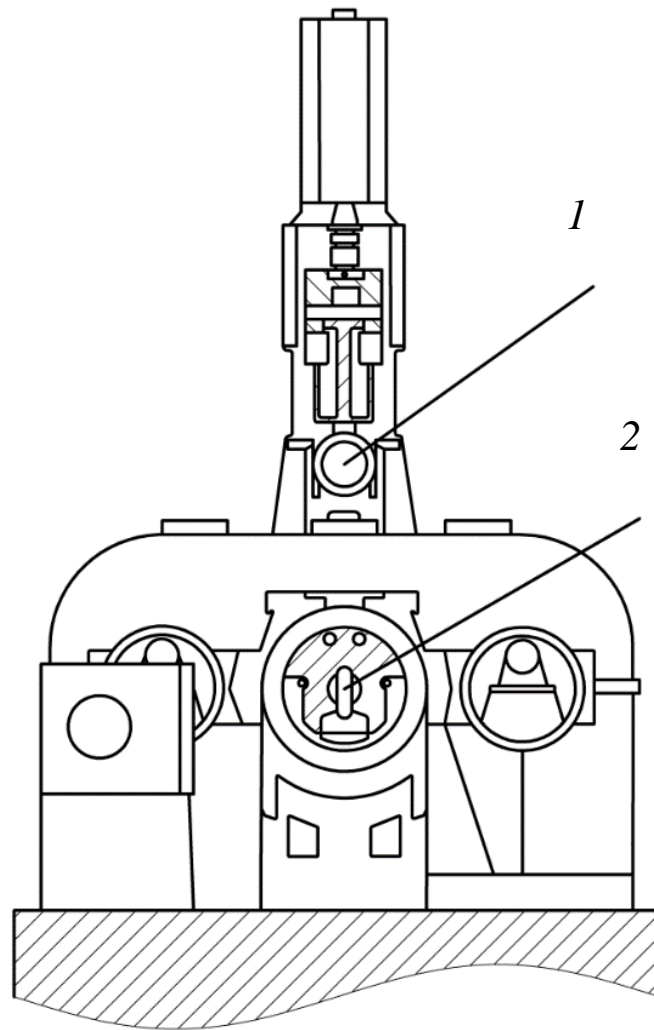
Найменування	Розміри, мм							Маса, кг
	Бочка		Довж.	Шийка		Треф		
	Діаметр			Діам.	Довж.	Діам.	Довж.	
	Макс.	Мін.						
Робочий	430	380	1200	220	480	195	310	1770
Опорний	1300	1215	1200	Конус 800 658	1040	-	-	20170

Врівноваження верхнього опорного валка здійснюється за допомогою механізму врівноваження, що складається з гідравлічного циліндру діаметром 350 мм, розташованого в розточенні верхніх поперечин станин, двох щік і системи важелів і тяг. Щоки своїми кінцями входять у спеціальні гнізда подушок верхніх опорних валків і за рахунок підйомної сили гідравлічного циліндра притискають подушки верхнього опорного валка до натискним гвинтів. Завдяки шарнірному з'єднанню уся система може самовстановлюватися і передавати однаковий тиск на кожні подушки. Під час роботи стану тиск масла в циліндрі дорівнює 100 кг/см^2 , а під час перевалки опорних валків, коли одночасно треба підняти обидва валка, збільшується до 200 кг/см^2

Прес-проводка призначена для правильного завдання штаби у валки стану, підтримування переднього кінця штаби і створенням натягнення при виході заднього кінця штаби з розмотувача. Корпус прес-проводки складається з верхньої та нижньої рами, скріплених між собою болтовим з'єднанням, в яких закріплені дерев'яні вкладиші. У нижній рамі прес-проводки, із зовнішнього боку, прикріплені направляючі ролики для центрування штаби по осі стану. Величина горизонтального переміщення прес-проводки – 340 мм. Висота підйому – 125 мм. Діаметром пневматичного циліндра механізму підйому – 250 мм. Тиск масла в циліндрі механізму горизонтального переміщення – 30 кг/см^2 . Робочий тиск повітря 4 – 6 атм.

Моталки барабанного типу (рис 1.4) встановлені з передньої та задньої сторони кліті стану. Характеристики моталок стану:

- | | |
|----------------------------------------------|------------------|
| 1. Діаметр барабана моталки | 760 мм. |
| 2. Довжина бочки барабана | 1300 мм. |
| 3. Зменшення діаметра барабана при складанні | 11 мм. |
| 4. Натяг штаби до | 12 т. |
| 5. Число обертів барабана моталки | 236 – 850 об/хв. |



1 – притискний ролик, 2 – барабан

Рисунок 1.4 – Роликова-барабанна моталка реверсивного стану 1200

Привід – від двох електромоторів потужністю по 485 кВт, число обертів $n = 330 - 1150$ об/хв., передатне число редуктора $i = 3,05$. Кожна моталка обладнана притискними роликами, закріпленими в зварний рамі з вертикальними направляючими, в яких за допомогою пневматичного циліндра переміщається траверса притискних роликів. Призначення притискних роликів – оберігання рулонів від розпушування при випуску заднього кінця штаби з валків або при розривах штаби в процесі прокатки.

Знімач рулонів призначений для зняття рулону з барабана моталки і подачі його на приймальний стелаж. Складається з візка з вилкою підйомного столу, горизонтального гідравлічного циліндра і рухомого настилу.

1. Максимальна вага рулону – 10 т
2. Хід столу до положення перекидання – 800 мм
3. Швидкість підйому столу – 0,1 м/с
4. Діаметр гідравлічного циліндра підйому столу – 300 мм
5. Хід візка – 2200 мм
6. Швидкість пересування візка – 0,2 м/с
7. Діаметр гідравлічного циліндра пересування візка – 175 мм
8. Тиск масла в циліндрі – 30 атм

Приймальний стелаж з перекидачем призначений для прийняття прокатоного рулону зі столу знімача. Складається з наступних вузлів: опрокидувача з прийомним столом, плит та упору. Довжина приймального стелажа – 13500 мм. Кількість рулонів, що одночасно знаходяться на стелажі до 10 шт. Перекидач приводиться в дію від гідравлічного циліндра.

1.3 Технологія прокатки на реверсивному стані холодної прокатки 1200

У зв'язку з тим що поверхня гарячекатаної сталі, покрита окалиною, виникає необхідність її видалення для отримання високої якості поверхні холоднокатаної штаби. Успішне видалення окалини залежить від її фізико-хімічного складу, товщини і від умов, в яких протікає процес очищення окалини з поверхні гарячекатаних штаб. Існують кислотний і механічний способи видалення окалини. Кислотний спосіб видалення окалини або травлення в даний час застосовується найбільш широко.

Швидкість травлення штаби залежить від товщини шару окалини. На склад і товщину шару окалини впливають температура кінця прокатки і змотування, швидкість охолодження металу, швидкість виходу штаби з останньої кліті стану гарячої прокатки [6].

Щоб усунути втрату металу при травленні, скоротити витрату сірчаної кислоти застосовують присадки, зокрема присадку «ЧС» з відходів нафтопереробки, що складається з регулятора травлення і піноутворювача. Вона покриває поверхню металу тонкої молекулярної плівкою, яка оберігає його від дії сірчаної кислоти і тим самим попереджає виділення водню. Присадки зменшують витрати сірчаної кислоти на 15 – 30%, знижують втрату металу до 5% та не впливають на тривалість травлення.

У 2014 році в експлуатація була введена лінія НТА–4 на якій травлення штаби в ведеться у розчині соляної кислоти при температурі 60 °С. Переваги такого травлення це: краща якість поверхні після травлення, зменшення втрат металу при травленні, зниження вартості травлення, підвищення інтенсивності розчинення окалини в 1,5 – 2 рази. При травленні штаби з вуглецевої сталі виділяються хлориди заліза і водень. Збіднений розчин соляної кислоти, що містить воду і хлориди заліза, безперервно надходить на регенерацію, де хлористе залізо розкладається на оксид заліза і соляну кислоту. Оксид заліза використовується в сталеплавильних печах, а соляна кислота надходить в травильні ванни.

Після травлення штаба по технологічній лінії передається на реверсивний стан 1200 для подальшої прокатки. Технологічний процес прокатки включає в себе такі операції як налаштування стана та прокатка.

Налаштування стана має забезпечити: отримання штаби з потрібною за замовленням товщиною, а також уникнення поперечної різновтовщинності, оптимальне натягнення штаби між валками і змотувачами, дотримання режиму обтисків, передбачених технологічною картою.

Встановлення валків в горизонтальній площині.

Після перевалки опорних або робочих валків або після довгочасної зупинки стану, коли валки були розведені на значну величину, вальцювальник стана вмикає натискний прилад і для запобігання перекосу валків спостерігає

за продуктиметром, щоб опускання обох подушок верхнього опорного валка було обов'язково однаковим.

У випадку відставання однієї із подушок необхідно вимкнути натискний прилад, вияснити і ліквідувати причини виникнення перекошування, після чого продовжити опускання опорного валка до тих пір, поки навантаження на двигуни натискного приладу досягне 50 – 100 А, поштовхом повернути робочі валки і перевірити обертання опорних валків. Якщо один із опорних валків не обертається, то знову вмикається натискний прилад, і валки притискаються з силою струму 50 А до повного їх зістикування. Як тільки опорні валки почнуть обертатися, проводиться запуск стана. При цьому валки густо поливаються емульсією по всій довжині бочки валка.

При стикуванні валків емульсія буде відтискатися від середини до країв верхніх робочого і опорного валків (коли верхній робочий валок циліндричний, а опорний – випуклий) [7].

Валки вважаються правильно встановленими, без перекошування, якщо відстань по краям бочки валків в місцях проходу емульсії рівні.

Контроль за правильним встановленням валків в кліті в процесі прокатки виконується за напрямком переднього кінця штаби, коли він обтискається і проходить без натягнення відстань від валків до моталки. Напрямок переднього кінця штаби після виходу з кліті суворо по вісі прокатки, свідчить про відсутність перекошування валків. Зміщення штаби ліквідується регулюванням натискними гвинтами; при зміщенні штаби вправо від вісі прокатки необхідно підняти лівий гвинт або опустити правий, при зміщенні штаби вліво-підняти правий гвинт або опустити лівий.

Після встановлення валків на паралельність валки встановлюються в умовлене нульове положення, що відповідає притисканню обертаючихся валків з зусиллям приблизно 30 – 40 А, величина якого представляє собою суму зазорів і пружних деформацій деталей робочої кліті. Після цього показники продуктометрів встановлюються в нульове положення, а потім

валки розводяться для створення між ними зазору для прийому переднього кінця штаби без обтиску і послідувочої перемотки рулонів.

Налаштування стана на прокатку штаби потрібної товщини проводиться на першому рулоні партії і виконується вальцювальником стана.

По підземному транспортеру гарячекатані рулони з ЦПТЛ транспортуються в травильне відділення цеху холодного прокату №1. Травильне відділення призначене для видалення окалини з поверхні рулонів в травильних ваннах розчином сірчаної кислоти.

Травлені рулони призначені в прокатку, електромостовим краном за допомогою скоби укладаються на візки транспортера. Одночасно на транспортер можуть бути укладені 5 рулонів.

Укладені на візки транспортера рулони подаються за чергою в приймну кишеню, із якої рулон транспортується до розмотувача за допомогою візка. Під час переміщення візка до головок розмотувача під'ємний стіл опускається разом з рулоном, встановлюючи його по осі головок розмотувача.

Після закріплення рулону в головках розмотувача підйомний стіл опускається в крайнє нижнє положення і повертається до прийомної кишені для прийняття наступного рулону.

Обертанням головок розмотувача рулон встановлюється в положення, зручне для захвату зовнішнього кінця штаби електромагнітним захватом відгибача і задачі його в ролики правильно-тягнучої машини. При цьому притискні ролики повинні бути опущені на зовнішній виток рулону для запобігання його від розпушування.

Разом з захопленим кінцем зовнішнього витка рулону відгибач підіймається до свого верхнього положення. Одночасно під штабу підводяться два холостих ролики правильно-тягнучої машини якими штаба притискається до приводного верхнього тягнучого ролика. Правильно-тягнучою машиною і поштовхом розмотувача передній кінець штаби подається на стаціонарний стіл.

Для запобігання подряпин при ущільненні рулону під час перемотки рулон передчасно ущільнюється підмоткою витків за допомогою поштовху розмотувача і правильно-тягнучої машини в зворотних напрямках. Ущільнений рулон встановлюється по осі прокатки і в такому положенні залишається до закінчення перемотки.

Передній кінець штаби пропускається на заправній швидкості через підняту прес-проводку в розведені валки, потім заводиться у зів барабана змотувача і починається перемотка, бокові роликові направляючі встановлюються на ширину штаби.

Перемотка штаби проводиться в розведених валках з притисненою прес-проводкою. Розмотувач при перемотці штаби працює в генераторному режимі, завдяки чому створюється заднє натягнення штаби.

По закінченні перемотки задній кінець штаби не доводиться до осі валків на 800 – 1200 мм. Стан зупиняється, верхній стіл прес-проводки підіймається, бокові роликові направляючі розводяться, валки встановлюються на заданий обтиск для першого робочого пропуску всі механізми стана реверсують, і штаба на мінімальній швидкості заправляється у зів барабана лівого змотувача.

Стан спочатку працює на мінімальній швидкості, потім після налаштування на задану товщину, переводиться на максимальну для даного пропуску швидкості і працює до моменту, коли на розмотувачі залишиться 20 витків штаби. Після цього стан знову переводиться на заправну швидкість на якій проводиться прокатка залишкової частини штаби. На барабані правого змотувача залишається 1,5 витка штаби. Потім стан реверсує, і прокатка ведеться в зворотному напрямку. Таким чином процес прокатки штаби проводиться кілька разів до отримання кінцевої товщини штаби. Число пропусків повинно бути непарним.

В процесі пропуску, перед реверсуванням не допускається потрапляння в валки не обтиснутого кінця штаби, для чого в кожному пропуску робиться додатковий запас штаби довжиною 200 – 300 мм.

Уповільнення і зупинку стана виконує оператор стана. Оператор визначає момент уповільнення стана по лічильнику витків.

Після прокатки на кінцеву товщину стан зупиняється, зів барабана лівого змотувача відкривається, звільняється задній кінець штаби, валки розводяться настільки, щоб задній необтиснений кінець штаби вільно без обтиску пройшов через валки.

При прокатці особливу увагу приділяють натягненню штаби між кліттю і змотувачами і на навантаження двигуна кліті. Натягнення і навантаження контролюються за показаннями амперметрів, які установлені на пультах управління №2 і №3.

Під час сталого процесу прокатки при постійній швидкості навантаження двигуна кліті за показаннями амперметра не повинна перевищувати номінального струму 4530 А.

При перехідних процесах прокатки (розгін і уповільнення) навантаження двигуна кліті не повинно перевищувати 7500 А для запобігання порізу робочих валків при спрацюванні захисту двигуна при максимальному навантаженні.

Зі зменшенням товщини (менше 0,8 мм) натягнення необхідно зменшувати до сили струму 1200 – 1000 А.

При прокатці металу, який відправляють на відпал в рулонах, натягнення штаби при змотуванні її в рулон в останньому проході встановлюється наступне: для штаб товщиною 0.7 – 2.0 мм — 700 – 800 А.

При прокатці зварних рулонів за 3 – 4 витка до шва стан уповільнюється до заправної швидкості з одночасним зменшенням натягнення:

1. Заднього до 1000 – 1200 А.
2. Переднього до 600 – 800 А.

Після проходження шва через робочі валки, для запобігання пориву зварного шва спочатку збільшується натягнення моталок до необхідної величини і тільки після цього проводиться розгін стана до повної робочої швидкості.

Для запобігання розпушування перед виходом із валків заднього кінця штаби притискний ролик, встановлений над барабаном змотувача опускається на рулон.

Прокатаний рулон ув'язується на барабані змотувача однією пакувальною стрічкою по колу за допомогою пакувальної машинки, знімається з барабана змотувача і скидається на прийомний стелаж.

При прокатці в якості змащувально-охолоджуючої рідини використовується емульсія концентрацією 2 – 4%, яка подається на валки в кожному пропуску.

При прокатці конструкційної сталі, яка йде на відпал, емульсія в останньому пропуску видаляється зі штаби відбійником і стиснутим повітрям.

Після прокатки штаби на реверсивному стані штаби передаються до травильного відділення для подальшого відпалу у ковпакових печах.

Холоднокатана штаба перед відпалом проходить електрохімічну очистку. Рулони встановлюють на поду один на одного в стопу і накривають муфелем, який занурюється в пісочний затвор для запобігання окислення металу. Продукти згоряння палива, що виходять з пальників, спочатку направляють вгору, а потім через димові отвори виводять за допомогою ежектора. Всередину муфеля безперервно подають захисний газ який складається з 95 – 97% N_2 і 3 – 5% H_2 . Для прискорення нагрівання металу ковпакові печі мають вентилятори, які здійснюють примусову циркуляцію захисного газу, що проходить між рулонами в спеціальних прокладках та передає тепло від стінок муфеля. Після нагріву садки до необхідної температури ковпак переносять на інший стенд, при цьому тепло футерування ковпака використовується для нагріву нової садки. Паливо (коковий або

змішаний газ) згорає між нагрівальним ковпаком і муфелем або в трубах з жаростійкої сталі.

Для прискороного охолодження рулонів застосовують спеціальні ковпаки, які встановлюють під муфелем після перенесення нагрівальних ковпаків на інші стенди. Найвний на верху такого ковпака вентилятор подає в простір між ковпаком і муфелем холодне повітря.

Після відпалу та охолодженню, рулони передаються до дресирувального відділення. Дресирування штаби відбуваються на станах 1700–1 та 1700–2.

Дресирування - це прокатування штаби з невеликим обтисненням 0,8 – 1,5%. Дресирування проводять за один прохід при швидкості 10 – 20 м/с з метою підвищення пластичних властивостей металу і додання поверхні штаби необхідної шорсткості або мікрорельєфу та зміцненню поверхневого шару штаби.

Після дресирування рулони відвантажують споживачеві або ріжуть на листи відповідної довжини на агрегатах поперечного різання або на вузькі штаби на агрегаті поздовжнього різання.

1.4 Технологія прокатки на реверсивному стані холодної прокатки 1680

Характерною відмінністю реверсивного стану 1680 є можливість прокатувати метал с більшими обтисками за прохід, а також технологічній процес передбачає прокатку металу у першому проході, на відміну від реверсивного стану 1200 де перший прохід являю собою перемотку рулону [8].

Реверсивний стан має в своєму складі підвідний роликовий похилий конвеєр, поворотний стіл, перекидач рулонів, розмотувач, роликову прес-проводку, дві моталки барабанного типу, знімача рулонів. Робочі валки виготовляють за сталі 60X2СМФ з твердістю 90 – 98 одиниць по Шору, опорні

- бочка 9ХФ, серцевина - 40ХН2МА з твердістю 70 – 85 одиниць по Шору.
 Параметри прокатних валків приведено у таблиці 1.2

Таблиця 1.2 – Характеристика прокатних валків реверсивного стану 1680

Найменування	Розміри, мм							Маса, кг
	Бочка		Довж.	Шийка		Треф		
	Діаметр			Діам.	Довж.	Діам.	Довж.	
	Макс.	Мін.						
Робочий	510	470	1680	260	250	250	260	3320
Опорний	1420	1370	1760	Конус 890 734	780	-	-	31650

Процес прокатки на реверсивному стані 1680

Рулони електромостовим краном подаються на приймальний похилий холостий рольганг перед станом. Рулони встановлюються таким чином, щоб зовнішній виток був притиснутий тілом рулону до рольгангу.

По похилому приймальному рольгангу рулони подаються до поворотного столу, який обертається на 90°, нахиляється і подає рулон до перекидача.

Нахилом перекидача (від пневматичного циліндра) рулон скочується на опорні ролики люльки розмотувача і їх обертанням повертається в положення, зручне для захоплення відгібачем кінця зовнішнього витка рулону, після чого затискається бічними напрямними. Потім кінець зовнішнього витка рулону піднімається в крайнє верхнє положення для заправки в тягнучі ролики моталки.

Після перевалки опорних або робочих валків, а також після довготривалого простою стану, коли валки були розведені на значну величину, вальцювальник стану включає натискний пристрій та встановлює

валки на задану товщину, і щоб уникнути утворення перекосу валків, стежить за показаннями продуктіметров.

Коли навантаження на двигун натискного пристрою досягне 20 – 40А, поштовхом повертаються робочі валки і перевіряється обертання опорних валків. Як тільки опорні валки почнуть обертатися, проводиться запуск стану, а до валків які обертаються, подається емульсія по всій довжині бочки. При наявності рівномірного зазору між робочими валками емульсія буде просочуватися на передню сторону по всій довжині бочки валка. При зіткненні валків емульсія, завдяки опуклості, буде віджиматися від середини до країв бочки валка. Валки вважаються встановленими без перекосу, якщо відстані по краях бочки в місцях проходження емульсії рівні.

Разом з переднім кінцем зовнішнього витка рулону відгинач піднімається у верхнє положення. Одночасно під низ штаби підводяться два ролика і притискають штабу до приводного тягнутого ролику. Передній кінець штаби заправляється в роликову прес-проводку і задається в валки стану, після чого люлька розмотувача опускається в крайнє нижнє положення. При завданні штаби в стан, перемотуванні або прокатці з обтисненням в першому проході, бічні вертикальні розсувні проводки (після розмотувача і перед кліттю) повинні бути зведені на ширину штаби.

Прокатка штаби з обтисненням в першому пропуску

Передній кінець штаби пропускається через підняту прес-проводку і задається в розведені валки. Після виходу переднього кінця штаби з валків на 100-150 мм валки встановлюються за допомогою натискних гвинтів на відповідне обтиснення, верхній стіл прес-проводки опускається, і штаба на заправній швидкості подається до моталки.

Передній кінець штаби заводиться в зів барабана моталки, встановлюється необхідний передній натяг і починається прокатка штаби на заправній швидкості. В цей час оператор головного поста заводить на штабу ізотопний товщиномір, і за його показаннями налаштовує стан на необхідну

товщину. Потім переводить стан на робочу швидкість і протягом всього проходу стежить за товщиною штаби, вносячи відповідні поступки в роствір валків.

Перед виходом заднього кінця рулону з розмотувача стан переводиться на заправну швидкість, на якій працюють до моменту, поки задній кінець штаби не увійде в роликову прес-проводку. Стан перед його реверсуваням зупиняється з таким розрахунком, щоб задній кінець штаби не дійшов на 1,0-1,2 м до осі робочих валків.

У момент зупинки стану бічні проводки обов'язково розводяться, щоб мати можливість прийняти штабу на праву моталку при другому пропуску штаби через валки; роликова прес-проводка піднімається. Всі механізми стану реверсують на мінімальній, і передній кінець штаби задається в зів правої моталки.

Після захоплення заднього кінця штаби правої моталкою і створення натягу вальцювальник вимірює товщину штаби ручним мікрометром і налаштовує стан на необхідну товщину. Для вимірювання товщини штаби ручним мікрометром стан зупиняється, налаштовується на задану товщину, потім працює на мінімальній швидкості; після коригування товщини з ізотопного товщиномірів перекладається на робочу швидкість, на якій працює до моменту, поки на розмотувачі моталці залишається 10-15 витків. Потім стан переводиться на мінімальну швидкість, на якій проводиться прокатка до максимально можливого розмотування рулону, коли на барабані моталки залишається 1,5 витка рулону, після чого стан і моталки реверсують і прокатка ведеться в зворотному напрямку. В кінці кожного проходу, перед реверсуваням, необхідно робити додатковий запас необтисненої штаби довжиною 100 – 150 мм для запобігання потрапляння необтисненої ділянки штаби до валків.

Уповільнення і зупинка стану проводиться автоматично за допомогою безконтактної системи точного зупинки. Зазначений порядок прокатки

ведеться відповідно до числа проходів, необхідних для отримання остаточної товщини штаби. Число проходів повинно бути непарне, так як зняття рулонів зі стану проводиться з лівої моталки.

Після прокатки на остаточною товщину стан зупиняється, зів барабана правої моталки відкривається, звільняється задній кінець штаби, валки розводяться на величину, достатню для вільного виходу заднього необтисненого кінця штаби.

Прокатка штаби з перемотуванням в першому пропуску

Передній кінець штаби пропускається на заправній швидкості через підняту прес-проводку в розведені валки, та подається до барабана лівої моталки, заводиться у зів барабана і починається перемотування. Штаба перемотується в розведених валках з притиснутою прес-проводкою. Після закінчення перемотування задній кінець штаби не доводиться до осі валків на 1,0-1,2 м. Стан зупиняється, прес-проводка піднімається, валки встановлюються на заданий обтиснення. Задній кінець штаби на заправній швидкості подається у зів прової моталки. Подальший порядок операцій при прокатці з перемотуванням у першому проході аналогічний до прокатки с обтиском.

Таблиця 1.3 – Величина натягу штаби між кліттю і моталкою в останньому проході.

Товщина штаби, мм	Натяг (А) для штаб шириною не більше	
	від 1000 до 1250	від 1250 до 1500
0,5	300	-
0,6	400	400
від 0,7 до 0,8	450	450
від 0,9 до 1,0	500	500
від 1,1 до 1,3	500	550
від 1,4 до 1,6	500	600
від 1,7 до 2,0	600	700

При прокатці необхідно звертати особливу увагу на натяг (табл. 1.3) [9] штаби між кліттю і моталками. При прокатці штаби товщиною від 0,5 до 0,7 мм в останньому пропуску, щоб уникнути розриву штаби, натяг необхідно зменшити. При прокатці зміну натягу виробляти плавно, без ривків, а під час реверсування попередньо зменшити натяг, а потім плавно підвищувати його до необхідного рівня.

1.6 Натискний пристрій стану реверсивної прокатки

Існують два основних типи натискних пристроїв: електромеханічні і гідравлічні. Широкому поширенню набули електромеханічні натискні пристрої, цьому сприяла простота їх конструкції. Однак вони мають незначний ККД, що не дозволяє отримати необхідну ефективність регулювання міжвалкового зазору [10].

Найбільш оптимальними з точки зору ефективності регулювання міжвалкового зазору та забезпеченню необхідної якості прокату є використання гідравлічного натискного пристрою, швидкість ходу якого в 3 – 4 рази вище, ніж у електромеханічного, а швидкість відгуку (початок руху) у 10 разів.

Порівняти механічний та гідравлічний натискні пристрої можна за наступними характеристиками:

1. Електромеханічні – з двома приводними двигунами які можуть буди з'єднані між собою за допомогою механічного зв'язку. Кожен двигун має індивідуальне живлення і регулювання частоти обертання для оптимального значення прискорення і забезпечити можливість управляти положенням валків при наявності системи автоматичного регулювання товщини штаби.

2. Гідравлічні – з коротко-ходовими циліндрами для регулювання зазору між навантаженими валками в комбінації з приводом від електродвигуна для неробочих рухів.

Швидкість і прискорення електромеханічних натискних пристроїв не перевищують 1 – 2 мм/с, це пов'язано з великою масою валкового вузлу, який необхідно розігнати для переміщення гвинта. ККД електромеханічного натискного пристрою, за даними фірми «Schloemann-Siemag» («Шлеман-Зімаг», Німеччина) [11] не перевищує 8%. Велика частка потужності електродвигуна привода у таких пристроях витрачається на втрати в черв'ячне-гвинтовий парі.

Застосування високих швидкостей прокатки при одночасному забезпеченні високої якості готової продукції передбачає максимальну стабільність процесу прокатки. Для забезпечення стабільної форми осередку деформації і досягнення мінімальних початковій і кінцевій фаз процесу необхідно перш за все наявність швидкодіючої системи регулювання положення валків. Заміна електромеханічних натискних пристроїв на гідравлічні дає можливість скоротити тривалість регулювання розвору валків.

Сучасні прокатні стани проектуються з оглядом на оснащення гідравлічним натискним пристроям, що забезпечує більш високу точність установки заданого міжвалкового зазору [12].

Оснащення станів гідравлічними натискними пристроями дозволяє також створити комплексну систему регулювання профілю і форми штаби із застосуванням ЕОМ. Система регулювання розвору ненавантажених валків в поєднанні з САРТ дає можливість оптимізувати роботу стану. Системи управління електромеханічними і гідравлічними натискними пристроями, в основному, ідентичні. Система управління електромеханічним пристроєм побудована за каскадним принципом. В системі управління гідравлічним

пристроєм замість блоку синхронізації використовується диференційний регулятор. [12]

Вищезазначені реверсивні стані 1680 та 1200 відносять до станів першого покоління, це свідчить що на станах встановлено механічний натискний пристрій, а також не мають автоматичної системи контролю параметрів прокатки. Недоліком цього є недостатньо точна установка міжвалкового зазору, що приводить до такого дефекту як різнотовщиність, та неможливість точно зупинити стан у кінці кожного проходу що зменшує вихід металу так, як необтиснений кінець штаби їде на обріз.

1.7 Постановка задачі вдосконалення процесу прокатки на реверсивних станах.

Після холодної прокатки на реверсивних станах (наприклад реверсивний стан 1200 «УРАЛМАШ») загальна забрудненість поверхні металу становить 1400 мг/м², в тому числі жирових забруднень – 316 мг/м², механічних – 1084 мг/м². При прокатці штаби вода яка міститься в емульсії випаровується, а саме мастило залишається на штабі. Далі прокатані рулони йдуть на відпал до термічного відділення. При відпалюванні рулону за наявності на ньому мастила утворюється такий дефект як «пригар емульсії».

Слід також зазначити, що існуюча емульсійна система на станах малопотужна, витрата емульсії складає 260 м³/т в результаті чого через перегрів валків не забезпечується проектна швидкість прокатки до 10 м/с. Також це є одним із факторів, що призводять до появи таких дефектів як коробуватість та хвилястість, «пригар емульсії», плями забруднення, тощо.

Дефект «пригар емульсії» при холодній прокатці металу має вигляд коричневих і чорних плям, а також розлучень на поверхні прокату. Дефект найчастіше утворюється у центрі штаби в районі зварного шва, рідше по всій

довжині рулону. Дефект, як правило, не вдається видалити при подальшому очищенні і відпалі прокату.

Дослідження зразків металу з дефектом «пригар емульсії» показує, що в області дефекту є наявність оксидних плівок, це свідчить що можливою причиною їх утворення є незадовільне тертя у осередку деформації.

Відомо, що на утворення дефекту «пригар емульсії» при виробництві холоднокатаного прокату впливають такі, пов'язані з використанням технологічної мастила, фактори:

- 1) наявність на поверхні смуги значної кількості емульсії;
- 2) висока концентрація емульсолу в емульсії;
- 3) наявність в емульсії великої кількості мінеральних масел та механічних домішок;
- 4) використання емульсії з низькою миючою здатністю.

Крім того, на утворення дефекту «пригар емульсії» суттєвий вплив оказує не тільки використовуване мастило, а ще також тепловий режим роботи стану і процес видалення залишків емульсії після прокатки. Кількість плям у вигляді «пригару» збільшується при температурі робочих валків понад 80 °С. При таких умовах в осередку деформації розвиваються температура більше 250 °С, при такій температурі відбувається термічний розклад мастила і пригорання продуктів його розкладання до поверхні штаби [13].

Великі обтиски в проходах на станах холодної прокатки також сприяють утворенню дефекту «пригару емульсії». При відсутності можливості своєчасного регулювання режиму обтисків, використання мастил з хорошим коефіцієнтом тертя і високою термічною стійкістю допоможе знизити кількість і протяжність даного дефекту, але не дозволяє виключити його повністю.

Для запобігання утворенню дефекту «пригара емульсії» необхідно:

- 1) використовувати мастило з високою термічною стійкістю

- 2) провести реконструкцію системи змащення та охолодження валків, а також системи очищення емульсії;
- 3) знизити навантаження (обтиснення) на кліті стану у останніх проходах;
- 4) забезпечити необхідну концентрацію емульсії
- 5) зменшити вміст у емульсії механічних домішок і масел;
- 6) забезпечувати якісне видалення емульсії зі смуги після прокатки
- 7) виключити потрапляння в емульсійну систему сторонніх мінеральних мастил.

З метою покращення емульсійної системи та умов холодної прокатки пропонується використовувати емульсол «ColdRoller» за виробництвом ТОВ «РУ НПП Аринол» з метою покращенням змащувальних властивостей без схильності продукту до сажоутворення і пригару. Використання цього емульсолу підвищить змащувальні властивості, які забезпечать зниження інтенсивності утворювання і накопичення в емульсії механічних домішок, що у свою чергу підвищить якість поверхні прокатоного металу [14].

Для поліпшення чистоти поверхні металу, пропонується установка системи очищення мастильно-охолоджувальної рідини (МОР) від механічних домішок.

Також слід зазначити що на станах першого покоління встановлено механічний натискний пристрій, а також немає автоматичної системи контролю параметрів прокатки. Недоліком є недостатньо точна установка міжвалкового зазору, що приводить до такого дефекту як різновщиність, та неможливість точно зупинити стан у кінці кожного проходу що зменшує вихід металу так, як необтиснений кінець штаби їде на обріз.

Доцільним заходом для підвищення якості готового прокату та зменшення відходів внаслідок дефектів різновщинності, є заміна механічного натискного пристрою на гідравлічний натискний пристрій. Цей пристрій, призначений для роботи при тисках від 49 МПа, надасть можливість

забезпечити підвищену точності установки міжвалкового зазору валків під час прокатки металу. Встановлення цього пристрою дозволить вирішити низки питань щодо якості: зниженню витрат емульсії, зменшенню різновтовщиності, та встановлення системи автоматичного контролю параметрів прокатки.

При прокатці на реверсивному стані 1200 та 1680, ще спостерігається такий дефект як подряпина з крихтою. Основна причина появи дефекту - не забезпечення щільної змотування і необхідного внутрішнього діаметру рулонів, що веде за собою тертя витка об виток при розпушування рулону в процесі уповільнення і прискорення стану.

Для видалення цього дефекту на реверсивних станах пропонується реконструювати приймальний корпус головки розмотувача, який буде напесовано на пустотілий вал, встановлений в корпусі редуктора на підшипниках ковзання, в пази якого будуть встановлені шість відвідних сектора. Зміна діаметру головки розмотувача буде проводитися шляхом радіального переміщення сектора, яке буде відбуватися в результаті осьового руху клину, що знаходиться всередині пустотілого валу редуктора. На другому кінці клину встановлений поршень гідроциліндра односторонньої дії з поворотною пружиною. Також це на реверсивному стану 1200 забезпечить створювання розмотувачем натяг штаби між розмотувачем і робочої кліттю при прокатці. Це дозволить відмовитися від перемотування рулону в першому ж проході та прокатувати штабу з обтисненням.

Використання розмотувача конусного типу на реверсивних станах холодної прокатки призводить до появи подряпин на поверхні штаби, які утворюються через недостатньо шильну підмотку рулону, внаслідок чого при перемотці виникає розходження витків рулону та їх ковзання по поверхні штаби.

Для видалення цього недоліку пропонується встановлення розмотувача барабанного типу, що значно покращить якість проковтуваних штаб.

Основною перевагою цього розмотувача є те що при перемотуванні він не допускає розходження витків рулону а також створює значно більше натягнення порівняно з розмотувачем конусного типу. Завдяки створюваній цим розмотувачем силі натягнення можна буде відмовитися від виростання прес-проводки, щоб в її дерев`яних вкладках не застрявали шматочки металу.

Висновки

Як показує стан проблеми та літературний огляд, найбільш доцільним рішенням є модернізація емульсійної системи та встановлення гідравлічного натискного пристрою для усунення таких дефектів: для першого – «пригар емульсії», для другого заходу – коробоватість та хвилястість. Також впровадження системи гідравлічного натискного пристрою підвищить якість поверхні металу що прокатують на реверсивних станах.

Заходом для підвищення якості готового прокату шляхом виделення дефектів коробоватості та хвилястості, і зменшення відходів металу, є заміна механічного на гідравлічний натискний пристрій призначений для роботи при тисках від 49 МПа.

Для запобігання утворенню дефекту «пригара емульсії» пропонується замінити існуючу емульсію на емульсол «ColdRoller». Це зменшить кількість металевих домішок у емульсії та призведе до зниження забрудненості холоднокатаного металу.

Для очищення металевих домішок у емульсії доцільним рішенням буде встановлення установки магнітного очищення УСОЖ-30-2 на реверсивні стани для остаточного очищення вищевказаного емульсолу від металевих домішок.

Комплекс цих заходів підвищить якість поверхні металу, знизить дефекти коробоватості та хвилястості, та усуне дефект «пригар емульсії».

2 ДОСЛІДНИЦЬКО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 План проведення теоретичних досліджень

З попереднього огляду доцільним рішенням буде встановлення установки очищення емульсії від металевих домішок. Вибір того чи іншого способу очищення мастила визначається в першу чергу вимогами до чистоти мастильно-охолоджувальної рідини. Термін експлуатації емульсії і вплив накопичення в ній механічних домішок на чистоту поверхні штаби і енергосилові параметри прокатки є одним з основних питань експлуатації емульсійних систем [15].

Визначивши це необхідно провести наступні дослідження:

1. Визначити принцип методики визначення забрудненості емульсії;
2. Проаналізувати роботу установки очищення емульсії від металевих домішок;
3. Визначити технічні характеристики роботи установки очищення емульсії;
4. Дослідити термін експлуатації емульсії до очищення;

Видалення великих предметів і механічних частинок на реверсивному стану 1200 проводиться новою установкою магнітного очищення УСОЖ-30-2. Установа призначена для очищення мастильно-охолоджувальної рідини (МОР) від механічних домішок в виробничих приміщеннях цехів холодної прокатки сталі і чорних металів.

2.2 Методика експериментального та теоретичного дослідження

Установа УСОЖ-30-2 працює в такий спосіб – МОР з напірного трубопроводу подається у вхідний патрубок, потім через завантажувальний пристрій розділової ванни і потім через отвір внизу ванни в саму ванну.

МОР, заповнюючи ванну, проходить через магнітне поле магнітних блоків. У цьому полі витягуються механічні домішки у вигляді олійно-металевих агрегатів і осідають на поверхні магнітних кишень. Очищена МОР через кишені зливу, очищеної МОР в бічних стінах ванни по жолобах стікає в збірний бак. З бака самопливом через відвідний патрубков направляється в трубопровід очищеної МОР. Таким чином, цикл очистки являє собою паралельний потік. Змішуючись з неочищеної МОР, отримують МОР кілька кращої якості. При безперервній роботі установки з плином часу вся маса МОР досягає заданого рівня очищення.

Через 40 – 50 хвилин безперервної роботи ефективність очищення знижується і ванну необхідно звільнити від олійно-металевої маси.

За сигналом з системи автоматичного контролю і управління включається виконавчий механізм відкриття клапанів зливу МОР, і очищена в ванні МОР зливається в збірний бак, при цьому робиться витримка часу 1,5 – 2 хв. У цей період відбувається бути опорожнення ванни від МОР. Рідина з напірного трубопроводу через загрузочний пристрій вже не надходить в розділову ванну, а вільно виливається в збірний бак. Таким чином, в період очищення ванни від механічних домішок не відбувається очищення потоку. Після спорожнення ванни включається знову привід підйому розділової ванни і ванна встановлюється у вертикальному положення і залишається в ньому на протязі 2 – 3 хв. У цей період відбувається сповзання олійно-металевої маси з поверхні магнітних кишень і розвантаження її в приймальний короб для відходів.

Після витримки часу, знову подається сигнал з системи управління, і ванна встановлюється в горизонтальне (робоче) положення. При цьому включається виконавчий механізм приводу закриття клапану зливу мор. Фіксування ванни в робочому положенні здійснюється кінцевими вимикачами, розташованими на установці.

Системою автоматичного контролю і управління передбачена сигналізація стану кінцевих датчиків, яка відображається на двозрядних індикаторах. У першому розряді індикаторів відображаються літери "А", "В" і "С", які сигналізують про стан конкретного датчика ("А" - резервний датчик, "В" - кінцевий вимикач верхній, "С" - кінцевий вимикач нижній). Можливі їх два стану - "0" або "1". Стан "0" сигналізує про те, що датчик не спрацював, а стан "1" сигналізує, що датчик спрацював. При виникненні аварійної ситуації відображається відповідний стан кінцевих вимикачів (блимає один з індикаторів). Наприклад, блимає індикатор і висвічує стан "ВО" - це сигналізує про те, що кінцевий вимикач верхній не спрацював. У разі, якщо після 10 секунд після початку зрушення і руху розділової ванни з будь-якого крайнього стану не розмикається контакт кінцевих вимикачів, то панель управління також сигналізує про аварійний режим.

У всіх аварійних режимах додатково подається звукова сирена, розташована в шафі електроприводу і САУ. Сирена буде звучати до тих пір, поки не натиснута кнопка "Стоп". До натискання кнопки "Стоп" необхідно за індикаторами визначити аварійну ситуацію. Після цього натиснути кнопку "Стоп" і усунути несправність. У разі, якщо звучить сирена, але не блимають індикатори система управління сигналізує про те, що була відсутність напруги живлення. При цьому необхідно переконається в наявності напруги живлення і перевірити на якій стадії знаходиться установка. Пуск установки проводиться натисненням пускової кнопки на лицьовій панелі системи автоматичного контролю і управління установкою.

2.3 Техніка та апаратура установки УСОЖ-30-2

Технічна продуктивність, м³/год 30

Встановлена потужність електрообладнання, кВт, не більше 1,5

Живлення від мережі змінного струму:

напруга, В –380

частота, Гц – 50

Габаритні розміри, мм, не більше:

довжина 3000

ширина 2050

висота 2400

Маса, кг, не більше 3000

Робочі кліматичні умови експлуатації:

найменша температура навколишнього повітря, С +5

максимальна температура навколишнього повітря, С+40

Установка сконструйована на рамі, яка зроблена з швелера зварюванням. На рамі зверху за допомогою двох шарнірів закріплена рухома рама. На рамі закріплена роздільна ванна, яка виходить своїми кишнями на магнітні блоки. Ці блоки закріплені на нерухомій станині. Завантажувальний пристрій ванни виконано заодно з ванною і вхідними патрубками, опирається на щілинний отвір живлячого трубопроводу. У бічній торцевій стінці баку приварений вхідний патрубок. На задній стінці розташований патрубок відвідного трубопроводу. Привід підйому розділової ванни розташований з правого боку від збірної бака і розміщений в шафі електроприводу і системи автоматичного контролю і управління установкою (САУ).

Привід підйому розділової ванни через зубчасте колесо і поворотний вал з'єднаний з нерухою рамою. Вхідний патрубок з'єднаний з напірним трубопроводом. Відвідний патрубок з'єднаний з трубопроводом очищеної МОР прокатного стану.

Управління роботою установки здійснюються за допомогою системи автоматичного контролю і управління, яка встановлена в шафі

електроприводу і САУ установки. Система автоматичного контролю і управління (САУ) складається з наступних основних частин:

1. Джерело живлення;
2. Трансформатор;
3. Мікропроцесорний блок з пристроєм відображення, розположений на лицьовій панелі системи управління;
4. Релейний блок
5. Датчики стану (кінцеві вимикачі).

Джерело живлення призначене для подання стабілізованої напруги (+5 В, 1А і + 12В, 1А) на мікропроцесорний блок і для живлення релейного блоку.

Трансформатор призначений для подачі живлення (+12 В, 2А) на джерело живлення.

Мікропроцесорний блок призначений для вироблення керуючих сигналів виходячи із заданих параметрів часу кожної операції та стану датчиків.

Релейний блок призначений для комутації і вироблення керуючих впливів на виконавчий механізм приводу клапанів зливу МОР.

Датчики стану призначені для одержання сигналів стану роздільної ванни щодо горизонтальної осі установки.

2.4 Обробка та обговорення результатів досліджень.

Внаслідок установки УСОЖ-30-2 та підвищення чистоти запропонованого емульсолу виконано розрахунок режиму деформацій з урахуванням властивостей емульсолу «ColdRoller».

Розрахунок проводимо використовуючи методику д.т.н., професора Ніколаєва В.О. [16].

Підкат для жерсті $0,6 \times 1030$ мм, 08пс, $R_a = 1,5$ мкм; $R_{a_n} = 0,75$ мкм.

Товщина гарячекатаного підкату: 2,6 мм.

$$V_1 = 7,0 \text{ м/с}; V_2 = 7,0 \text{ м/с}; V_3 = 9,2 \text{ м/с}; V_4 = 7,0 \text{ м/с}; V_5 = 9,2 \text{ м/с}.$$

Визначимо геометричні параметри осередку деформації без урахування пружних деформацій валків і штаби:

$$h_1 = H - \Delta h = 2,6 - 0,8 = 1,8 \text{ мм};$$

$$h_2 = 1,8 - 0,6 = 1,2 \text{ мм};$$

$$h_3 = 1,2 - 0,3 = 0,9 \text{ мм};$$

$$h_4 = 0,9 - 0,2 = 0,7 \text{ мм};$$

$$h_5 = 0,7 - 0,1 = 0,6 \text{ мм}.$$

Визначаємо середню товщину в осередку деформації:

$$h_{cp1} = \sqrt{H \cdot h} = \sqrt{2,6 \cdot 1,8} = 2,16 \text{ мм};$$

$$h_{cp2} = \sqrt{1,8 \cdot 1,2} = 1,47 \text{ мм};$$

$$h_{cp3} = \sqrt{1,2 \cdot 0,9} = 1,04 \text{ мм};$$

$$h_{cp4} = \sqrt{0,9 \cdot 0,7} = 0,79 \text{ мм};$$

$$h_{cp5} = \sqrt{0,7 \cdot 0,6} = 0,64 \text{ мм};$$

Визначаємо геометричну довжину дуги контакту жорстких валків:

$$l_{d1} = \sqrt{R \cdot \Delta h} = \sqrt{210 \cdot 0,8} = 12,96 \text{ мм};$$

$$l_{d2} = \sqrt{210 \cdot 0,6} = 11,22 \text{ мм};$$

$$l_{d3} = \sqrt{210 \cdot 0,3} = 7,94 \text{ мм};$$

$$l_{d4} = \sqrt{210 \cdot 0,2} = 6,48 \text{ мм};$$

$$l_{d5} = \sqrt{210 \cdot 0,1} = 4,58 \text{ мм};$$

Визначаємо відносне обтиснення:

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta h}{H} = \frac{0,8}{2,6} = 0,31 \text{ (31\%)}$$

$$\varepsilon_2 = \frac{0,6}{1,8} = 0,33 \text{ (33\%)}$$

$$\varepsilon_3 = \frac{0,3}{1,2} = 0,25 \text{ (25\%)}$$

$$\varepsilon_4 = \frac{0,2}{0,9} = 0,22 \text{ (22\%)}$$

$$\varepsilon_5 = \frac{0,1}{0,7} = 0,14 \text{ (14\%)}$$

Визначаємо коефіцієнт і показник тертя при холодній прокатці (при $t \geq 50^\circ\text{C}$)

$$f = f_o \cdot K_d \cdot K_\Pi \cdot K_{\text{см}} \cdot K_t,$$

$$\text{де } f_o = 0,076 - 0,0019 \cdot V + 0,031 \cdot (Ra - 0,6) \cdot [(1,07 - 0,14 \cdot V)^3 + 0,054 \cdot V - 0,26]$$

при $V < 7,5 \text{ м/с}$;

$$f_o = K_v \cdot [0,062 + 0,005 (Ra - 0,6)], \quad V > 7,5 \text{ м/с}, \quad K_v = 1$$

при $V < 8 \text{ м/с}$,

$$\text{при } V > 8 \text{ м/с } K_v = 0,56 + 0,7 (1 - 0,025 \cdot V)^2.$$

$$f_{o1} = 0,076 - 0,0019 \cdot 7 + 0,031 \cdot (1,5 - 0,6) \cdot [(1,07 - 0,14 \cdot 7)^3 + 0,054 \cdot 7 - 0,26] = 0,066;$$

$$f_{o2} = 0,066;$$

$$f_{o3} = 0,98 [0,062 + 0,005 (1,5 - 0,6)] = 0,065;$$

$$K_v = 0,56 + 0,7 (1 - 0,025 \cdot 9,2)^2 = 0,98;$$

$$f_{o4} = 0,066;$$

$$f_{o5} = 0,065.$$

$$K_d = 0,47 + 1,75 \cdot \varepsilon \text{ при } Ra \leq 2 \text{ мкм,}$$

$$K_{d1} = 0,47 + 1,75 \cdot 0,31 = 1,0125;$$

$$K_{d2} = 0,47 + 1,75 \cdot 0,33 = 1,0475;$$

$$K_{d3} = 0,47 + 1,75 \cdot 0,25 = 0,9075;$$

$$K_{d4} = 0,47 + 1,75 \cdot 0,22 = 0,855;$$

$$K_{d5} = 0,47 + 1,75 \cdot 0,14 = 0,715.$$

$$K_{\Pi} = 1,09 - 0,05 \cdot Ra \rightarrow K_{\Pi 1,2,3,4,5} = 1,09 - 0,05 \cdot 0,75 = 1,05.$$

$K_{\text{см}} = 1$ (емульсія 3 – 5% мінерального масла)

$$f_1 = 0,0066 \cdot 1,0125 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1 = 0,07;$$

$$f_2 = 0,072;$$

$$f_3 = 0,062;$$

$$f_4 = 0,059;$$

$$f_5 = 0,049.$$

Визначимо показник тертя

$$f_{\Pi} = 1,6 \cdot f - 0,018$$

$$f_{\Pi 1} = 1,6 \cdot 0,07 - 0,018 = 0,094;$$

$$f_{\Pi 2} = 0,097;$$

$$f_{\Pi 3} = 0,081;$$

$$f_{\Pi 4} = 0,076;$$

$$f_{\Pi 5} = 0,06.$$

Розрахуємо межу плинності металу при прокатуванні сталі марки 08ПС.

Хімічний склад сталі приведено у таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі марки 08ПС

C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu
0,05 – 0,08	0,25 – 0,4	0,03	0,1	0,15	0,15

$$C_{\Sigma} = C + \frac{Si}{24} + \frac{Mn}{6} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cr}{5}$$

$$C_{\Sigma} = 0,08 + 0,066 + 0,00125 + 0,00375 + 0,02 = 0,171.$$

$$\sigma_{T0} = 210 + 263 \cdot C_{\Sigma} = 210 + 263 \cdot 0,171 = 255 \text{ Н/мм}^2.$$

$$\Delta\sigma_T = 209 + 460 \cdot C_{\Sigma} = 209 + 460 \cdot 0,171 = 287 \text{ Н/мм}^2.$$

Визначимо коефіцієнт що враховує обтиснення:

$$\text{для } \varepsilon_{\Sigma} = 0 - 0,4 \quad K_{\varepsilon} = 1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_{\Sigma}}{0,4}\right)^{1,5+C} \quad \left. \vphantom{\text{для } \varepsilon_{\Sigma} = 0 - 0,4} \right\}$$

$$\text{для } \varepsilon_{\Sigma} = 0,41 - 0,7 \quad K_{\varepsilon} = 1 + 0,87 (\varepsilon_{\Sigma} - 0,4)^{0,5}$$

$$\text{де } \varepsilon_{\Sigma} = \frac{\Delta h_{\Sigma}}{H_0}$$

$$\varepsilon_{\Sigma 1} = \frac{0,8}{2,6} = 0,31;$$

$$\varepsilon_{\Sigma 2} = \frac{(0,8 + 0,6)}{2,6} = 0,54;$$

$$\varepsilon_{\Sigma 3} = \frac{(0,8 + 0,6 + 0,3)}{2,6} = 0,65;$$

$$\varepsilon_{\Sigma 4} = \frac{(0,8 + 0,6 + 0,3 + 0,2)}{2,6} = 0,73;$$

$$\varepsilon_{\Sigma 5} = \frac{(0,8 + 0,6 + 0,3 + 0,2 + 0,1)}{2,6} = 0,77.$$

$$K_{\varepsilon 1} = 1 - \left(1 - \frac{0,31}{0,4}\right)^{1,5+0,08} = 0,905;$$

$$K_{\varepsilon 2} = 1 + 0,87 (0,54 - 0,4)^{0,5} = 1,326;$$

$$K_{\varepsilon 3} = 1,435;$$

$$K_{\varepsilon 4} = 1,500;$$

$$K_{\varepsilon 5} = 1,529.$$

$$\sigma_{Ti} = \sigma_{T0} + \Delta\sigma_T \cdot K_{\varepsilon},$$

$$\sigma_{T1} = 255 + 287 \cdot 0,905 = 514,74 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_{T2} = 635,56 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_{T3} = 666,84 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_{T4} = 685,50 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_{T5} = 693,82 \text{ Н/мм}^2.$$

Розрахуємо межу плинності металу після деформації з урахуванням впливу швидкості і температури деформації:

$$\sigma'_{Ti} = n_u \cdot n_t \cdot \sigma_{T0} + \Delta\sigma_T \cdot K_\varepsilon,$$

де n_u и n_t визначаємо з виразу:

$$\left. \begin{aligned} n_u &= 1 + 0,38 \left(0,5 + \frac{\ln u}{13,8} \right)^2 \\ n_t &= 0,8 + 0,23 \left(1 - \frac{t_H}{300} \right)^2 \end{aligned} \right\}$$

середній опір металу деформації:

$$\sigma_\phi = 1,15 [n_t \cdot \sigma'_{T(i-1)} + 0,67(\sigma_{T1} - n_t \cdot \sigma_{T(i-1)})],$$

де $\sigma_{T(i-1)}$ – межа плинності металу перед проходом.

Визначаємо швидкість деформації:

$$u = V \cdot \frac{\varepsilon}{l_c},$$

Для першого проходку l_c приймаємо:

$$l_c = \left(\frac{1,3}{1,5} \right) \cdot l_d,$$

$$l_c = 1,4 \cdot 12,96 = 18,14 \text{ мм.}$$

$$u = 7000 \cdot \frac{0,31}{18,14} = 120 \text{ с}^{-1}.$$

$$n_u = 1 + 0,38 \left(0,5 + \ln \frac{120}{13,8} \right)^2 = 1,27.$$

$$n_t = 0,8 + 0,23 \left(1 - \frac{25}{300} \right)^2 = 0,993.$$

Тоді:

$$\sigma_{T1} = 1,27 \cdot 0,993 \cdot 255 + 287 \cdot 0,905 = 581 \text{ Н/мм}^2,$$

що дещо більше σ_{T1} .

$$\sigma_{\phi} = 1,15 [0,993 \cdot 255 + 0,67 (581 - 0,993 \cdot 255)] = 544 \text{ Н/мм}^2.$$

Визначаємо опір металу деформації на вході в валки і на виході з валків (без урахування натягу) довівнює:

$$\sigma_{\phi 0} = 1,15 \cdot n_u \cdot n_t \cdot \sigma_{T0}.$$

$$\sigma_{\phi 0} = 1,15 \cdot 1,27 \cdot 0,993 \cdot 255 = 370 \text{ Н/мм}^2.$$

$$\sigma_{\phi 1} = 1,15 \cdot \sigma_{T1} = 1,15 \cdot 581 = 668 \text{ Н/мм}^2.$$

Визначаємо довжину дуги контакту з урахуванням пружних деформацій валків і штаби:

$$\ell_c = C + \sqrt{C^2 + 4R \cdot \Delta h \cdot (1 - C \cdot (\frac{f_{\Pi}}{2h_{cp}}))} / 2 \cdot (1 - C \cdot (\frac{f_{\Pi}}{2h_{cp}})),$$

$$\left. \begin{aligned} C &= n_{cp} \cdot \sigma_{\phi} \cdot (\frac{R}{47500}), \\ x_2 &= n_1 \cdot \sigma_{\phi 1} \cdot (\frac{R}{9500}), \\ \ell_c &= \ell'_c + x_2. \end{aligned} \right\}$$

де R – радіус жорсткого валка; n_{cp} і n_1 – коефіцієнти що враховують вплив середніх напружень натягу і напруги натягу переднього кінця штаби:

$$n_{cp} = 1 - \frac{(\sigma_n + \sigma_3)}{2\sigma_{\phi}};$$

$$n_1 = 1 - \frac{\sigma_n}{\sigma_{\phi 1}}.$$

де σ_n , σ_3 – напруги переднього і заднього натягу.

Приймаємо $\sigma_3 = 25 \text{ Н/мм}^2$.

$$\sigma_n = (0,1 - 0,2) \cdot \sigma_{T1} = 0,15 \cdot 514,74 = 77 \text{ Н/мм}^2;$$

$$n_{cp} = 1 - \frac{(77+25)}{2} \cdot 544 = 0,91;$$

$$n_1 = 1 - \frac{77}{668} = 0,88;$$

$$C = 0,91 \cdot 544 \cdot \left(\frac{210}{47500}\right) = 2,19 \text{ мм};$$

$$x_2 = 0,88 \cdot 668 \cdot \left(\frac{210}{9500}\right) = 1,3 \text{ мм}.$$

$$\begin{aligned} l'_c &= 2,19 + \sqrt{2,19^2 + 4 \cdot 210 \cdot 0,8 \cdot (1 - 2,19 \cdot \left(\frac{0,094}{2} \cdot 2,16\right)) / 2 \cdot (1 - 2,19 \cdot \\ &\quad \cdot \left(\frac{0,094}{2} \cdot 2,16\right))} = 14,5 \text{ мм}; \end{aligned}$$

$$l_c = 14,5 + 1,3 = 15,8 \text{ мм} \approx 16 \text{ мм}.$$

Визначимо радіус деформованого валка і кут контакту:

$$R_c = \frac{l_c^2}{\Delta h} = \frac{16^2}{0,8} = 320 \text{ мм};$$

$$a_c = \frac{l_c}{R_c} = \frac{16}{320} = 0,05 \text{ рад}.$$

Знаходимо енергосилові параметри прокатки. Середній тиск дорівнює:

$$P'_{cp} = \sigma_\phi \cdot \left(1 + C_H \cdot f_n \cdot \left(\frac{l_c}{h_{cp}}\right)\right)$$

$$\text{при } f_n \leq 0,12$$

$$C_H = 0,17 \cdot (1 + 14,7 \cdot f)$$

$$C_H = 0,17 \cdot (1 + 14,7 \cdot 0,094) = 0,4.$$

$$P'_{cp} = 544 \cdot \left(1 + 0,4 \cdot 0,094 \cdot \left(\frac{16}{2,16}\right)\right) = 696 \text{ Н/мм}^2.$$

Визначаємо середній тиск з урахуванням натягу:

$$P_{cp} = P'_{cp} \cdot (1 - (\sigma_n + \sigma_3) / 2 \cdot P'_{cp}) = 696 \cdot (1 - (77 + 25) / 2 \cdot 696) = 645 \text{ Н/мм}^2.$$

Визначаємо зусилля прокатки:

$$P = P_{cp} \cdot l_c \cdot B_{cp} \cdot 10^{-6} = 645 \cdot 16 \cdot 1030 \cdot 10^{-6} = 10,6 \text{ МН}.$$

Коефіцієнт положення рівнодіючих сил для умов холодної прокатки дорівнює:

$$\Psi = 0,48 \cdot \left(\frac{l_d}{l_c}\right)^2 = 0,48 \cdot \left(\frac{12,96}{16}\right)^2 = 0,3.$$

Крутний момент прокатки з урахуванням натягу кінців штаби дорівнює (для двох валків):

$$M = 2 \cdot \Psi \cdot P \cdot l_c + H \cdot B \cdot R \cdot \sigma_3 \cdot 10^{-6} \cdot \left(1 - \frac{h}{H} \cdot \frac{b}{B} \cdot \frac{\sigma_H}{\sigma_3}\right).$$

$$M = 2 \cdot 0,3 \cdot 10,6 \cdot 0,016 + 2,6 + 1030 \cdot 25 \cdot 0,215 \cdot 10^{-6} \cdot \left(1 - \frac{1,8}{2,6} \cdot \frac{77}{25}\right) =$$

$$= 0,09 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Потужність прокатки на двох валках (на кінцях валків):

$$N = 960 \cdot M \cdot \left(\frac{V}{R}\right) = 960 \cdot 0,09 \cdot \left(\frac{7}{0,210}\right) = 2880 \text{ кВт}.$$

Визначимо температуру штаби на виході з кліті після 1-го проходу:

$$t_k = t_H + \Delta t,$$

$$\text{де } \Delta t = 0,05 \cdot m \cdot (P_{cp} + \sigma_\phi) \cdot \ln \frac{H}{h},$$

$$\text{де } m = 2,2 - 0,65 \cdot \left(\frac{t_H}{480} - 0,042\right)^{1,4}.$$

$$m = 2,2 - 0,65 \cdot \left(\frac{25}{480} - 0,042\right)^{1,4} = 2,175.$$

$$\Delta t = 0,05 \cdot 2,175 \cdot (645 + 544) \cdot \ln \frac{2,6}{1,8} = 48 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$t_k = 25 + 48 = 73 \text{ }^\circ\text{C}.$$

2-й прохід.

$$\sigma'_{T2} = n_u \cdot n_t \cdot \sigma_{T0} + \Delta \sigma_T \cdot K_\varepsilon,$$

$$n_u = 1 + 0,38 \cdot \left(0,5 + \ln \frac{u}{13,8}\right)^2$$

$$n_t = 0,8 + 0,23 \cdot \left(1 - \frac{t_H}{300}\right)^2;$$

$$\sigma_{\phi} = 1,15 \cdot [n_t \cdot \sigma_{T(i-1)} + 0,67 \cdot (\sigma'_{T2} - n_t \cdot \sigma_{T(i-1)})],$$

$$\text{где } \sigma_{T(i-1)} = \sigma_{T1} = 514,74 \text{ Н/мм}^2;$$

$$t_H = 73 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$u = V \cdot \frac{\varepsilon}{l_c},$$

приймаємо:

$$l_c = \left(\frac{1,3}{1,5}\right) \cdot l_{d2};$$

$$l_{d2} = 11,22 \text{ мм.}$$

$$l_c = 1,4 \cdot 11,22 = 15,71 \text{ мм.}$$

$$u = 7000 \cdot \frac{0,33}{15,71} = 147 \text{ с}^{-1}.$$

$$n_u = 1 + 0,38 \cdot \left(0,5 + l_n \frac{147}{13,8}\right)^2 = 1,28.$$

$$n_t = 0,8 + 0,23 \cdot \left(1 - \frac{73}{300}\right)^2 = 0,93.$$

При $K_\varepsilon = 1,326$ і $\varepsilon = 0,33$ отримаємо σ'_{T2} :

$$\sigma'_{T2} = 1,28 \cdot 0,93 \cdot 255 + 287 \cdot 1,326 = 684 \text{ Н/мм}^2,$$

$$\sigma_{\phi} = 1,15 \cdot [0,93 \cdot 514,74 + 0,67 \cdot (684 - 0,93 \cdot 514,74)] = 709 \text{ Н/мм}^2.$$

Опір металу деформації на вході в валки і на виході з валків (без урахування натягу) дорівнює:

$$\sigma_{\phi 0} = 1,15 \cdot n_u \cdot n_t \cdot \sigma_{T0}.$$

$$\sigma_{\phi 0} = 1,15 \cdot 1,28 \cdot 0,93 \cdot 255 = 349 \text{ Н/мм}^2.$$

$$\sigma_{\phi 2} = 1,15 \cdot \sigma'_{T2} = 1,15 \cdot 684 = 787 \text{ Н/мм}^2.$$

Визначимо довжину дуги контакту з урахуванням пружних деформацій валків і штаби:

$$l_c = C + \sqrt{C^2 + 4R \cdot \Delta h \left(1 - C \cdot \left(\frac{f_{II}}{2h_{cp}}\right)\right) / 2 \left(1 - C \cdot \left(\frac{f_{II}}{2h_{cp}}\right)\right)},$$

$$\left. \begin{aligned} C &= n_{cp} \cdot \sigma_{\phi} \cdot \left(\frac{R}{47500}\right), \\ x_2 &= n_1 \cdot \sigma_{\phi 1} \cdot \left(\frac{R}{9500}\right), \\ \ell_c &= \ell'_c + x_2. \end{aligned} \right\}$$

$$n_{cp} = 1 - \frac{(\sigma_n + \sigma_3)}{2\sigma_{\phi}};$$

$$n_1 = 1 - \frac{\sigma_n}{\sigma_{\phi 2}}.$$

$$\sigma_n = 0,15 \cdot 635,56 = 95 \text{ Н/мм}^2;$$

$$n_{cp} = 1 - \frac{(95 + 30)}{2} \cdot 709 = 0,91;$$

$$n_1 = 1 - \frac{95}{787} = 0,88;$$

$$C = 0,91 \cdot 709 \cdot \left(\frac{210}{47500}\right) = 2,85 \text{ мм};$$

$$x_2 = 0,88 \cdot 787 \cdot \left(\frac{R}{95000}\right) = 1,53 \text{ мм}.$$

$$\begin{aligned} \ell'_c &= 2,85 + \sqrt{2,85^2 + 4 \cdot 210 \cdot 0,6 \cdot (1 - 2,85 \cdot (\frac{0,097}{2} \cdot 1,47))} / 2 \cdot (1 - 2,85 \cdot \\ &\quad \cdot (\frac{0,097}{2} \cdot 1,47)) = 13,5 \text{ мм}; \end{aligned}$$

$$\ell_c = 13,5 + 1,53 = 15,03 \text{ мм}.$$

Визначимо радіус деформованого валка і кут контакту:

$$R_c = \frac{15,03^2}{0,6} = 376 \text{ мм};$$

$$a_c = \frac{15,03}{376} = 0,04 \text{ рад}.$$

Знаходимо середній нормальний тиск і енергосилові параметри прокатки

$$P'_{cp} = \sigma_{\phi} \cdot (1 + C_H \cdot f_n \cdot (\frac{l_c}{h_{cp}}));$$

$$C_H = 0,17 \cdot (1 + 14,7 \cdot f) = 0,17 \cdot (1 + 14,7 \cdot 0,097) = 0,41.$$

$$P'_{cp} = 709 \cdot (1 + 0,41 \cdot 0,097 \cdot (\frac{15,03}{1,47})) = 997 \text{ Н/мм}^2.$$

$$P_{cp} = 997 \cdot (1 - \frac{(95 + 30)}{2} \cdot 997) = 934 \text{ Н/мм}^2.$$

$$P = 934 \cdot 15,03 \cdot 1030 \cdot 10^{-6} = 14,4 \text{ МН.}$$

Коефіцієнт положення рівнодіючих сил для умов холодної прокатки дорівнює:

$$\Psi = 0,48 \cdot (\frac{l_d}{l_c})^2 = 0,48 \cdot (\frac{11,22}{15,03})^2 = 0,27.$$

Крутний момент прокатки з урахуванням натягу кінців штаби дорівнює (для двох валків):

$$\begin{aligned} M &= 2 \cdot 0,27 \cdot 14,4 \cdot 0,015 + 1,8 \cdot 1030 \cdot 30 \cdot 0,215 \cdot 10^{-6} \cdot (1 - \frac{1,2}{1,8} \cdot \frac{95}{30}) = \\ &= 0,1 \text{ МН} \cdot \text{м.} \end{aligned}$$

Потужність прокатки на двох валках (на кінцях валків):

$$N = 960 \cdot 0,1 \cdot (\frac{7}{0,215}) = 3125 \text{ кВт.}$$

Визначимо температуру t_k штаби на виході з кліті (після 2-го проходу):

$$t_k = t_H + \Delta t,$$

$$\text{де } \Delta t = 0,05 \cdot m \cdot (P_{cp} + \sigma_\phi) \cdot \ln \frac{H}{h},$$

$$\text{де } m = 2,2 - 0,65 \cdot (\frac{t_H}{480} - 0,042)^{1,4}.$$

$$m = 2,2 - 0,65 \cdot (\frac{73}{480} - 0,042)^{1,4} = 2,17.$$

$$\Delta t = 0,05 \cdot 2,17 \cdot (934 + 709) \cdot \ln \frac{1,8}{1,2} = 72 \text{ }^\circ\text{C.}$$

$$t_k = 73 + 72 = 145 \text{ }^\circ\text{C.}$$

3-й прохід.

$$\sigma'_{T3} = n_u \cdot n_t \cdot \sigma_{T0} + \Delta \sigma_T \cdot K_\epsilon,$$

$$n_u = 1 + 0,38 \cdot (0,5 + \ln \frac{u}{13,8})^2$$

$$n_t = 0,8 + 0,23 \cdot (1 - \frac{t_H}{300})^2;$$

$$\sigma_{\phi} = 1,15[n_t \cdot \sigma_{\tau(i-1)} + 0,67(\sigma'_{\tau 3} - n_t \cdot \sigma_{\tau(i-1)})],$$

$$\text{де } \sigma_{\tau(i-1)} = \sigma_{\tau 2} = 635,56 \text{ Н/мм}^2;$$

$$t_H = 145^\circ\text{C}.$$

$$u = V \cdot \frac{\varepsilon}{l_c},$$

приймаємо

$$l_c = (\frac{1,3}{1,5}) \cdot l_{d3};$$

$$l_{d3} = 7,94 \text{ мм}.$$

$$l_c = 1,4 \cdot 7,94 = 11,12 \text{ мм}.$$

$$u = 9200 \cdot \frac{0,25}{11,12} = 207 \text{ с}^{-1}.$$

$$n_u = 1 + 0,38 \cdot (0,5 + \ln \frac{207}{13,8})^2 = 1,3.$$

$$n_t = 0,8 + 0,23 \cdot (1 - \frac{145}{300})^2 = 0,86.$$

При $K_\varepsilon = 1,435$ и $\varepsilon = 0,25$ отримуємо $\sigma'_{\tau 3}$:

$$\sigma'_{\tau 3} = 1,3 \cdot 0,86 \cdot 255 + 287 \cdot 1,435 = 697 \text{ Н/мм}^2,$$

$$\sigma_{\phi} = 1,15 \cdot [0,86 \cdot 635,56 + 0,67 \cdot (697 - 0,86 \cdot 635,56)] = 744 \text{ Н/мм}^2.$$

Опір металу деформації на вході в валки і на виході з валків (без урахування натягу) дорівнює:

$$\sigma_{\phi 0} = 1,15 \cdot n_u \cdot n_t \cdot \sigma_{\tau 0}.$$

$$\sigma_{\phi 0} = 1,15 \cdot 1,3 \cdot 0,86 \cdot 255 = 328 \text{ Н/мм}^2.$$

$$\sigma_{\phi 3} = 1,15 \cdot \sigma'_{\tau 3} = 1,15 \cdot 697 = 802 \text{ Н/мм}^2.$$

Довжина дуги контакту з урахуванням пружних деформацій валків і штаби, при $\sigma_3 = 30 \text{ Н/мм}^2$:

$$l_c = C + \sqrt{C^2 + 4R \cdot \Delta h \cdot (1 - C \cdot (\frac{f_n}{2h_{cp}}))} / 2 \cdot (1 - C \cdot (\frac{f_n}{2h_{cp}})),$$

$$\left. \begin{aligned} C &= n_{cp} \cdot \sigma_\phi \cdot (R/47500), \\ x_2 &= n_1 \cdot \sigma_{\phi 1} \cdot (R/9500), \\ l_c &= l'_c + x_2. \end{aligned} \right\}$$

$$n_{cp} = 1 - \frac{(\sigma_n + \sigma_3)}{2\sigma_\phi};$$

$$n_i = 1 - \frac{\sigma_n}{\sigma_{\phi 3}}.$$

$$\sigma_n = 0,15 \cdot 666,84 = 100 \text{ Н/мм}^2;$$

$$n_{cp} = 1 - \frac{(100 + 30)}{2} \cdot 744 = 0,91;$$

$$n_1 = 1 - 100/802 = 0,87;$$

$$C = 0,91 \cdot 744 \cdot (\frac{215}{47500}) = 3,06 \text{ мм};$$

$$x_2 = 0,87 \cdot 802 \cdot (\frac{215}{95000}) = 1,58 \text{ мм}.$$

$$l'_c = 3,06 + \sqrt{3,06^2 + 4 \cdot 215 \cdot 0,3 \cdot (1 - 3,06 \cdot (\frac{0,081}{2} \cdot 1,04))} / 2 \cdot (1 - 3,06 \cdot (\frac{0,081}{2} \cdot 1,04)) = 10,5 \text{ мм};$$

$$l_c = 10,5 + 1,58 = 12,08 \text{ мм}.$$

Визначимо радіус деформованого валка і кут контакту:

$$R_c = \frac{12,08^2}{0,3} = 486 \text{ мм};$$

$$a_c = \frac{12,08}{376} = 0,025 \text{ рад}.$$

Знаходимо середній нормальний тиск і енергосилові параметри прокатки

$$P'_{cp} = \sigma_\phi \cdot (1 + C_n \cdot f_n \cdot (\frac{l_c}{h_{cp}}));$$

$$C_n = 0,17 \cdot (1 + 14,7 \cdot f) = 0,17 \cdot (1 + 14,7 \cdot 0,081) = 0,37.$$

$$P'_{cp} = 744 \cdot (1 + 0,37 \cdot 0,081 \cdot (\frac{12,08}{1,04})) = 1003 \text{ Н/мм}^2.$$

$$P_{cp} = 1003 \cdot (1 - \frac{(100 + 30)}{2}) \cdot 1003 = 938 \text{ Н/мм}^2.$$

$$P = 938 \cdot 12,08 \cdot 1030 \cdot 10^{-6} = 11,7 \text{ МН.}$$

Коефіцієнт положення рівнодіючих сил для умов холодної прокатки дорівнює:

$$\Psi = 0,48 \cdot (\frac{l_d}{l_c})^2 = 0,48 \cdot (\frac{7,94}{12,08})^2 = 0,2.$$

Крутний момент прокатки з урахуванням натягу кінців штаби дорівнює (для двох валків):

$$M = 2 \cdot 0,2 \cdot 11,7 \cdot 0,0121 + 1,8 \cdot 1030 \cdot 30 \cdot 0,215 \cdot 10^{-6} \cdot (1 - \frac{0,9}{1,2} \cdot \frac{100}{30}) = \\ = 0,044 \text{ МН} \cdot \text{м.}$$

Потужність прокатки на двох валках (на кінцях валків):

$$N = 960 \cdot 0,044 \cdot (\frac{9,2}{0,215}) = 1807 \text{ кВт.}$$

Визначимо температуру t_k штаби на виході з кліті (після 3-го проходу):

$$t_k = t_H + \Delta t,$$

$$\text{де } \Delta t = 0,05 \cdot m \cdot (P_{cp} + \sigma_\phi) \cdot \ln \frac{H}{h},$$

$$\text{де } m = 2,2 - 0,65 \cdot (\frac{t_H}{480} - 0,042)^{1,4}.$$

$$m = 2,2 - 0,65 \cdot (\frac{145}{480} - 0,042)^{1,4} = 2,1.$$

$$\Delta t = 0,05 \cdot 2,1 \cdot (938 + 744) \cdot \ln \frac{1,2}{0,9} = 51 \text{ }^\circ\text{C.}$$

$$t_k = 145 + 51 = 196 \text{ }^\circ\text{C.}$$

4-й прохід.

$$\sigma'_{T4} = n_u \cdot n_t \cdot \sigma_{T0} + \Delta \sigma_T \cdot K_\varepsilon,$$

$$n_u = 1 + 0,38 \cdot (0,5 + \ln \frac{u}{13,8})^2$$

$$n_t = 0,8 + 0,23 \cdot (1 - \frac{t_H}{300})^2;$$

$$\sigma_{\phi} = 1,15 \cdot [n_t \cdot \sigma_{T(i-1)} + 0,67 \cdot (\sigma'_{T4} - n_t \cdot \sigma_{T(i-1)})],$$

где $\sigma_{T(i-1)} = \sigma_{T3} = 666,84 \text{ Н/мм}^2$;

$$t_H = 196 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$u = V \cdot \frac{\varepsilon}{l_c};$$

приймаємо

$$l_c = (\frac{1,3}{1,5}) \cdot l_{d4};$$

$$l_{d4} = 6,48 \text{ мм}.$$

$$l_c = 1,4 \cdot 6,48 = 9,1 \text{ мм}.$$

$$u = 7000 \cdot \frac{0,22}{9,1} = 169 \text{ с}^{-1}.$$

$$n_u = 1 + 0,38 \cdot (0,5 + \ln \frac{169}{13,8})^2 = 1,29.$$

$$n_t = 0,8 + 0,23 \cdot (1 - \frac{196}{300})^2 = 0,82.$$

При $K_\varepsilon = 1,500$ и $\varepsilon = 0,22$ отримуємо σ'_{T4} :

$$\sigma'_{T4} = 1,29 \cdot 0,82 \cdot 255 + 287 \cdot 1,5 = 700 \text{ Н/мм}^2,$$

$$\sigma_{\phi} = 1,15 \cdot [0,82 \cdot 666,84 + 0,67 \cdot (700 - 0,82 \cdot 666,84)] = 747 \text{ Н/мм}^2.$$

Опір металу деформації на вході в валки і на виході з валків (без урахування натягу) дорівнює:

$$\sigma_{\phi 0} = 1,15 \cdot n_u \cdot n_t \cdot \sigma_{T0}.$$

$$\sigma_{\phi 0} = 1,15 \cdot 1,29 \cdot 0,82 \cdot 255 = 310 \text{ Н/мм}^2.$$

$$\sigma_{\phi 4} = 1,15 \cdot \sigma'_{T4} = 1,15 \cdot 700 = 805 \text{ Н/мм}^2.$$

Довжина дуги контакту з урахуванням пружних деформацій валків і штаби, при $\sigma_3 = 30 \text{ Н/мм}^2$:

$$l_c = C + \sqrt{C^2 + 4R \cdot \Delta h (1 - C(\frac{f_{\Pi}}{2h_{cp}})) / 2(1 - C(\frac{f_{\Pi}}{2h_{cp}}))},$$

$$\left. \begin{aligned} C &= n_{cp} \cdot \sigma_{\phi} \cdot (R/47500), \\ x_2 &= n_1 \cdot \sigma_{\phi 1} \cdot (R/9500), \\ \ell_c &= \ell'_c + x_2. \end{aligned} \right\}$$

$$n_{cp} = 1 - \frac{(\sigma_n + \sigma_3)}{2\sigma_{\phi}};$$

$$n_i = 1 - \frac{\sigma_n}{\sigma_{\phi 4}}.$$

$$\sigma_n = 0,15 \cdot 685,5 = 103 \text{ Н/мм}^2;$$

$$n_{cp} = 1 - \frac{(103 + 30)}{2} \cdot 747 = 0,91;$$

$$n_1 = 1 - \frac{103}{805} = 0,87;$$

$$C = 0,91 \cdot 747 \cdot \left(\frac{215}{47500}\right) = 3,08 \text{ мм};$$

$$x_2 = 0,87 \cdot 805 \cdot \left(\frac{215}{95000}\right) = 1,58 \text{ мм}.$$

$$\begin{aligned} \ell'_c &= 3,08 + \sqrt{3,08^2 + 4 \cdot 215 \cdot 0,2 \cdot (1 - 3,08 \cdot (\frac{0,076}{2} \cdot 0,79))} / 2 \cdot (1 - 3,08 \cdot \\ &\cdot (\frac{0,076}{2} \cdot 0,79)) = 9,16 \text{ мм}; \end{aligned}$$

$$\ell_c = 9,16 + 1,58 = 10,74 \text{ мм}.$$

Визначимо радіус деформованого валка і кут контакту:

$$R_c = \frac{10,74^2}{0,2} = 577 \text{ мм};$$

$$a_c = \frac{10,74}{577} = 0,019 \text{ рад}.$$

Знаходимо середнє нормальний тиск і енергосилові параметри прокатки

$$P'_{cp} = \sigma_{\phi} \left(1 + C_H \cdot f_n \cdot \left(\frac{\ell_c}{h_{cp}}\right)\right);$$

$$C_H = 0,17 \cdot (1 + 14,7 \cdot 0,076) = 0,36.$$

$$P'_{cp} = 747 \cdot \left(1 + 0,36 \cdot 0,076 \cdot \left(\frac{10,74}{0,79}\right)\right) = 1025 \text{ Н/мм}^2.$$

$$P_{cp} = 1025 \cdot \left(1 - \frac{(103 + 30)}{2} \cdot 1025\right) = 958 \text{ Н/мм}^2.$$

$$P = 958 \cdot 10,74 \cdot 1030 \cdot 10^{-6} = 10,6 \text{ МН.}$$

Коефіцієнт положення рівнодіюча сил для умов холодної прокатки дорівнює:

$$\Psi = 0,4 \cdot \left(\frac{6,48}{10,74}\right)^2 = 0,17.$$

Крутний момент прокатки з урахуванням натягу кінців штаби дорівнює (для двох валків):

$$\begin{aligned} M &= 2 \cdot 0,17 \cdot 10,6 \cdot 0,011 + 0,9 \cdot 1030 \cdot 30 \cdot 0,215 \cdot 10^{-6} \cdot \left(1 - \frac{0,7}{0,9} \cdot \frac{103}{30}\right) = \\ &= 0,029 \text{ Мн} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

Потужність власне прокатки на двох валках (на кінцях валків):

$$N = 960 \cdot 0,029 \cdot \left(\frac{7,0}{0,215}\right) = 906 \text{ кВт.}$$

Визначимо температуру t_k штаби на виході з кліті (після 4-го проходу):

$$t_k = t_H + \Delta t,$$

$$\text{де } \Delta t = 0,05 \cdot m(P_{cp} + \sigma_\phi) \cdot \ln \frac{H}{h},$$

$$\text{де } m = 2,2 - 0,65 \left(\frac{t_H}{480} - 0,042\right)^{1,4}.$$

$$m = 2,2 - 0,65 \left(\frac{196}{480} - 0,042\right)^{1,4} = 2,04.$$

$$\Delta t = 0,05 \cdot 2,04 \cdot (958 + 747) \cdot \ln \frac{0,9}{0,7} = 44 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$t_k = 196 + 44 = 240 \text{ }^\circ\text{C}.$$

5-й прохід.

$$\sigma'_{T5} = n_u \cdot n_t \cdot \sigma_{T0} + \Delta \sigma_T \cdot K_\varepsilon,$$

$$n_u = 1 + 0,38 \cdot \left(0,5 + \ln \frac{u}{13,8}\right)^2$$

$$n_t = 0,8 + 0,23 \cdot \left(1 - \frac{t_H}{300}\right)^2;$$

$$\sigma_\phi = 1,15[n_t \cdot \sigma_{T(i-1)} + 0,67(\sigma'_{T5} - n_t \cdot \sigma_{T(i-1)})],$$

$$\text{де } \sigma_{\tau(i-1)} = \sigma_{\tau 4} = 685,5 \text{ Н/мм}^2;$$

$$t_H = 240 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$u = V \cdot \frac{\varepsilon}{l_c}$$

приймаємо

$$l_c = \left(\frac{1,3}{1,5}\right) \cdot l_{d5};$$

$$l_{d5} = 4,58 \text{ мм}.$$

$$l_c = 1,4 \cdot 4,58 = 6,4 \text{ мм}.$$

$$u = 9200 \cdot \frac{0,14}{6,4} = 201 \text{ с}^{-1}.$$

$$n_u = 1 + 0,38 \cdot \left(0,5 + \ln \frac{201}{13,8}\right)^2 = 1,3.$$

$$n_t = 0,8 + 0,23 \cdot \left(1 - \frac{240}{300}\right)^2 = 0,81.$$

При $K_\varepsilon = 1,529$ и $\varepsilon = 0,14$ отримуємо $\sigma'_{\tau 5}$:

$$\sigma'_{\tau 5} = 1,3 \cdot 0,81 \cdot 255 + 287 \cdot 1,529 = 707 \text{ Н/мм}^2,$$

$$\sigma_\phi = 1,15 \cdot [0,81 \cdot 685,5 + 0,67 \cdot (707 - 0,81 \cdot 685,5)] = 755 \text{ Н/мм}^2.$$

Опір металу деформації на вході в валки і на виході з валків (без урахування натягу) рівні:

$$\sigma_{\phi 0} = 1,15 \cdot n_u \cdot n_t \cdot \sigma_{\tau 0}.$$

$$\sigma_{\phi 0} = 1,15 \cdot 1,3 \cdot 0,81 \cdot 255 = 309 \text{ Н/мм}^2.$$

$$\sigma_{\phi 5} = 1,15 \cdot \sigma'_{\tau 5} = 1,15 \cdot 707 = 813 \text{ Н/мм}^2.$$

Довжина дуги контакту з урахуванням пружних деформацій валків і штаби, при $\sigma_z = 30 \text{ Н/мм}^2$; $\sigma_n = 35 \text{ Н/мм}^2$:

$$l_c = C + \sqrt{C^2 + 4R \cdot \Delta h \left(1 - C \left(\frac{f_{\Pi}}{2h_{cp}}\right)\right) / 2 \left(1 - C \left(\frac{f_{\Pi}}{2h_{cp}}\right)\right)},$$

$$\left. \begin{aligned} C &= n_{cp} \cdot \sigma_{\phi} \cdot \left(\frac{R}{47500}\right), \\ x_2 &= n_1 \cdot \sigma_{\phi 1} \cdot \left(\frac{R}{9500}\right), \\ \ell_c &= \ell'_c + x_2. \end{aligned} \right\}$$

$$n_{cp} = 1 - \frac{(\sigma_n + \sigma_3)}{2\sigma_{\phi}};$$

$$n_1 = 1 - \frac{\sigma_n}{\sigma_{\phi 5}}.$$

$$n_{cp} = 1 - \frac{(30 + 35)}{2} \cdot 755 = 0,96;$$

$$n_1 = 1 - \frac{35}{813} = 0,96;$$

$$C = 0,96 \cdot 755 \cdot \left(\frac{210}{47500}\right) = 3,28 \text{ мм};$$

$$x_2 = 0,96 \cdot 813 \cdot \left(\frac{210}{95000}\right) = 1,77 \text{ мм}.$$

$$\begin{aligned} \ell'_c &= 3,28 + \sqrt{3,28^2 + 4 \cdot 215 \cdot 0,1 \cdot (1 - 3,28 \cdot \left(\frac{0,06}{2} \cdot 0,64\right))} / 2 \cdot (1 - 3,28 \cdot \\ &\cdot \left(\frac{0,06}{2} \cdot 0,64\right)) = 7,3 \text{ мм}; \end{aligned}$$

$$\ell_c = 7,3 + 1,77 = 9,07 \text{ мм}.$$

Визначимо радіус деформованого валка і кут контакту:

$$R_c = \frac{9,07^2}{0,1} = 823 \text{ мм};$$

$$a_c = \frac{9,07}{823} = 0,011 \text{ рад}.$$

Знаходимо середній нормальний тиск і енергосилові параметри прокатки

$$P'_{cp} = \sigma_{\phi} \cdot \left(1 + C_n \cdot f_n \cdot \left(\frac{\ell_c}{h_{cp}}\right)\right);$$

$$C_n = 0,17(1 + 14,7 \cdot f) = 0,17 \cdot (1 + 14,7 \cdot 0,06) = 0,36.$$

$$P'_{cp} = 755 \cdot \left(1 + 0,32 \cdot 0,06 \cdot \left(\frac{9,07}{0,64}\right)\right) = 960 \text{ Н/мм}^2.$$

$$P_{cp} = 960 \cdot \left(1 - \frac{(30 + 35)}{2} \cdot 960\right) = 928 \text{ Н/мм}^2.$$

$$P = 928 \cdot 9,07 \cdot 1030 \cdot 10^{-6} = 8,7 \text{ МН}.$$

Коефіцієнт положення рівнодіюча сил для умов холодної прокатки дорівнює:

$$\Psi = 0,48 \cdot \left(\frac{4,58}{9,07}\right)^2 = 0,12.$$

Крутний момент прокатки з урахуванням натягу кінців штаби дорівнює (для двох валків):

$$\begin{aligned} M &= 2 \cdot 0,12 \cdot 8,7 \cdot 0,009 + 0,7 \cdot 1030 \cdot 30 \cdot 0,215 \cdot 10^{-6} \cdot \left(1 - \frac{0,6}{0,7} \cdot \frac{35}{30}\right) = \\ &= 0,019 \text{ Мн} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

Потужність власне прокатки на двох валках (на кінцях валків):

$$N = 960 \cdot 0,019 \cdot \left(\frac{9,2}{0,215}\right) = 780 \text{ кВт}.$$

Визначимо температуру $t_{\text{до}}$ штаби на виході з кліті (після 5-го проходу):

$$t_{\text{к}} = t_{\text{н}} + \Delta t,$$

$$\text{де } \Delta t = 0,05 \cdot m \cdot (P_{\text{ср}} + \sigma_{\text{ф}}) \cdot \ln \frac{H}{h},$$

$$\text{де } m = 2,2 - 0,65 \cdot \left(\frac{t_{\text{н}}}{480} - 0,042\right)^{1,4}.$$

$$m = 2,2 - 0,65 \cdot \left(\frac{240}{480} - 0,042\right)^{1,4} = 1,98.$$

$$\Delta t = 0,05 \cdot 1,98 \cdot (928 + 755) \cdot \ln \frac{0,7}{0,6} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

$$t_{\text{к}} = 240 + 25 = 265 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Отже використання емульсії «ColdRoller» та очищення її від домішок за допомогою установки УСОЖ-30-2 дає можливість зменшити температуру прокатки. Також температура штаби після 5-го проходу складає 265 °С, що є допустимою робочою температурою для цього емульсолу.

Висновки

У розділі описано установку очищення мастильно-охолоджувальної рідини від олійно-металевих часточок УСОЖ-30-2. Встановлені задачі установки, у остаточному очищенні емульсолу «ColdRoller» від металевих домішок для зниження дефектів «пригар емульсії», плями забруднення. Описано процес роботи установки з очищення, та проведено розрахунок режиму деформацій с урахуванням властивостей емульсолу «ColdRoller», за результатами якого встановлено, що кінцева температура штаби після прокатки становить 265 °С, що є допустимою робочою температурою для цього емульсолу, і при якій забезпечується покращення умов у зоні контакту металу з валками завдяки покращенню промаслюючі властивостей очищеної емульсії.

3 ПРОПОЗИЦІЇ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРОКАТКИ

3.1 Технології особливості гідравлічного натискного пристрою для станів холодної прокатки

З попереднього аналізу встановлено, що доцільним заходом для підвищення якості готового прокату шляхом зменшенню дефектів різнотовщинності є заміна існуючого натискного пристрою на гідравлічний натискний пристрій, який призначений для роботи при тисках від 49 МПа і, окрім цього забезпечує підвищену точність установки валків (рисунок 3.1).

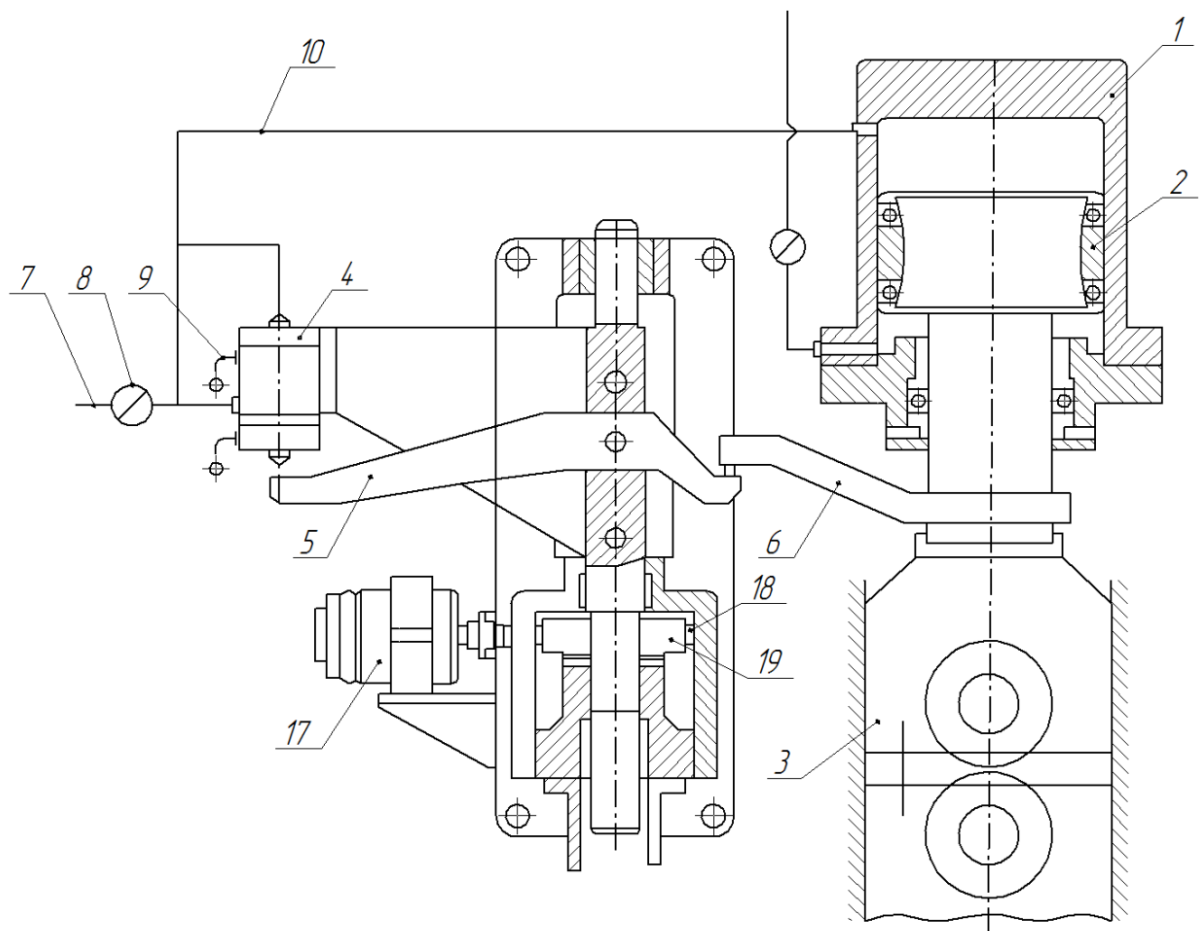


Рисунок 3.1 – Гідравлічний натискний пристрій прокатного стану

Встановлення цього пристрою дозволить вирішити низки питань щодо якості, а саме зниженню витрат емульсії, зменшенню різновтовщиності, та наданню можливості встановлення системи автоматичного контролю параметрів прокатки.

Натискний пристрій складається з гідравлічного циліндра 1, поршень 2 якого з'єднаний з подушкою верхнього опорного валка 3, і слідкуючого золотникового клапана 4, охопленого зворотнім зворотним зв'язком за допомогою важеля 5, що контактує з встановленим на штоку поршня важелем 6. Слідкуючий клапан 4 має кілька послідовних дросельних кромок. Тому, при загальному високому перепаді тиску на золотнику перепад тиску на кожен кромку буде в кілька разів менше.

Відповідно до зусилля прокатки на валках стану тиск в натискному циліндрі 1 дорівнює P_0 . По трубопроводу 7 від акумулятора подається олія під тиском P_A , що дорівнює $1,2 - 1,3 P_0$.

Олія проходить через дросельну шайбу 8, яка визначає витрати олії через клапан 4 і, відповідно, зазор на дросельних кромках золотника. Далі олія надходить через канал a , проточку b_0 і свердління v_0 на першу дросельну кромку $K1$. При цьому тиск олії знижується приблизно на $1/3 P_0$.

Потім олія надходить через проточку b_1 і свердління v_1 на другу дросельну кромку $K2$, після проходу якої тиск олії знижується приблизно ще на $1/3 P_0$. Нарешті, олія надходить через проточку b_2 та свердління v_2 на третю дросельну кромку $K3$, після чого подається на злив по трубопроводу 9. Повний перепад на клапані 4 дорівнює P_0 , при перепаді на кожній кромці приблизно по $1/3 P_0$. По трубопроводу 10 олія подається в робочий циліндр 1.

При певних зусиллях прокатки (при відповідному тиску P_0) і прохідному перерізі шайби 8 має місце витрати олії через клапан 4, а також певний зазор між кромками $K1$, $K2$, $K3$ золотника 11 і кромками $L1$, $L2$, $L3$ втулки.

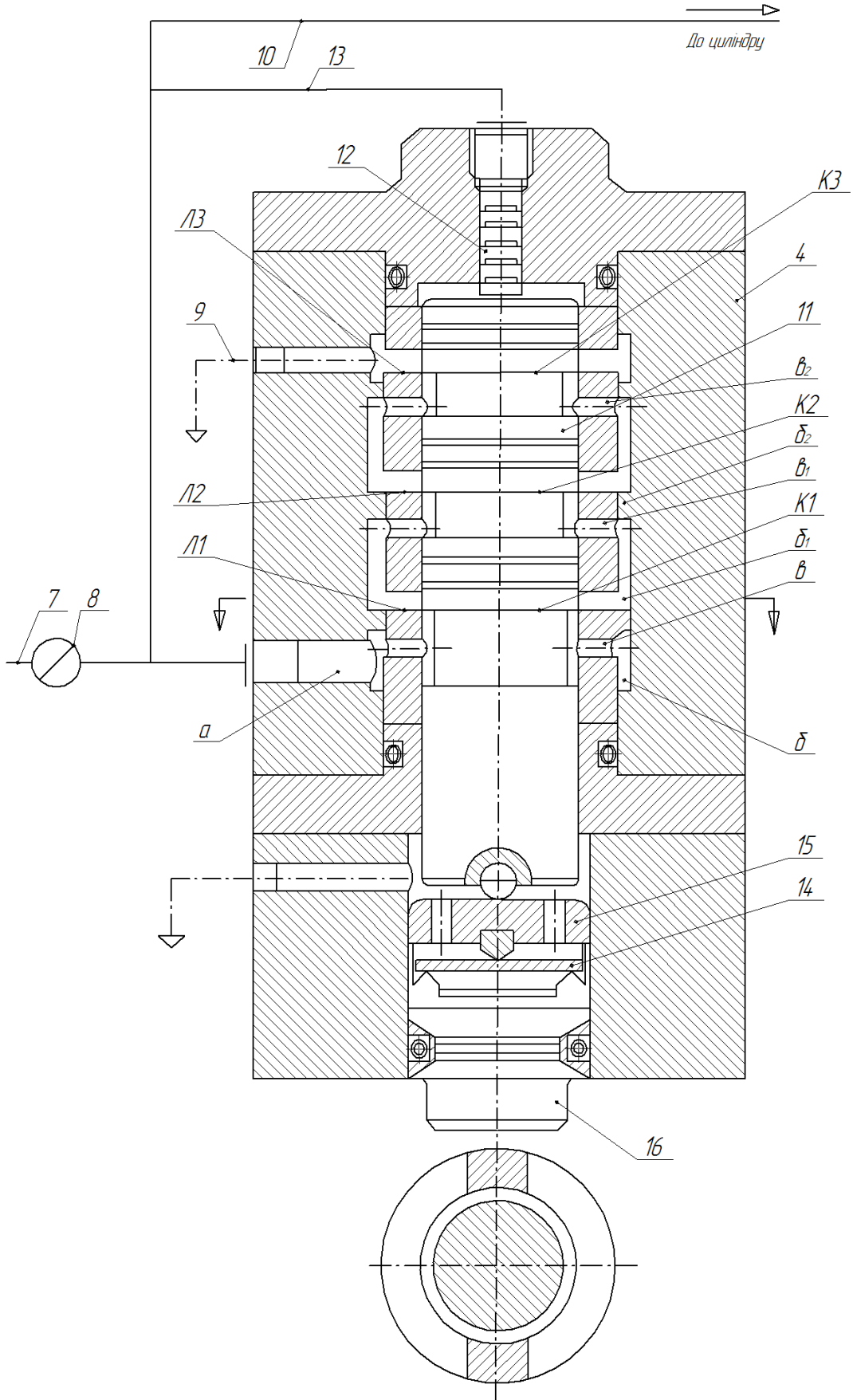


Рисунок 3.2 – Золотниковий клапан пристрою

При зростанні зусилля прокатки поршень 2 циліндра 1 починає віджиматися догори. Важіль 6 відходить від правого кінця важеля 5, даючи можливість останньому повернутися проти годинникової стрілки. При цьому золотник 11 під дією плунжера 12, що знаходиться під впливом тиску олії P_0 , що надходить по магістралі 13, почне опускатися вниз, зменшуючи зазор між крайками $K1, K2, K3$ і $L1, L2, L3$. Внаслідок цього опір потоці олії зростає і тиск після дроселя збільшується. Рух золотника буде тривати до тих пір, поки тиск не врівноважить збільшене зусилля прокатки.

Аналогічно, при зменшенні зусилля прокатки поршень 2 опуститься до низу і через важіль 5 перемістить золотник 11 вгору, збільшуючи зазор. Тиск при цьому впаде до потрібної величини. Якщо при зусиллі прокатки тиск в циліндрі дорівнює P_0 , а зазор на кромках h , то при зусиллі $R + \Delta R_0$, зазор на кромках стане $h - \Delta h$, а тиск в циліндрі $P_0 + \Delta P_0$. Таким чином, система автоматично компенсує зміну зусилля прокатки. При цьому поршень знаходиться в заданому положенні, якщо не враховувати вельми малого його переміщення внаслідок зміни зазору в клапані 4.

Для компенсації змін розчину валків клапан 4 додатково охоплений місцевої негативним зворотним зв'язком по тиску. Плунжер 12, що знаходиться під постійним тиском P_0 , прагне перемістити вниз золотник 11, який спирається на плоску пружину 14, встановлену на призмах між втулками 15 і 16. При збільшенні зусилля прокатки до $R + \Delta R$ встановлюються новий тиск $P_0 + \Delta P_0$ і новий розчин валків, рівний $l_1 + \Delta l_1 + l_2$. Однак під дією зростаючого тиску плунжер 12 зміщує золотник 11 у вниз, стискаючи при цьому пружину 14. При переміщенні золотника поршень 2 опускається і відновлюється заданий вихідний розчин l валків. Характеристика пружини може бути підібрана так, що буде повністю компенсувати деформацію і зміну зазору в клапані.

Для попередньої установки потрібного розчину валків і коригування його в процесі прокатки застосований кінематичний привід з малопотужним

електродвигуном 17. При включенні електродвигуна черв'як 18 обертає черв'ячні колеса 19, яке переміщує гвинт з встановленим на ньому важелем 5. При переміщенні гвинта, наприклад вгору, поршень 2 відповідно переміщується вгору.

Для збільшення стабільності роботи системи та врівноваження ваги подушки і валків штокова порожнина циліндра знаходиться під постійним тиском від безвитратного навантажуючого акумулятора. При чому, чим вище тиск P_0 в штокової порожнини, тим вище точність прокатки і тим менший ступінь компенсації повинна здійснювати пружина.

Для впровадження цього пристрою на стані 1200 необхідно взяти наступні заходи: встановити систему автоматичного контролю параметрів прокатки та встановити насосну станція для питання пристрою олією.

Економічна доцільність цього впровадження подана в п'ятому пункті даного дипломного проекту.

3.2 Встановлення емульсійної системи на стан реверсивної прокатки

Якість готового металопрокату в значній мірі залежить від якості і характеристики емульсії, що застосовується при холодній прокатки металу. Параметрами емульсії є характеристиками, які визначаються безпосередньо в процесі її експлуатації, і залежать від виду застосовуваного технологічного мастила і обладнання конкретного стану холодної прокатки металу. Параметри емульсії впливають на чистоту поверхні металу, дефектування, продуктивність стану, знос валків та витрати мастила під час прокатки. В зв'язку з цим було проведено роботу по визначенню оптимальних фізико-хімічних характеристик емульсії при холодній прокатки на реверсивному стані холодної прокатки 1200.

Одним із шляхів вдосконалення технології холодної прокатки металу та поліпшення якості виробленої продукції є підвищення ефективності мастильної дії емульсії. На реверсивному стані холодної прокатки 1200 для приготування емульсії використовується емульсол «ColdRoller». Для випробування емульсійної системи на реверсивному стані було проведено 3 експериментальні прокатки металу з різним вмістом заліза в емульсії таблиця 3.1, для імітування забрудненості емульсії у процесі роботи стану.

Таблиця 3.1 – Вміст заліза у емульсії в залежності від експерименту

Позначка випробування	Вид емульсії	Вміст заліза, мг/л
E-1	«ColdRoller»	<100
E-2	«ColdRoller»	150 – 170
E-3	«ColdRoller»	>40

Основними фізико-хімічними характеристиками емульсії, що змінюються в широкому діапазоні, є концентрація мастила в емульсії, число омилення, вміст заліза. Найбільш важливим показником якості холоднокатаної металопродукції є ступінь забруднення її поверхні. Тому для визначення оптимального вмісту заліза в емульсії проводили аналіз забруднення поверхні прокату при різному рівні заліза в емульсії. Забрудненість поверхні прокату визначали рефрактометричним методом за рівнем відбиваності поверхні металу.

Слід зазначити, що високий рівень вмісту заліза в емульсії є супутнім чинником погіршення умов холодної прокатки (наприклад, збільшення стирання поверхні штаби або валків внаслідок підвищення енергосилових параметрів прокатки металу). Більша частина забруднень на смузі - продукти зносу смуги і валків, а не частки забруднень, що потрапили з емульсії, так як емульсія має здатність утримувати в своєму складі частинки забруднень до певної межі. Обмеження по граничному рівню вмісту заліза в емульсії

зазвичай пов'язані з погіршенням стабільності емульсії в присутності великої кількості забруднень.

Як видно з представлених даних (рис. 3.3), зі збільшенням вмісту заліза в емульсії заміру Е-1 понад 100 мг/л погіршення чистоти поверхні металу після стану холодної прокатки металу не спостерігається. Збільшення вмісту заліза в замірі Е-2 з 150 до 170 мг/л (рис. 3.4) призводить до незначного зростання забрудненості поверхні металу (відбиваності поверхні зменшується на 0,5%, що знаходиться в межах похибки вимірювання). При концентрації заліза в Е-2 понад 170 мг/л спостерігається зростання кількості забруднень на поверхні металу і різниця з величиною відбиваності поверхні металу при концентрації заліза в емульсії менше 150 мг/л досягає вже 1%, що свідчить про недоцільність збільшення вмісту заліза понад 170 мг/л. Збільшення вмісту заліза в Е-3 більш 40 мг/л (рис. 3.5) призводить до погіршення чистоти поверхні металу після стану холодної прокатки (відбиваності поверхні зменшується на 1,8%), що свідчить про необхідність підтримки вмісту заліза в системі Е-3 не більше 40 мг/л. При оцінці відсортовування готового холоднокатаного прокату за дефектами «раскатанное забруднення», «плями забруднення», «корозія» з п'ятиклетевом стану також встановлено, що на дефектоутворення не впливає вміст заліза в емульсії, мг/л: не більше 140, не більше 170 і не більше 40 в системах Е-1, Е-2 і Е-3 відповідно (рис. 3.6).

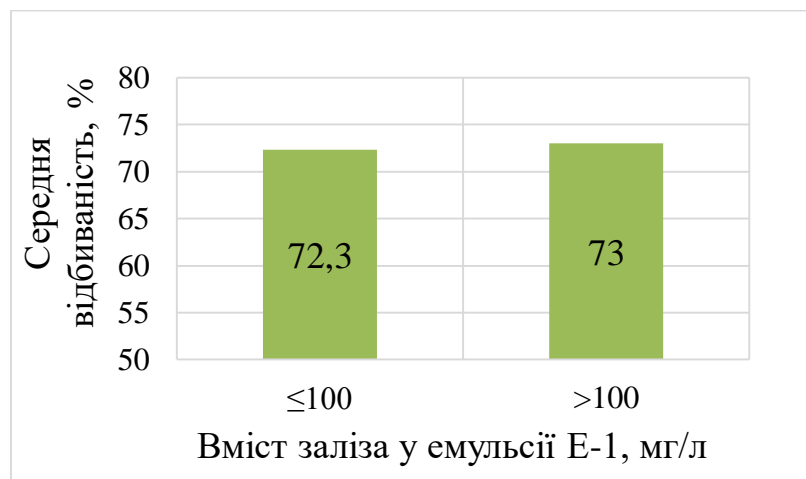


Рисунок 3.3 – Залежність відбиваності від вмісту залізу у емульсії Е-1

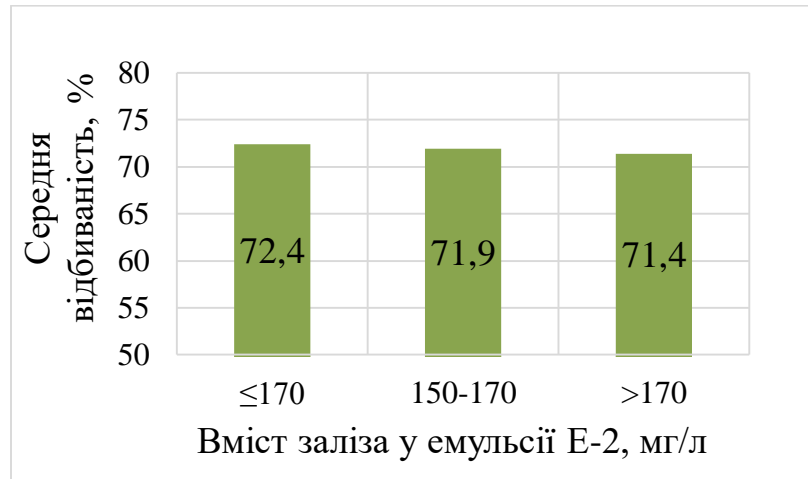


Рисунок 3.4 – Залежність відбиваності від вмісту залізу у емульсії E-2

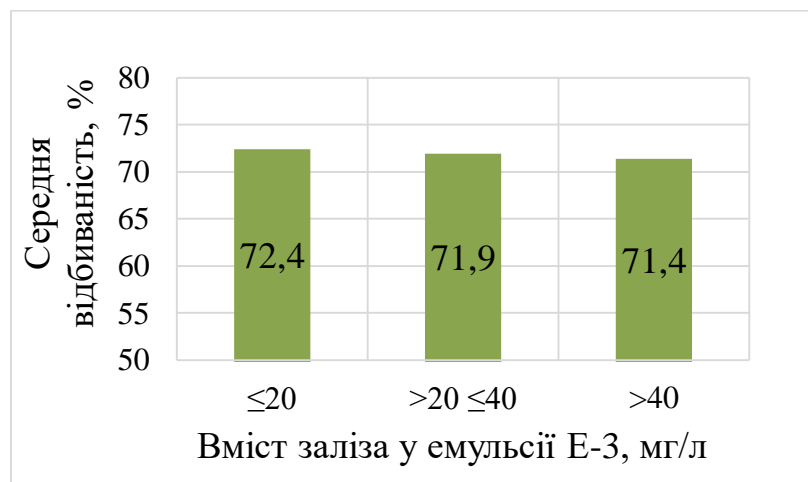


Рисунок 3.5 – Залежність відбиваності від вмісту залізу у емульсії E-3

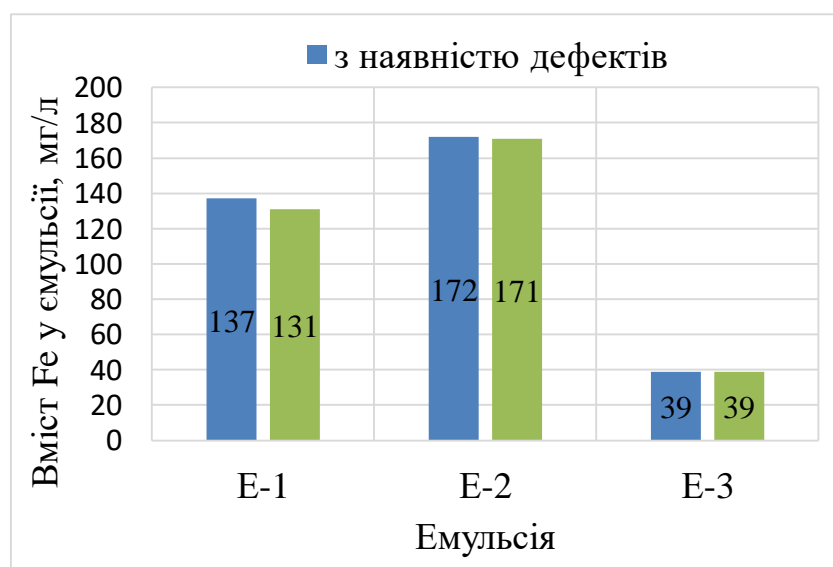


Рисунок 3.6 – Залежність концентрації заліза в емульсії на відсортування металопрокату.

Основним технологічним параметром емульсії, який впливає на чистоту поверхні металу при холодній прокатці також є концентрація прокатного масла. Так, при зниженні вмісту олії спостерігається збільшення забруднення поверхні металу після стану холодної прокатки (рис. 3.7).

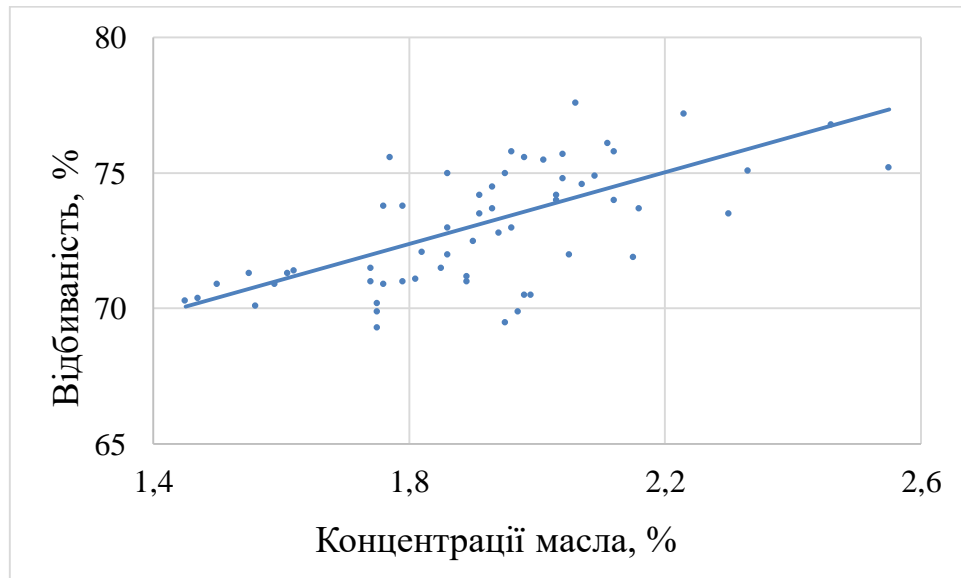


Рисунок 3.7 - Вплив концентрації масла на зміну відбиваності поверхні прокату.

При зниженні концентрації масла менше 1,8% у емульсіях Е-1 і Е-2 середня відбиваність поверхні прокату знижується до 71%, а при зменшенні вмісту олії до рівня 1,6% та менше відбиваність поверхні падає до 68,5% (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 - Забрудненість прокату при різному змісті масла в емульсії

Концентрація олії в емульсіях Е-1 та Е-2, %	Середня концентрація робочого діапазону, %			Середній рівень відбиваності, %
	Е-1	Е-2	Е-3	
Більше 1,8	2,06	1,98	0,62	73
1,8	1,63	1,54	0,5	71
Менше 1,6	1,44	1,41	0,41	68,5

При концентрації прокатного масла в у емульсіях Е-1 і Е-2 більше 1,8%, середньо-тижневий обсяг прокату з відбивністю менше 65% (найзабрудненіша поверхню) складає 9,61 %, а при зниженні концентрації до 1,8% кількість самого забрудненого прокату зростає в 2,7 рази і становить 26,09% (рис. 3.8).

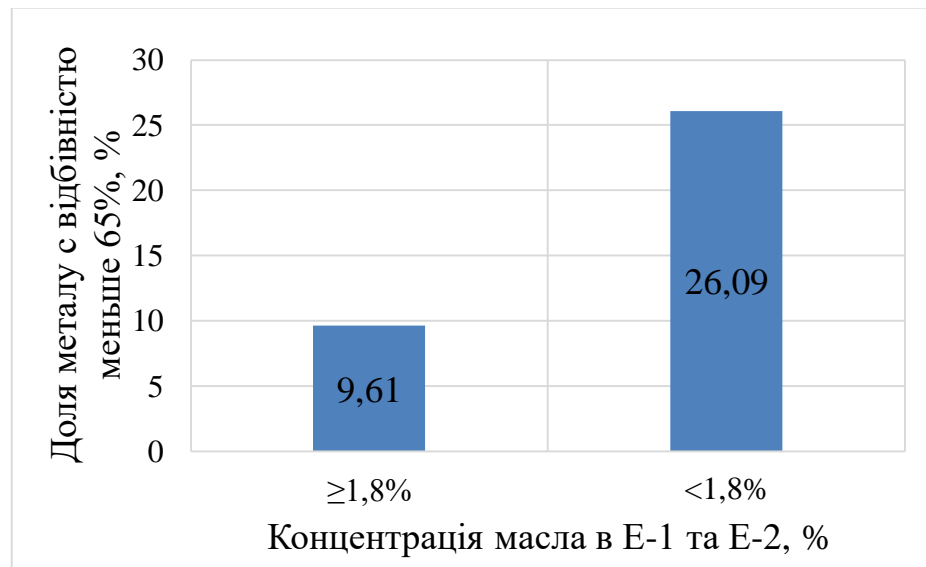


Рисунок 3.8 – Імовірність отримання забрудненої поверхні прокату при зниженні концентрації масла в емульсії.

Виходячи з отриманих даних встановлено, що для забезпечення високої чистоти поверхні холоднокатаного прокату необхідна підтримка концентрації олії в емульсії Е-1 та Е-2 на рівні більше 1,8%. При зниженні концентрації нижче цієї межі збільшується забрудненість поверхні прокату.

Характеристикою якості та чистоти прокатної емульсії зазвичай є число омилення, що показує вміст мінерального масла в емульсії. На величину числа омилення впливають тільки неомиляемі речовини, вільні жирові кислоти, моно- і дігліциди і сторонні домішки, тобто безпосередньо склад прокатного масла. При попаданні мінерального масла в емульсійну систему спостерігається зниження змазуючої здатності емульсії, яке супроводжується підвищенням коефіцієнта тертя в осередку деформації, що призводить до

збільшення кількості продуктів зносу смуги і валків, які у свою чергу забруднюють поверхню прокату. Крім того, мінеральні масла відрізняються низькою температурою спалаху і низькою термо-стабільністю в осередку деформації, що може призводити до утворення таких дефектів, як «пригар емульсії», «плями забруднення», «корозія». Присутність великої кількості мінерального масла в системі призводить до погіршення мастильної здатності емульсії, що доводиться підвищенням вмісту заліза в емульсії (рис. 3.9).

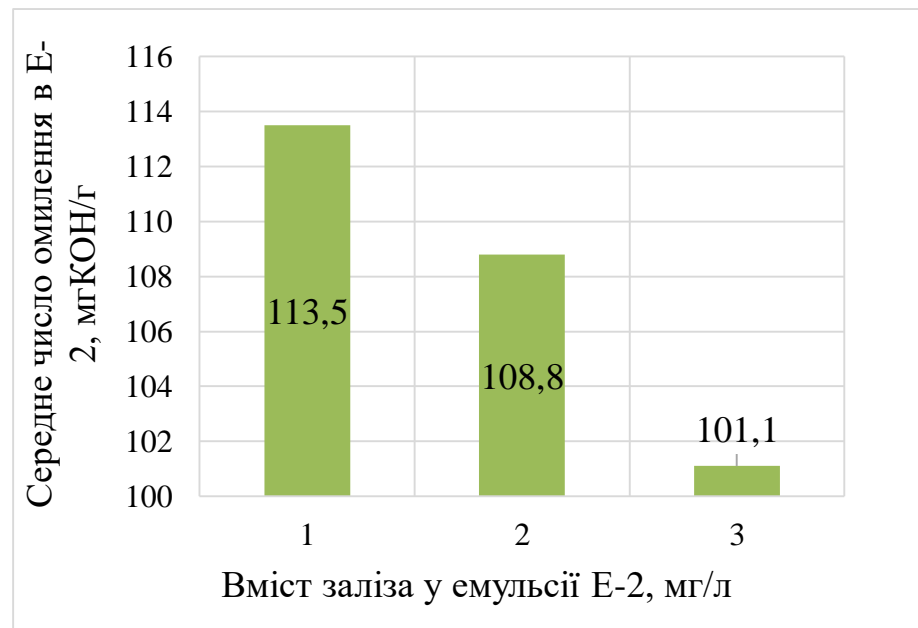


Рисунок 3.9 – Вплив числа омилення на вміст заліза в емульсії.

Аналізуючи відсортовування холоднокатаного прокату за такими дефектами такими, як «пригар емульсії», «плями забруднення», «корозія» свідчить, що зниження числа омилення емульсії призводить до збільшення дефектного металу (рис. 3.10), а наявність порушень мінімально-допустимого рівня числа омилення – менше 115 мгКОН/г) збільшує ймовірність отримання браку готової продукції. Також, зменшення концентрації олії в емульсії призводить до зниження чистоти металу (зменшення відбиваності поверхні) внаслідок погіршення умов прокатки. Це обумовлено тим, що при зниженні концентрації технологічного мастила підвищується обсяг

механічних продуктів зносу валків і смуги, внаслідок збільшення коефіцієнта тертя і зростання силових умов прокатки.

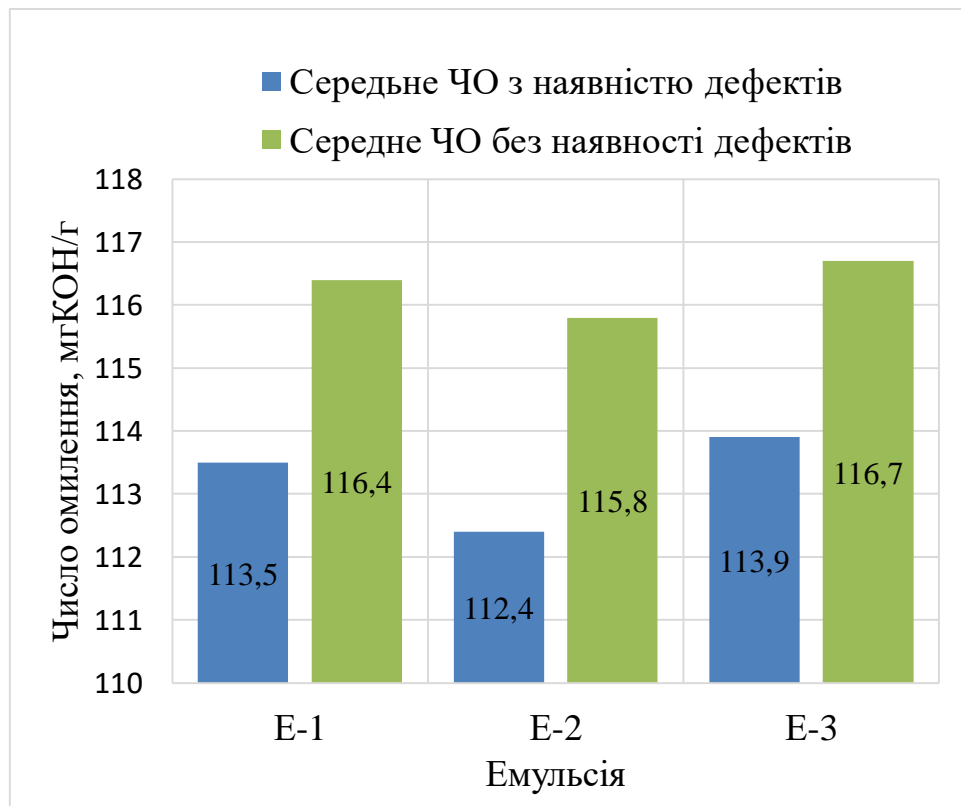


Рисунок 3.10 – Середнє число омилення емульсії при прокатці металу, що має відсортовування за дефектами мастила.

Виходячи з цього, встановлено, що для забезпечення високої чистоти та якості поверхні металу після прокатки і зменшенню дефекто-утворюванню необхідно підтримувати концентрацію прокатного масла в емульсії E-1 та E-2 не менше ніж 1,8%, омиленню понад 115 мгКОН/г, вміст заліза в емульсії в системі E-1 не більше 140 мг/л, E-2 не більше 170 мг/л і E-3 не більше 40 мг/л.

Висновки

Розглянуто конструкцію та принцип роботи гідравлічного натискного просторою. Встановлення цього пристрою забезпечить більш точне

відпрацювання керуючих команд контролю параметрів прокатки за рахунок виключення люфтів і пружного закручування натискного гвинта при обертанні його під навантаженням. Доведено, що пристрій має малий знос, високу надійність і простоту обслуговування, окрім цього компактні розміри дозволяють зробити робочу кліть компактною та підвищити її жорсткість.

Також встановлено, що для забезпечення високої чистоти та якості поверхні металу після прокатки і зменшенню дефекто-утворюванню необхідно підтримувати концентрацію прокатного масла в емульсії Е-1 та Е-2 не менше ніж 1,8%, при цьому омиленню емульсії повинно бути понад 115 мгКОН/г, вміст заліза в емульсії в системі Е-1 не більше 140 мг/л, Е-2 не більше 170 мг/л і Е-3 не більше 40 мг/л. Забезпечення цих умов при використанні емульсола «ColdRoller» дає можливість зменшити кількість браку поверхні металу що прокатується.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Для підвищення працездатності, одним із головних чинників є правильно організоване робоче місце в приміщенні лабораторії. Комфортні і безпечні умови праці – один з основних факторів, які впливають на продуктивність працюючих.

Об'єктом дослідження є приміщення лабораторії, яке знаходиться на першому поверсі Запорізької державної інженерної академії.

В приміщенні на працівника можуть негативно впливати наступні фактори:

шкідливі:

- підвищена або знижена температура повітря;
- підвищена або знижена вологість повітря;
- недостатня освітленість робочого місця;
- електромагнітні випромінювання різних частотних діапазонів;
- підвищений рівень шуму;
- іонізація повітря;
- статична електрика;

небезпечні:

- небезпека ураження електричним струмом;

психофізіологічні:

- перенапруження зорового аналізатора;
- статичні, фізичні навантаження та недостатня рухома активність;
- нервово-емоційне напруження;
- розумове напруження.

Аналіз шкідливих і небезпечних факторів для робочого місця в приміщенні лабораторії представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Оцінка факторів виробничого та трудового процесу працівника лабораторії

№	Фактори виробничого середовища та трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас: шкідливі та небезпечні умови, характер праці			Час дії фактора, %
				I ступінь	II ступінь	III ступінь	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ : I клас безпеки – озон	0,1	0,1				40
	II клас безпеки						
	III-IV клас безпеки – оксиди азоту	5	2				40
2	Пил, фіброгенної дії, мг/м ³	4	2				50
3	Шум, дБА	50-60	68	8			75
4	Мікроклімат в приміщенні: - температура повітря, °C	22-24	22				100
	- швидкість руху повітря, м/с	0,1-0,2	0,1				100
	- відносна вологість повітря, %	40-60	50				100
5	Важкість і напруженість праці	категорія важкості праці – легка, категорія напруженості праці – мало напружена					

Таким чином, аналіз шкідливих і небезпечних факторів дозволяє

зробити висновок, що умови праці в приміщенні характеризуються наявністю нешкідливих виробничих чинників, окрім підвищеного рівня шуму, які не призводять до зростання захворюваності з втратою працездатності та проявом початкових ознак професійної патології.

4.2 Заходи з поліпшення умов праці

Приміщення лабораторії є приміщенням легкої категорії (виконуються легкі фізичні роботи), тому повинні дотримуватися такі вимоги [17]:

- оптимальна температура повітря – 22 °С (допустима – 21-25 °С);
- оптимальна відносна вологість – 40-60% (допустима – не більше 75%);
- швидкість руху повітря не більше 0,1 м/с;
- атмосферний тиск – 750 мм.рт.ст.;
- вміст пилу – не більше 4 мг/м³ повітря робочого місця, максимальні розміри частинок – 2 мкм.

Температура повітря в приміщенні не повинна опускатися нижче +19°С, а при повній завантаженості устаткування температура повітря не повинна перевищувати +25°С.

Для створення і автоматичної підтримки в приміщенні оптимальних значень температури та вологості повітря в холодну пору року використовується водяне опалення, в теплу пору року застосовується кондиціонування повітря. Кондиціонер є вентиляційною установкою, яка за допомогою приладів автоматичного регулювання підтримує в приміщенні задані параметри повітряного середовища [17].

При виконанні зорових робіт високої точності загальна освітленість повинна складати 300 лк, а комбінована – 750 лк; аналогічні вимоги при виконанні робіт середньої точності – 200 лк і 300 лк відповідно. При цьому все поле зору повинне бути освітлено достатньо рівномірно – це основна гігієнічна вимога [18].

У зв'язку з тим, що природне освітлення приміщення здійснюється через віконні отвори і є дуже слабким, на робочому місці має застосовуватися також штучне освітлення. Штучне освітлення створюють електричним джерелом світла, яке включають в міру необхідності, регулюють інтенсивність світлового потоку і його спрямованість.

Додаткове штучне освітлення застосовується не тільки в темний, але і в світлий час доби. У якості джерела штучного освітлення звичайно використовуються люмінесцентні лампи типа ЛБ, або ДРЛ, які попарно об'єднуються в світильники, які повинні розташовуватися рівномірно над робочими поверхнями [18].

Високий рівень шуму, створюваний робочим обладнанням, обладнанням для кондиціонування повітря, вентиляторами систем охолодження є одним з несприятливих факторів виробничого середовища. Тривала дія шуму високої інтенсивності призводить до патології слухового органу та негативно впливає на нервову систему. Шум призводить до швидкої стомлюваності людини, що в свою чергу веде до виробничих помилок.

Зниження шуму в джерелі випромінювання можна забезпечити застосуванням пружних прокладок між підставою машини, приладу і опорною поверхнею. В якості прокладок використовуються гума, войлок, пробка, різної конструкції амортизатори. Під настільні шумливі апарати можна підкладати м'які килимки з синтетичних матеріалів, а під ніжки столів, на яких вони встановлені, – прокладки з м'якої гуми, войлоку, завтовшки 6-8 мм. Кріплення прокладок можливо шляхом приклейки їх до опорних частин.

Зниження рівня шуму, проникаючого в виробниче приміщення ззовні, може бути досягнуто збільшенням звукоізоляції захищаючих конструкцій, ущільненням по периметру притворів вікон, дверей. Еквівалентний рівень звуку не повинен перевищувати 60 дБА. Для того, щоб добитися цього рівня шуму рекомендується застосовувати звукопоглинальне покриття стін.

В якості заходів для зниження шуму можна запропонувати наступне:

- екранування робочого місця (постановкою перегородок, діафрагм);
- установка нового устаткування з меншим рівнем шуму.

При обладнанні і організації робочого місця, треба забезпечувати відповідність конструкції всіх елементів робочого місця та їх взаємного розташування ергономічним вимогам з урахуванням характеру і особливостей трудової діяльності.

Робочі місця слід так розташовувати відносно світлових прорізів, щоб природне світло падало збоку, переважно зліва, щоб уникнути попадання в очі прямого світла. Джерела освітлення рекомендується розташовувати з обох боків робочого місця паралельно напрямку погляду. Для уникнення світлових відблисків від світильників загального освітлення або сонячних променів, необхідно використовувати антивідблисківі сітки, захисні козирки, на вікнах – жалюзі.

4.3 Заходи з електробезпеки

Відповідно до Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) за ступенем небезпеки ураження людей електричним струмом приміщення лабораторії відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки, оскільки в ньому відсутні умови, що створюють підвищену або особливу небезпеку [19].

Основними споживачами електроенергії в приміщенні є система штучного освітлення, обладнання, кондиціонер, допоміжні пристрої. Напруга, яка використовується для роботи електричних приладів складає 220 В.

Обладнання підключено до електромережі тільки за допомогою справних штепсельних з'єднань і електророзеток заводського виготовлення. Розетки знаходяться на відстані 80 см від полу.

Основними причинами поразки працівника приміщення електричним струмом на робочому місці можуть бути: поява напруги дотику на металевих конструктивних частинах обладнання у результаті пошкодження ізоляції;

несправність розетки; пошкодження ізоляції дротів; порушення правил експлуатації техніки; заборонене використання електричних приладів, таких як електричні плити, чайники, обігрівачі.

Основними заходами запобігання ураження електричним струмом в приміщенні є захист від дотику до частин електрообладнання, що знаходяться під напругою, застосування малих напруг, захисного заземлення і відключення, а також організаційні заходи [20].

Електричні мережі і установки в приміщенні виконані так, що їх струмоведучі частини недоступні для випадкового дотику, підлога дерев'яна для зниження величини виникаючих зарядів статичної електрики, також передбачена система аварійного відключення електрики в разі поломки або аварійної ситуації.

4.4 Заходи з пожежної та техногенної безпеки

Приміщення лабораторії можна віднести до категорії «В», а ступінь вогнестійкості приміщення можна визначити як II [21].

Причинами виникнення пожежі в приміщенні можуть бути:

- несправності електропроводки, розеток і вимикачів, які можуть призвести до короткого замикання або пробую ізоляції;
- використання пошкоджених (несправних) електроприладів;
- використання в приміщенні електронагрівальних приладів з відкритими нагрівальними елементами;
- неакуратне поводження з вогнем та недотримання заходів пожежної безпеки.

Для запобігання пожежі приміщення повинно бути оснащено системою автоматичної пожежної сигналізації з димовими пожежними оповіщувачами, кнопкою виклику пожежної служби та переносним вуглекислотним вогнегасником. Не рідше одного разу на квартал необхідно очищати від пилу агрегати та вузли, кабельні канали та простір між підлогами.

Біля телефонних апаратів повинні бути знаходитись таблички з номером виклику пожежної служби, внаслідок виникнення пожежі. Шлях до виходу при евакуації в надзвичайних ситуаціях не повинен бути заставлений речами чи сміттям, що будуть заважати.

У випадку виникнення пожежі необхідно:

- 1) необхідно залишатися спокійним, не панікувати;
- 2) при необхідності прийняти заходи щодо евакуації та порятунку людей та матеріальних цінностей;
- 3) у разі виявлені пожежі, ознак горіння, задимлення чи запаху необхідно визначити причину, і при можливості розпочати заходи ліквідації пожежі;
- 4) при горінні діючих електроустановок необхідно використовувати вуглекислотні вогнегасники;
- 5) при неможливості ліквідації пожежі необхідно повідомити пожежну службу по телефону 101;
- 6) при повідомленні необхідно чітко назвати адресу, назву установи, що горить, чи є в приміщенні люди, або вибухові речовини;
- 7) після виклику необхідно зустріти пожежну службу, організувати доступ на територію підприємства, чи установи, допомогти, якщо це потрібно.

4.5 Розрахунок захисного заземлення

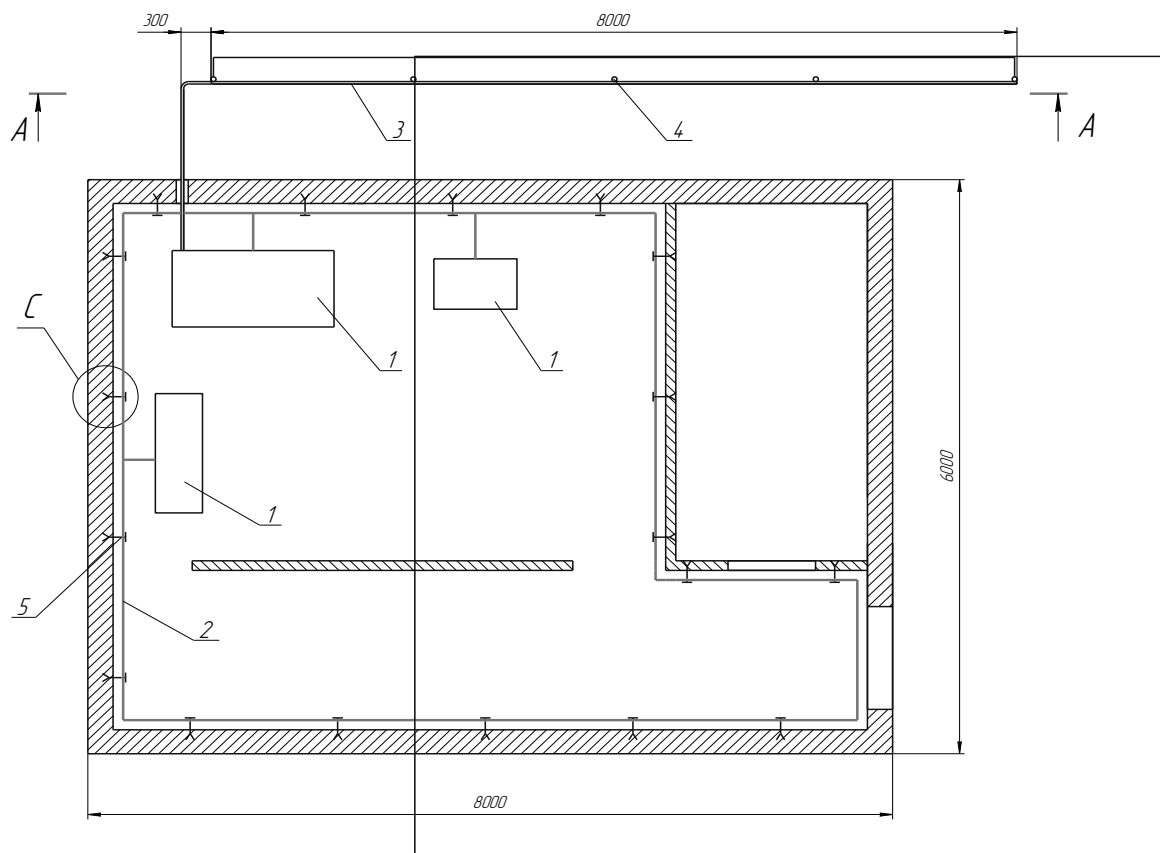
Для забезпечення захисту від ураження електричним струмом при дотику до металевих не струмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою в результаті пошкодження ізоляції, в приміщенні пропонується застосувати захисне заземлення.

Призначення захисного заземлення – створення між металевими конструкціями або корпусом електричного обладнання і землею електричного з'єднання досить малого опору, щоб у разі замикання на землю при дотику

людини через його тіло пройшов струм малої величини, безпечний для організму.

Зробимо розрахунок захисного заземлення для приміщення лабораторії (рис. 4.1).

Вибираємо виносний заземлювальний пристрій, який застосовується при малих струмах замикання на землю, зокрема в установках до 1000 В.



1 – електроустановка; 2 – внутрішній контур заземлення; 3 – сполучна штаба; 4 – заземлювач; 5 – скоба кріплення.

Рисунок 4.1 – Схема виносного заземлення

Заземлювач передбачається виконати з вертикальних труб $l = 2$ м із зовнішнім діаметром $d = 0,03$ м, верхні кінці яких з'єднуються між собою за допомогою горизонтального електрода – сталевій штаби перетином 4×40 мм, покладеної в землю на глибині $t = 0,7$ м. Питомий електричний опір ґрунту $\rho = 100$ Ом·м. Коефіцієнт сезонності для вертикального заземлювача дорівнює

$\psi = 1,3$. Нормативний опір заземлювача – 4 Ом.

Визначимо розрахунковий питомий опір ґрунту для вертикального заземлювача [20]:

$$\rho_e = \psi_e \cdot \rho, \quad (4.1)$$

$$\rho_e = 1,3 \cdot 100 = 130 \text{ Ом}\cdot\text{м.}$$

Опір розтіканню струму одиночного вертикального заземлювача, заглибленого в землю на 0,7 м:

$$R_0 = \left(\frac{\rho_e}{2\pi l} \right) \cdot \left[\ln \frac{2 \cdot l}{d} + 0,5 \ln \frac{4 \cdot t + 3 \cdot l}{4 \cdot t + l} \right], \quad (4.2)$$

$$R_0 = \left(\frac{130}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \right) \cdot \left[\ln \frac{2 \cdot 2}{0,03} + 0,5 \ln \frac{4 \cdot 0,7 + 3 \cdot 2}{4 \cdot 0,7 + 2} \right] = 15,18 \text{ Ом.}$$

Орієнтовна кількість вертикальних заземлювачів складе:

$$n = \frac{1,3 \cdot R_0}{R_n}, \quad (4.3)$$

$$n = \frac{1,3 \cdot 15,18}{4} = 5 \text{ шт.}$$

Знаходимо відношення відстані між заземлювачами до їх довжини:

$$A = \frac{a}{l}, \quad (4.4)$$

$$A = \frac{2}{2} = 1.$$

Коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів $\eta_6 = 0,7$,
горизонтальних заземлювачів – $\eta_2 = 0,74$.

Опір розтіканню струму групи вертикальних заземлювачів:

$$R_6 = \frac{R_0}{n \cdot \eta_6}, \quad (4.5)$$

$$R_6 = \frac{15,18}{5 \cdot 0,7} = 4,3 \text{ Ом.}$$

Довжина горизонтальної сполучної штаби:

$$l_2 = a \cdot (n - 1), \quad (4.6)$$

$$l_2 = 2 \cdot (5 - 1) = 8 \text{ м.}$$

Коефіцієнт сезонності для горизонтального заземлювача при довжині штаби 8 м – $\psi_2 = 2,5$.

Розрахунковий питомий опір ґрунту для горизонтального заземлювача:

$$\rho_2 = \psi_2 \cdot \rho, \quad (4.7)$$

$$\rho_2 = 2,5 \cdot 100 = 250 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

Опір горизонтальної штаби, поглибленої в землю на 0,7 м становить:

$$R_2 = \left(\frac{\rho_2}{2\pi \cdot l_2 \cdot \eta_2} \right) \ln \left(\frac{2l_2^2}{bt} \right), \quad (4.8)$$

$$R_2 = \left(\frac{250}{2 \cdot 3,14 \cdot 8 \cdot 0,74} \right) \ln \left(\frac{2 \cdot 8^2}{0,04 \cdot 0,7} \right) = 56,65 \text{ Ом.}$$

Опір заземлювачів в цілому:

$$R_3 = \frac{R_g \cdot R_2}{R_g + R_2}, \quad (4.9)$$

$$R_3 = \frac{4,3 \cdot 56,65}{4,3 + 56,65} = 4 \text{ Ом.}$$

Отриманий опір заземлювачів дорівнює номінальному (4 Ом), що відповідає вимогам ПБЕ [21].

Розташовуємо 5 заземлювачів в ряд на відстані 2 м один від одного.

Висновки

В розділі «Охорона праці та техногенна безпека» було проведено аналіз умов праці на робочому місці в приміщенні цеху. Виявлені шкідливі та небезпечні фактори виробничого середовища і розроблені заходи, націлені на утворення безпечних умов праці, що відповідають вимогам усіх норм і стандартів з охорони праці. Розкриті питання електро-, пожежної та техногенної безпеки в приміщенні. Проведено розрахунок захисного заземлення.

5 ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ

При невеликій кількості робіт з етапів і виконавців, загальна тривалість роботи склала 26 днів.

5.1 Оцінка економічної ефективності наукового дослідження

5.1.1 Кошторис витрат на проведення науково дослідницької роботи

Розрахуємо основну заробітну плату виконавців на проведення дослідження [24]:

$$Z_{1д} = \frac{O_{м.в.} \cdot K}{21} \quad (5.1)$$

де $Z_{1д}$ – зарплата за один день, грн./день

$O_{м.в.}$ – місячний оклад виконавця, грн.

K – кількість працюючих, зайнята у науково-дослідній роботі;

21 – середня кількість робочих днів в місяці.

На проведення науково-дослідних робіт з випробування емульсійної системи передбачено 5 робочих місць, з окладом одного робітника згідно штатному розкладу – 6135,00 грн.

$$Z_{1д} = \frac{6135}{21} = 292,14 \text{ грн./день}$$

$$Z_{1д}^{\text{заг}} = 292,14 \cdot 5 = 1460,7 \text{ грн./день}$$

Розрахуємо додаткову заробітну плату науковців:

$$Z_{д.сум.} = Z_{о.сум.} \cdot \frac{\%Z_{д}}{100\%} \quad (5.2)$$

де $Z_{д.сум}$ – сумарна додаткова заробітна плата, грн.

$Z_{о.сум}$ – сумарна основна заробітна плата виконавця, грн.

$\%Z_{д}$ – відсоток додаткової заробітної плати (у відсотках від основної заробітної плати).

Відсоток додаткової заробітної плати складає у середньому 30% від суми окладу.

$$Z_{д.сум} = 6135 \cdot 0,30 = 1840,5 \text{ грн.}$$

$$Z_{д.сум}^{заг} = 1840,5 \cdot 5 = 9202,5 \text{ грн.}$$

Розрахуємо повну заробітну плату робітників, що займаються науково-дослідною роботою, як суму основної заробітної плати і додаткової заробітної плати:

$$Z_{п.сум} = 6135 + 1840,5 = 7975,5 \text{ грн.}$$

$$Z_{п.сум}^{заг} = 7975,5 \cdot 5 = 39877,5 \text{ грн.}$$

Розрахуємо відрахування на соціальні заходи ($O_{сс.сум}$), якщо сумарний відсоток відрахувань на соціальне страхування складає 36,2% від суми повної заробітної плати:

$$O_{сс.сум} = 7975,5 \cdot 0,362 = 2887,13 \text{ грн.}$$

$$O_{сс.сум}^{заг} = 2887,13 \cdot 5 = 14435,65 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків основної, додаткової, повної заробітної плати і відрахувань на соціальні заходи зведемо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Розрахунок фонду оплати праці виконавців НДР.

Виконавець	Кількість робітників	Місячний посадовий оклад одного виконавця, грн.	Зарплата за один людино-день	Загальна основна зарплата виконавців, грн.
Науково-дослідний працівник	5	6135	292,14	30675,0
Додаткова загальна заробітна плата виконавців (30% від основної), грн.				9202,5
Повна заробітна плата всіх виконавців, грн.				39877,5
Загальні відрахування на соц. заходи (36,2 %), грн.				14435,65
Всього витрат, грн.				39877,5

5.2 Розрахунок витрат на основні матеріали, що використовуються у науково-дослідній роботі

Витрати на основні матеріали, комплектуючі вироби і напівфабрикати розраховують по формулі[24]:

$$Z_{mat_i} = C_{opt_i} \cdot N_i, \quad (5.3)$$

де Z_{mat_i} – витрати на основні матеріали, комплектуючі вироби і напівфабрикати, грн.

C_{opt_i} – оптова ціна на матеріали і-го виду, грн.

N_i – норма витрат матеріалів і-го виду, шт.

Результати розрахунків наведемо в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Розрахунок витрат на основні матеріали

Назва матеріалу	Од.вим.	К-ть	Ціна за одиницю, грн.	Загальна вартість, грн.
Емульсол «ColdRoller»	л	2700	39,6	126 900,8
Сталь 08ПС у рулонах	т	20	9731,69	194633,8
ВСЬОГО:	---	---	---	321533,8
Транспортно-заготівельні витрати (3%) від спільної вартості, грн.				9646,0
Всього з транспортно-заготівельними витратами, грн.				331179,8

Розрахунок витрат на електроенергію для проведення науково-дослідних робіт

Розрахуємо витрати електроенергії на організацію нормальної роботи науково-дослідних працівників. Розрахуємо витрати енергії в КВт-годинах:

$$Z_{\text{квт}} = P \cdot T \cdot K_u, \quad (5.4)$$

Де $Z_{\text{квт}}$ – витрати на електроенергію, КВт-годин;

P – потужність устаткування, Квт;

T – час роботи устаткування, годин;

K_u – кількість устаткування.

Розрахуємо витрати на електроенергію в гривнях, для цього необхідно витрати електроенергії в КВт-годинах помножити на вартість однієї КВт-години.

Відобразимо результати розрахунків в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок витрат на електроенергію

Устаткування	К-ть, шт.	Потужність, КВт	Час використання, годин	Витрати електроенергії, КВт-годин	Ціна за одну КВт-год, грн.	Вартість ел.енергії, грн
Реверсивний 1200	1	3200	30	96000,0	2,1	201600,0

Розрахунок амортизаційних відрахувань від вартості обладнання

Амортизаційні відрахування розраховуються по формулі:

$$AB = \frac{BB \cdot Ha \cdot Ta}{100 \cdot 12 \cdot 21 \cdot 8} \quad (5.5)$$

де АВ – величина відрахування;

БВ – вартість обладнання, грн;

На – норма амортизації, %;

Та – термін використання устаткування, годин.

Таблиця 5.4 – Розрахунок амортизаційних відрахувань від вартості обладнання

Вид устаткування	К-ть	Вартість за одиницю	Норма амортизації, %	Час використання, годин	Величина відрахувань, грн
Реверсивний стан 1200	1	1030500,0	24	30	3680,4
ВСЬОГО:	--	--	--	--	3680,4

Розрахунок інших витрат на проведення дослідження

Накладні витрати включаються у вартість витрат на проведення дослідження непрямым шляхом, тобто пропорційно основній заробітній платі виконавця (дослідника) за формулою:

$$NB = Z_o \cdot \frac{\%NB}{100\%} \quad (5.6)$$

де NB – накладні витрати, грн;

Z_o – основна заробітна плата, грн;

%NB – відсоток накладних витрат, 50%.

$$NB = 6135,0 \cdot 0,5 = 3067,5 \text{ грн.}$$

$$NB^{\text{заг}} = 1050 \cdot 5 = 15337,5 \text{ грн.}$$

Розрахунок загальної суми витрат на проведення дослідження

Занесемо результати розрахунку витрат на проведення дослідження в таблицю 5.5.

Таблиця 5.5 – Кошторис витрат на проведення дослідження

Назва статті витрат	Величина, грн.	Питома вага в загальній сумі, %
Витрати на матеріали	331179,8	54,64
Витрати на електроенергію	201600,0	33,26
На оплату праці:	---	---
- основна	30675,0	5,06
- додаткова	9202,5	1,52
Відрахування на соц. заходи	14435,65	2,38
Амортизаційні відрахування від вартості обладнання	3680,4	0,61
Інші витрати	15337,5	2,53
ВСЬОГО витрат:	606110,85	100

5.3 Розрахунок умовного економічного ефекту від впровадження результатів науково-дослідної роботи

Прибуток досліджуваного підприємства в базовому періоді склав 33 747 389,00 грн.

В результаті аналітичного аналізу та проведених досліджень за рахунок вдосконалення технології холодної прокатки штаб на реверсивних станах визначені необхідні властивості емульсії, а саме: необхідно підтримувати концентрацію прокатного масла в емульсії не менше ніж 1,8%, при цьому омиленню емульсії повинно буди понад 115 мгКОН/г. Втілення в практику

результатів дослідження на стані 1200 ПАТ «Запоріжсталь» дозволяє збільшити вихід металу найвищих груп по якості на сталі 0,8ПС на 15%.

Розрахуємо додатковий річний прибуток:

$$\Delta\P = (11502,1 - 10236,87) \cdot (5088,87 - 4425,1) = 839821,72 \text{ грн.}$$

Розрахуємо річний прибуток після впровадження результатів науково-дослідної роботи у виробництво [25]:

$$\text{Ппл} = \text{Пб} + \Delta\P, \quad (5.7)$$

Де $\Delta\P$ – річне збільшення прибутку підприємства від впровадження даного заходу, грн.

Пб, Ппл – відповідно прибуток періоду до впровадження запропонованого заходу і після його впровадження, грн.

$$\text{Ппл} = 33747389,00 + 839821,72 = 34587210,72$$

Таблиця 5.6 – Показники оцінки ефективності результатів дослідження.

Назва показника	До проведення дослідження	Після проведення дослідження	Зміни абсолютні
Вихід годного сталі 0,8ПС, т	4425,1	5088,87	663,77
Собівартість 1 т. сталі 0,8ПС, грн	10236,87	10236,87	0,0
Ціна 1 т. сталі 0,8ПС, грн	11502,1	11502,1	0,0
Прибуток підприємства у базовому періоді, грн	33747389,00	34587210,72	839821,72

Таким чином, результати науково-дослідницької роботи дозволять отримати додатковий прибуток в розмірі 839821,72 грн.

Висновки

У розділі було розраховано заробітну плату науковців, що були задіяні у проведенні дослідження на реверсивному стані 1200 упродовж 21-го дня. Сума витрат за цей період на заробітну плату склала 39877,5 грн., повна сума витрат на матеріали та експлуатацію обладнання для проведення дослідження склала 606110,85 грн. Розрахований потенційний економічний ефект від впровадження результатів дослідження у виробничий процес становить близько 839821,72 грн/рік.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У першому розділі було проведено літературний огляд на стан проблеми, встановлення наявності таких дефектів як «пригар емульсії» зі сторони емульсійної системи, та дефектів коробоватості та хвилястості зі сторони механічного натискного пристрою.

Для усунення дефектів у першому випадку запропоновано замінити існуючу емульсію на емульсол «ColdRoller» та встановлення установки магнітного очищення УСОЖ-30-2 на реверсивні стани для остаточного очищення вищевказаного емульсолу від металевих домішок.

Заходом видалення дефектів коробоватості та хвилястості, і зменшення відходів металу, є заміна механічного на гідравлічний натискний пристрій.

У другому розділі описано установку очищення мастильно-охолоджувальної рідини УСОЖ-30-2. Встановлені її задачі та описано процес роботи установки. Проведено розрахунок режиму деформацій з урахуванням властивостей емульсолу «ColdRoller» для визначення кінцевої температури штаби після прокатки, яка становить 265 °С, що є допустимою робочою температурою для цього емульсолу, при якій забезпечується виконання промаслюючих властивостей очищеної емульсії.

У третьому розділі описано принцип роботи та конструкцію гідравлічного натискного пристрою. Встановлено, що установка надає можливість забезпечити більш точне відпрацювання керуючих команд контролю параметрів прокатки за рахунок виключення люфтів і пружного закручування натискного гвинта при обертанні його під навантаженням. Доведено, що пристрій має малий знос, високу надійність і простоту обслуговування, окрім цього його малі розміри дозволяють зробити робочу кліть компактною та підвищити її жорсткість.

Також у розділі підтверджено, що для забезпечення високої чистоти та якості поверхні металу після прокатки і зменшенню дефекто-утворюванню

необхідно підтримувати концентрацію прокатного мастила в емульсії не менше ніж 1,8%, при цьому омиленню емульсії повинно бути понад 115 мгКОН/г, а вміст заліза в емульсії в системах не повинен перевищувати зазначені показники, отримані при дослідженні. Чітке забезпечення цих умов при використанні емульсола «ColdRoller» дає можливість зменшити кількість браку поверхні металу що прокатується на реверсивному стані.

У четвертому розділі проведено аналіз умов праці на робочому місці в приміщенні цеху. Виявлені шкідливі та небезпечні фактори виробничого середовища, розроблені заходи, націлені на утворення безпечних умов праці. Розкриті питання електро-, пожежної та техногенної безпеки в приміщенні, та проведено розрахунок захисного заземлення.

У п'ятому розділі розраховано загальну суму витрат у продовж 21-ти денного періоду дослідження, яка склала 606110,85 грн. При чому розрахований потенційний економічний ефект від впровадження результатів дослідження у виробничий процес становить приблизно 839821,72 грн/рік.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Ніколаєв В.О., Мазур В.Л. Виробництво плоского прокату. Підручник. Запоріжжя : ЗНТУ, 2010. 320 с.
2. Ніколаєв В.О., Мазур В.Л. Виробництво плоского прокату. Запоріжжя : ЗДІА, 2010. 320 с.
3. Грудев А.П. Технология прокатного производства. Москва : Арт-Бизнес-Центр, 1994. 651 с.
4. Королев А.А. Прокатные станы и оборудование прокатных цехов. Атлас : Учебное пособие для вузов. 2-е изд. Москва : Металлургия, 1981. 203 с.
5. Николаев В.А. Валки прокатных станов. Навч. посібник. Запорожье : ЗГИА, 2000. 176 с.
6. Ксензук Ф.А., Троценков Н.А., Павлицев В.Б., Принцип Н. И. Вальцовщик станов холодной прокатки. Москва : Металлургия, 1969. 256 с.
7. Чертавских А.К., Белосевич В.К. Трение и технологические смазки при обработке металлов давлением. Москва : Металлургия, 1968. 364 с.
8. Николаев В.А. Теория прокатки. Запорожье : ЗГИА, 2007. 228 с.
9. Булыжев Е. М., Кокорин В. Н., Титов Ю. А., Григорьев А. А. Прокатка листового металла. Учебн. пособие. Ульяновск : УлГТУ, 2009. 186 с.
10. Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов. Москва : Металлургия, 1985. 593 с.
11. Official Gazette of the United States Patent and Trademark Office: Patents, Том 1149, Выпуск 4.
12. Юхименко С.В. Совершенствование нажимных устройств обжимных прокатных станов с целью повышения их надежности и долговечности : дис. канд. техн. наук : 05.04.04. Днепропетровск, 1990. 160 с

13. Белосевич В.К. Трение, смазка, теплообмен при холодной прокатке листовой сталию. Москва : Металлургия, 1989. 252 с.
14. Чертавских А.К., Белосевич В.К. Трение и технологические смазки при обработке металлов давлением. Москва : Металлургия, 1968. 364.
15. Ионов С.М., Белосевич В.К. Эмульсии для холодной прокатки. Производство проката. 1999, № 6. С. 3–6.
16. Николаев В. О., Теорія обробки металів тиском : навч. посібник. Запоржжя : ЗДІА, 2015. 112 с.
17. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Львів : Афіша, 2002. 320 с.
18. Геврик Є.О. Охорона праці: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ : Ельга, Ніка-Центр, 2003. 280 с.
19. Кузнецов Б.В. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок. Минск : Беларусь, 1987. 479 с.
20. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. Москва : Энергоатомиздат, 1984. 448 с.
21. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования. - М., 1992.
22. Панасейко С.П., Тарасов В.К., Павленко Ю.П. Методические указания к выполнению раздела "Охрана труда" в дипломных проектах для студентов всех специальностей. Запорожье: ЗГИА, 2002. 56 с.
23. НПА ОП 27.1-1.04-09. ДЕРЖАВНИЙ КОМІТЕТ УКРАЇНИ З ПРОМИСЛОВОЇ БЕЗПЕКИ, ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ГІРНИЧОГО НАГЛЯДУ. 2009 г.
24. Метс А.Ф., Штец К.А., Бельгольский Б. П., Щепилов Ф.И. Организация и планирование предприятий черной металлургии. Москва : Металлургия, 1986. 560 с.
25. Брюханенко Б.А, Иванов И.Н., Маркова Н.В. Техничко-економические расчеты по организации и планированию предприятий черной металлургии. Москва : Металлургия, 1974. 368 с.