

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
_____ Інженерно-фізичний _____
(повне найменування факультету)
_____ Фізичне матеріалознавство _____
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту (роботи)

_____ Магістр _____
(ступінь вищої освіти)
на тему «Вплив зміни температури змотування гарячекатаних смуг на
непреривному стані гарячої прокатки з 550-600°C до 530-580°C на якість
холоднокатаного прокату й технологію його виробництва у цеху холодного
прокату» _____
(назва теми)

Виконав: студент _2_ курсу, групи _ІФ-222М
Спеціальності 132 «Матеріалознавство»
(код і найменування спеціальності)

_____ Освітня програма (спеціалізація)
_____ «Прикладне матеріалознавство» _____

_____ Діденко О.М. _____
(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник _____ Глотка О.А. _____
(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент _____
(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

2023р

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Інженерно- фізичний
Кафедра Фізичне матеріалознавство
Ступінь вищої освіти Магістр
Спеціальність 132 «Прикладне матеріалознавство»
(код і найменування)
Освітня програма(спеціалізація) «Прикладне матеріалознавство»
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. каф.

д.т.н., проф. Ольшанецький В.Ю.

« » 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Діденко Олександр Миколайовичу

(ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) «Вплив зміни температури змотування гарячекатаних смуг на неперервному стані гарячої прокатки з 550-600°C до 530-580°C на якість холоднокатаного прокату й технологію його виробництва у цеху холодного прокату»

Керівник проєкту (роботи) к. т. н, доцент

Глотка Олександр Анатолійович

(науковий ступінь, вчене звання, ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « » 20 року №

2. Строк подання студентом проєкту (роботи)

3. Вихідні дані до проєкту (роботи)

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів)

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання

7. Дата видачі завдання «_01_» __жовтня____2023 __року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка

Студент

_____ **Діденко О.М.** _____
 (підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

_____ **Глотка О.М.** _____
 (підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської роботи: 113 с., 22 табл., 28 рис., 49 джерел

ТЕМПЕРАТУРА ЗМОТУВАННЯ, ГАРЯЧЕКАТАНА ТА
ХОЛОДНОКАТАНА СМУГА, ТРАВЛЕННЯ, ОКАЛИНА, ВЮСТИТ,
МАГНЕТИТ, ГЕМАТИТ, РЕГЕНЕРАТ, ПРОКАТ, МІКРОСТРУКТУРА,
ЕФЕКТИВНІСТЬ

Об'єкт дослідження – гарячекатаний рулонний прокат сталі марок 08кп/пс та DC01 для подальшого виготовлення холоднокатаного прокату на ПАТ «Запоріжсталь».

Мета проекту – визначення оптимального температурного режиму змотування гарячекатаних полос на безперервному стані гарячої прокатки 1680 (БТЛС 1680) у цеху гарячого прокату (ЦГП) для подальшого виготовлення холоднокатаного прокату у цеху холодного прокату (ЦХП) ПАТ «Запоріжсталь» з урахуванням якості і режимів травлення гарячекатаних смуг у безперервному травильному агрегаті №4 (БТА-4).

Метод дослідження - науково-практичний.

В основу науково-дослідної роботи поставлено визначення оптимального режиму охолодження смуг при гарячій прокатці, який дозволить покращити якість та знизити відсорткування гарячого прокату по дефектам змотування, дозволить отримати оптимальний фазовий состав окалини на поверхні гарячекатаних смуг, що вплине на їх режим травлення і кількість витрат на матеріальні і енергетичні ресурси без значного впливу на режими холодної прокатки, відпалу, а також на механічні властивості прокату.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Аналітичний огляд.....	9
1.1 Огляд марок сталей для виготовлення холоднокатаного прокату.....	10
1.2 Гаряча пластична деформація металу.....	10
1.3 Структура та властивості окалини.....	13
1.4 Вплив структури окалини на травимість гарячекатаних смуг.....	20
2 Матеріали та методика дослідження фазових утворень.....	23
2.1 Матеріали для порівняльних досліджень.....	23
2.2 Лабораторні дослідження окалиноутворення	23
2.2.1 Методика проведення дослідження.....	23
2.2.2 Лабораторні дослідження травлення зразків.....	27
2.3 Методики дослідження структури та властивостей.....	40
3 Дослідження оптимальних параметрів температури змотування гарячекатаних смуг на якість травлення на виробництві.....	41
3.1 Визначення оптимальних температури змотування гарячекатаних полос на БТЛС1680 ЦГП.....	41
3.1.1 Переділ у ЦГП.....	41
3.1.2 Переділ у ЦХП.....	45
3.2 Дослідження оптимальних параметрів температури змотування гарячекатаних смуг на якість травлення на промислових партіях прокату.....	51
3.2.1 Якість змотування рулонів в ЦГП в дослідний та порівняльний періоди.....	52
3.2.2 Аналіз технології травлення в опитний та порівняльний періоди.....	53
3.2.3 Аналіз технології холодної прокатки та термообробки.....	56
3.2.4 Аналіз механічних властивостей холоднокатаного прокату.....	60
4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	63

4.1 Аналіз потенціальної небезпеки.....	64
4.2 Заходи забезпечення безпеки.....	65
4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.....	75
4.4 Заходи з пожежної безпеки.....	76
4.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	79
5 Економічна частина.....	84
5.1 Економічне обґрунтування.....	84
5.2 Характеристика потенційних ринків.....	84
5.3 Попередня характеристика потенційних клієнтів.....	85
5.4 SWOT - аналіз середовища реалізації інноваційного проекту.....	86
5.5 Ринкова стратегія проекту.....	87
5.6 Ідентифікація стейкхолдерів.....	88
5.7 Розрахунок економічного ефекту впровадження нової технології.....	92
5.8 Висновки до економічного обґрунтування.....	98
Висновки.....	99
Перелік джерел посилань.....	101
Додаток А «Гаряча деформація».....	106
Додаток Б «Відсорткування гарячекатаного прокату за дефектами змотування..	107
Додаток В « Витрати природного газу та кількість чаду металу».....	108
Додаток Г «Режим відпалу холоднокатаних рулонів».....	109
Додаток Д «Мікроструктуру відпаленого прокату».....	110
Додаток Е «Механічні властивості холоднокатаного прокату».....	111
Додаток Ж «Розрахунок економічного ефекту».....	113

ВСТУП

Прокатне виробництво та, у тому числі, виробництво холоднокатаного прокату в умовах ринкової економіки потребує постійної модернізації обладнання, оптимізації та вдосконалення технології виробництва, поліпшення якості, скорочення витрат матеріальних і енергетичних ресурсів для зниження виробничої собівартості випускаємої продукції.

Більше половини виробництва гарячекатаної смуги направляється для подальшого виготовлення холоднокатаних рулонів та листів.

Першою технологічною операцією, якій піддаються гарячекатані смуги після гарячої прокатки перед холодною прокаткою, є очищення поверхні смуг від окалини методом травлення в безперервному травильному агрегаті.

Але не завжди діючі режими прокатки гарячекатаних смуг на безперервному тонколистовому стані гарячої прокатки (БТЛС 1680), задовольняють потреби цеху холодного прокату до якості поступаючого для подальшої обробки гарячекатаних рулонів. Завдяки дуже низьким температурам змотування після гарячої прокатки (500-550°C) виникають дефекти «телескопічні», «розпушені», «розбіг витків», «заворот крайки» та інші. Невірно скоректовані у більшу сторону (550-600°C діючі режими охолодження гарячекатаних смуг після гарячої прокатки мають позитивні моменти (незначне покращання якості і зменшення відсорткування по вищепереліченим дефектам), але також виникає і негативний момент - змінюється фазовий та кількісний состав окалини на поверхні смуг, що впливає на збільшення кількості окалини, що наповнювалася, що, в свою чергу, вплинуло на збільшення зливів відпрацьованих травильних розчинів і збільшення споживання регенованої кислоти при травленні на 0,002м³. Також збільшилися витрати на газ, через переробку збільшеної кількості зливів ВТР на УРСК, збільшилася витрата металу в чад на 0,29 кг/т.

Визначені негативні фактори указують на недосконалість діючого режиму і підштовхують на розробку та винахід оптимального режиму охолодження

гарячекатаних смуг після гарячої прокатки з забезпеченням якості рулонів після змотуванні і, в подальшому, механічних властивостей виготовленого холоднокатаного прокату.

Усунення цих факторів дозволить скоротити матеріальні і енергетичні затрати та знизити собівартість продукції.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

Актуальність теми. Розвиток прокатного виробництва вимагає від фахівців пошуку, створення та впровадження нових технологічних рішень, направлених на вдосконалення технології виробництва та підвищення якості вихідного продукту, завдяки чому можна отримати певні економічні результати без вкладання коштів у оснащення діючого обладнання, на якому виготовляється продукт.

При виробництві холоднокатаного прокату його механічні властивості, якісні характеристики, економічні показники виробництва у цеху холодної прокатки напряму залежать від температурного режиму кінця гарячої прокатки та температури змотування, та якості поступаючих гарячекатаних смуг в рулонах.

Такий параметр гарячої прокатки як температура змотування напряму впливає на якість витків рулонів та формування на поверхні гарячекатаних смуг оксидних фаз, які напряму впливають на технологічні та економічні режими і показники травлення смуг у лінії безперервного агрегату №4 (БТА-4) у цеху холодної прокатки.

Таким чином треба у комплексі розглядати залежність травлення гарячекатаних смуг від їх температурних параметрів змотування на безперервному тонколистовому стані гарячої прокатки 1680 (БТЛС 1680) у цеху гарячої прокатки.

Перспективним напрямком у вирішенні такої задачі може бути пошук оптимальної температури змотування гарячекатаних смуг, яка здатна оптимально зменшити утворенню кількості оксидних фаз, а, отже, отримати певні економічні показники при травленні, що відображається на собівартості холоднокатаного прокату. Наукові роботи, які виконані у цьому напрямку, присвячені, як правило, вивченню аспектів утворення оксидних фаз в залежності від температури, яку проходить метали при обробці, в них відсутні практичні до виробництва, конкретні температурні діапазони змотуванні полос завдяки котрим можна отримати певні

економічні показники. Практичне рішення цієї проблеми можливе за умови вдосконалення існуючих режимів з застосуванням їх на виробництві.

1.1 Огляд марок сталей для виготовлення холоднокатаного прокату

Об'єктом дослідження роботи буде одна з найпоширеніших марок сталей із якої виготовляється холоднокатаний прокат - конструкційна вуглецева якісна марка сталі 08кп та її аналог по європейським стандартам - сталь марки DC01. У будівельному сегменті ці сталі застосовуються при виготовленні металоконструкцій, замкнутих і незамкнутих профілів, профнастилу та інших виробів. В машинобудуванні використовуються для виробництва прокладок, втулок і шайб, а також для інших деталей невідповідального і відповідального призначення, в тому числі, після хіміко-термічної обробки [1].

1.2 Гаряча пластична деформація металу

Перший етап гарячої пластичної деформації металу відбувається на стані «Слябінг1150» цеху гарячої прокатки. Злитки нагріті до температури 1320-1360°C у нагрівальних колодцях прокатуються на стан «Слябінг 1150». Прокатка ведеться у реверсивному режимі за непарну кількість проходів. Технологією передбачена як одинарна (прокатка по 1 злитку) так і «спарена» (прокатка по 2 зливки) прокатка. У першому проході знімається «конусність» зливка, а останній є прогладжуючим (без обтискань), для формування правильної форми бічних граней. Вертикальними валками злиток обтискається лише у непарних проходах, у парних знімається розширення, горизонтальними валками – у всіх проходах. Величина обтиснута в

кожному проході здійснюється відповідно до режимів обтиснення для кожного типу злитка, розміру слябу та марки сталі.

Після прокатки розкати транспортуються, за допомогою рольгангів, на ножиці 2000, де ріжуться на сляби мірної довжини відповідно до замовлення ЦГП і відправляються на стан БТЛС 1680 транспортними рольгангами.

Другим етапом пластичної деформації є прокатка слябів на безперервному тонколистовому стані гарячої прокатки 1680 (БТЛС 1680) цеху гарячої прокатки. Для забезпечення якісної поверхні листів та збільшення тривалості роботи робочих валків стан має пристрої для очищення поверхні слябу від окалини. Перед чорною та чистою групами встановлюють прокатні кліті Дуо з горизонтальними валками, які, забезпечуючи обтиснення розкату в межах до 20% перед чорною групою і до 10% перед чистою, зламують при цьому первинну або вторинну окалину, не вдавлюючи її у метал. Безпосередньо за окаліноломателем розташовуються гідроустрої, які за допомогою струменів води високого тиску видаляють окалину з поверхонь слябу або розкату (такі ж гідрозбиви розташовуються за клітями № 2,3).

Після зняття розпушеної окалини з поверхні розкату на гідрозбиві №2 розкат подається для подальшого обтиснення в кліть №1.

Перед клітями №№2,3,4 встановлені вертикальні кліті (Єджера №№1,2,3 відповідно), які призначені для регулювання та ширини розкату після прокату в перших клітинах чорної групи. Обтискання кромek розкату на величину від 4 до 23 мм.

Максимальні обтискання при прокатуванні вуглецевих та низьколегованих сталей у черновій групі клітей: ДУО – 20-25 %, 1 кліть – 35-37%, 2 кліть – 35-37%, 3 кліть – 35-37%, 4 кліть – 35-37%. Температура розкатів за 4-ю кліттю повинна бути у межах 1060-1120оС.

Після виходу із чорної групи клітей розкат попадає на ППП «Coilbox», який встановлено в лінії стану 1680 (на проміжному рольгангу між чорною та чистою групою клітей) з метою розширення сортаменту рулонів подвійної маси, зниження температурного клина розкату (різниці температур переднього та

заднього кінців підкату), збереження та вирівнювання по довжині розкату температури металу [2, 3]. Це досягається шляхом змотування розкату в рулон, з подальшим розмотуванням і завданням заднім кінцем в чистову групу клітей стану.

Після того як розкат вийшов з ППП «Coilbox», передній кінець має нерівномірну форму, для забезпечення правильного захоплення передньої частини розкату робочими валками чистової групи обрізається передній кінець, а для зниження ймовірності утворення наварів і розривів також обрізається і задній кінець гуркоту. Також обріз кінців відбувається через їх застуджування (температура переднього кінця нижче необхідної).

Після обрізки переднього і заднього кінця розкату на ножицях, розкат надходить у лінію стану чистової групи, для формування остаточних геометричних характеристик смуги.

Максимальні обтискання при прокатуванні вуглецевих та низьколегованих сталей у чистовій групі клітей: 5, 6 кліті – 45-50 %, 7,8 кліті – 35-40%, 9 кліть – 25%, 10 кліть – 15%. Температура розкатів за 10-ю кліттю повинна бути у межах 850-900°C.

Після прокатки в чистовій групі клітей, смуга охолоджується перед смоткою в установці ламінарного охолодження смуг.

Температуру змотування смуг оператор моталок регулює шляхом включення (вимкнення) певної кількості верхніх та нижніх ванн душуючої установки. Перед змотуванням у рулони смуги охолоджуються до певної температури залежно від призначення. Охолодження смуг проводиться в установці, що душує, згідно з технологічними картами [4].

Прокатані смуги, призначені для подальшого переділу в ЦХП транспортуються центральним рольгангом до моталок №№ 1- 6 після чого транспортуються конвейєром до ЦХП.

1.3 Структура та властивості окалини

Залізна окалина є продуктом окислення металу. Утворення залізної окалини пов'язані з процесами термічної обробки чи обробки металу тиском за високих температур.

На поверхні сталевого прокату завжди є окисний шар. Склад і структура окисних сполук буде залежати від марки сталі, складу навколишнього середовища, температури, режиму термообробки, наявності та кількості окислювачів, наприклад кисню та інших факторів.

Основний вплив на процеси очищення смуги від окалини мають структура, товщина і пористість шару окалини.

Термодинамічний аналіз системи залізо - кисень показує, що в процесі окислення може виникати ряд самостійних фаз. Процес окислення заліза протікає у послідовності $\text{Fe} - \text{FeO} - \text{Fe}_3\text{O}_4 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ [5].

Основними фазами при цьому є: тверді розчини кисню та оксидів у залізі, вюстит (фаза близька до FeO), магнетит Fe_3O_4 , гематит Fe_2O_3 , тверді розчини оксидів. Вюстит більшою мірою і магнетит меншою розчиняються в кислотах, а гематит розглядається як нерозчинна сполука.

За наявності в окалинні шару вюститу, прилеглого до металу, утворюється електрохімічний елемент, що викликає поверхні розділу більш швидке розчинення оксидів, ніж за звичайному хімічному процесі. При втраті контакту між шаром вюститу та металом швидкість його розчинення знижується. Магнетит не утворює такої електрохімічної пари, тому швидкість його розчинення при контакті з металом не змінюється. Твердість окремих фаз оксидів становить: для вюститу 270-350 HV, для магнетиту - 420-500 HV і для гематиту >1000 HV [6].

Вюстит кристалізується по ґратах кам'яної солі, пластична деформація відбувається за 12 гексагональними площинами. Магнетит кристалізується як шпинелі, пластична деформація можлива тут лише з 8 площин двойниковання. Магнетит значно хрупкіш, ніж вюстит.

Шар вюститу відрізняється більшою пористістю, ніж шар інших оксидів заліза. зазначені особливості властивостей окремих фаз системи залізо-кисень можуть бути перенесені на низьковуглецеву сталь. Легуючі домішки вносять певні зміни до складу та властивості окисних плівок та окалини.

Межі стійкості окремих фаз у рівноважному стані показані на діаграмі стану залізо - кисень (рис.1). Вюстит стійкий при температурі більше 570°C, а при нижчій температурі - перетворюється на магнетит та металеве залізо.

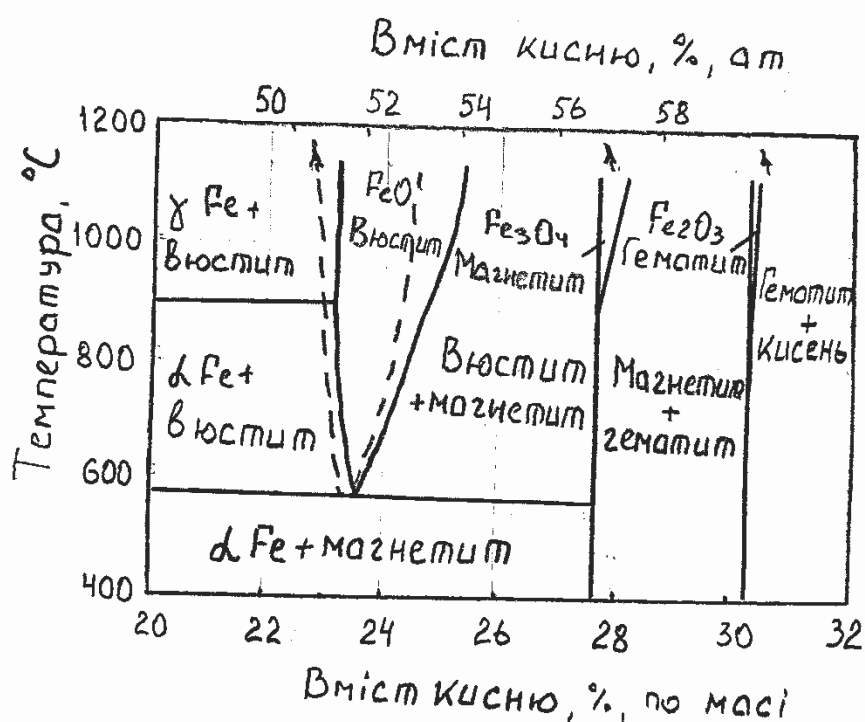


Рисунок 1.1 - Діаграма стану залізо – кисень

Максимум швидкості реакції цього перетворення лежить при 480°C, за температури нижче 300°C швидкість реакції наближається до нуля (рис. 2). Якщо охолодження шару окалини в інтервалі 570-300°C йде з високою швидкістю, то вюститна фаза не встигає розкластися і залишається зафіксованою при нижчій температурі. При уповільненому охолодженні вюститна фаза в окалині є в невеликій кількості або відсутня повністю.

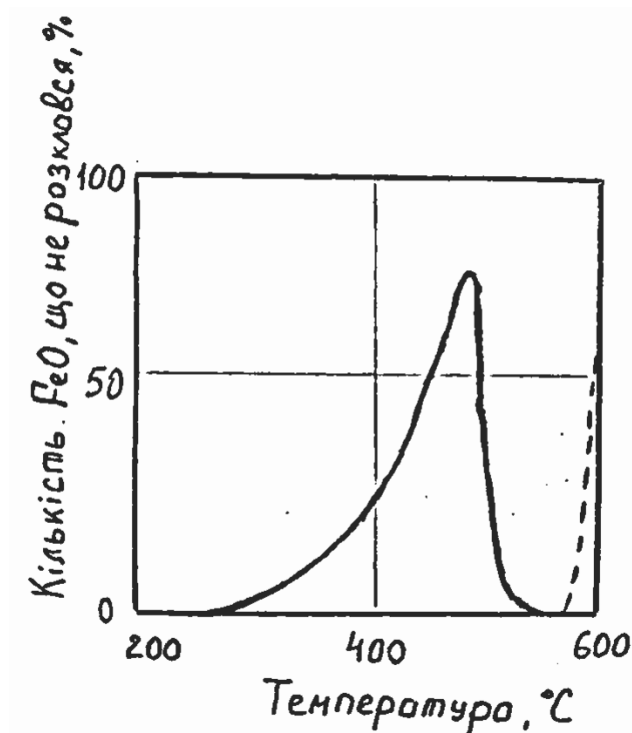


Рисунок 1.2 - Залежність швидкості перетворення окислів від температури

При нагріванні металу до температури понад 1100°C, особливо при обмеженому вмісті кисню та підвищеному вмісту парів води або оксидів вуглецю, відбувається відновлення гематиту в магнетит:



Як, видно, з діаграми системи залізо-кисень, у ній відбуваються перетворення складних твердих розчинів.

Технічна окалина, що з'являється на поверхні сталевих смуг та листів після обробки при високій температурі, є сумішшю різних фаз, причому товщина структура та склад окалини залежать від режиму та характеру теплової обробки.

Зазвичай окалина складається з трьох шарів, що практично зустрічається у випадку окислення поверхні при температурах більше 570°C та надлишку кисню с послідовним достатньо швидким охолодженням. Безпосередньо к металу прилягає шар вюститу, потім - шар магнетиту, зовнішній шар складається з гематиту. Доля кожного окислу у загальному шарі визначається температурой окислення (рис.3).

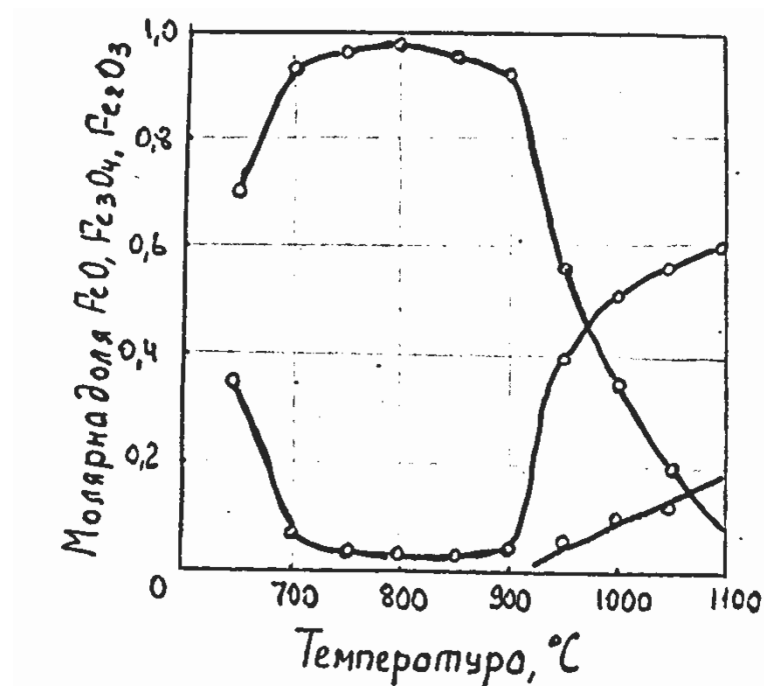


Рисунок 1.3 - Залежність температури окислення на состав окалини

При рівноважному стані в інтервалі 700-900°C утворюється окалина, що складається з 90% FeO і 10% Fe₃O₄; при температурах > 900°C і надлишку кисню поряд з Fe₃O₄ замість FeO починає виникати фаза Fe₂O₃. При температурах < 570°C утворюється окалина, що складається з магнетиту, покритого тонким шаром гематиту.

Умови, які впливають на виникнення окалини, залежить від режиму роботи стану гарячої прокатки. Перед чистовою групою клітей окалина видаляється водою. Однак, при проходженні смуг через чистові кліті та ділянку охолодження перед моталками, а також у процесі охолодження рулону вона знову утворюється [5].

У практиці виробництва гарячекатаних смуг виявлено кілька типів структури окалини, що різняться за кількістю та видом основних фаз [7], [8].

Структура типу I - окалина, що складається з магнетиту з розсіяною дрібнодисперсною фазою металевого заліза. Вона являє собою продукт глибокого розпаду вюститу і характерна для розташовуються в середині рулону і ділянок широкої смуги, що охолоджуються повільно. У деяких випадках в структурі є

невелика кількість вюститу, що не розпався, що вказує на прискорене охолодження рулонів або на застосування рулонів невеликої маси.

Структура типу II - двошарова окалина з шаром вюститу, прилеглим до металу, та з шаром магнетиту. Іноді окалина немає ознак ясно вираженої шаруватості. Така окалина характерна для ділянок широких смуг, де охолодження в рулоні йде більш інтенсивно: на кромках середньої частини та головної частини смуги.

Структура типу III - двошарова окалина з основним шаром магнетиту, над яким є дуже тонкий зовнішній шар гематиту, що зумовлює темне забарвлення кромки смуги.

Структура типу IV - так звана сендвічова з трьома шарами: зовнішній - магнетит, середній - вюстит, внутрішній - магнетит. Ця структура спостерігається після прокатки на вузьких смугах, що зазнають прискореного охолодження.

Виникнення різних структур окалини можна пояснити так. При проходженні останньої кліти окалина має так звану нормальну структуру: внутрішній шар - вюстит, зовнішній - магнетит. Після виходу з останньої кліти широка смуга охолоджується водою на рольгангу, що відводить, і при температурі 550-600°C згортається в рулон. На смузі, отриманій при температурі кінця прокатки більше 900°C є зовнішній шар гематиту. Поява його на кромках та кінцях рулону пов'язана з недостатнім охолодженням смуги після прокатки та вільним доступом повітря до цих частин при охолодженні рулонів на складі.

Якщо температура кінця прокатки менша за 900°C, то при порівняно повільному русі смуги процес окалиноутворення під водою веде до утворення магнетиту. Співвідношення між кількістю магнетиту та вюститу залежить від тривалості перебування смуги під водою. В атмосфері водяної пари утворюється окалина яка містить менше вюститу і більше магнетиту. Чим нижча температура змотування, тим більше пригнічується перетворення вюститу. В результаті взаємодії цих умов, а також умов охолодження рулонів після прокатки структура окалини містить різну кількість вюститу, що не розклався, і продуктів його розпаду.

Ізотермічне перетворення вюстита не обов'язково є простим розкладанням на магнетит та залізо [8]. В результаті розпаду можуть утворитися в залежності від вмісту кисню, температури та швидкості охолодження також вюстит з меншим вмістом кисню та підвищеними параметрами решітки.

Великий вплив на процес видалення окалини з поверхні сталевих смуг має товщина шару окалини, що становить зазвичай 7-15 мкм і в деяких випадках досягає 20 мкм. Кількість окалини коливається не більше 3,5-5,5 мг/см² [9]. Товщина шарів окремих фаз різна і залежить від умов прокатки та охолодження смуг.

Одним із основних факторів, що визначають товщину шару окалини, є температура кінця прокатки. Як показали дослідження [10], оптимальною є температура близько 850°C. Зі збільшенням температури зростає товщина шару окалини (рис.6), причому це зростання прискорюється при температурах понад 900°C. Збільшення окалиноутворення досягається шляхом збільшення швидкості прокатки. При температурі кінця прокатки 880°C інтенсивне зниження товщини шару окалини спостерігається зі швидкістю прокатки 5-8,5 м/сек. При подальшому зростанні швидкості товщина шару мало змінюється [7].

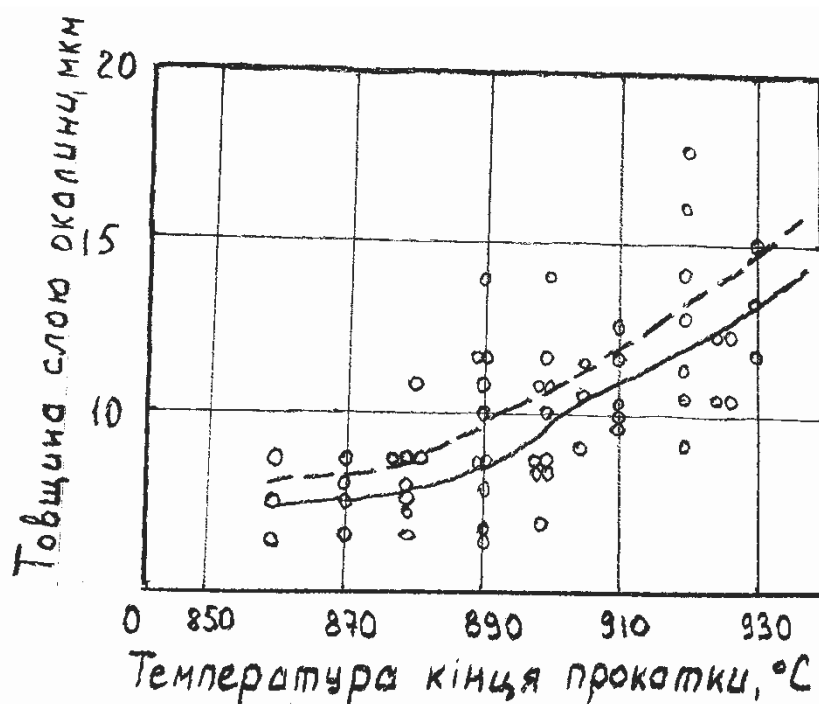


Рисунок 1.4 - Залежність товщини шару окалини від температури кінця прокатки

При прокатці листів на товстолистових, а також на широкосмугових станах з охолодженням на рольгангах і холодильниках товщина шару окалини досягає 40мкм, так як охолодження проводиться з високої температури на повітрі при достатньому притоку кисню. у цих випадках вирішальне значення має температура кінця прокатки, а не її швидкість. Вплив параметрів прискореного охолодження смуг на інтенсивність окалиноутворення достатньо не вивчений. Відомо, що процес окалиноутворення йде більш інтенсивно у воді, ніж на повітрі. Тому тривалість водяного охолодження смуг перед змотуванням у рулон має бути мінімальною.

Температура змотування смуги в рулон в інтервалі температур 600-700°C [5,6] не впливає на зростання плівки окалини. Однак чим температура металу вище при змотуванні, тим більша можливість утворення більш товстого шару окалини по краях на передньому і задньому кінцях смуги, що стикаються з атмосферою. Крім того, підвищена температура змотування призводить до утворення на кінцях смуги шару гематиту, що є небажаним.

Важлива характеристика окалини - її суцільність (пористість). Найбільш пористий шар утворює вюстит. Тріщини та пори виникають у шарі окалини в період охолодження металу в результаті перетворення структури. При утворенні окалини що складається з вюститу, збільшення обсягу становить 1,76, а з магнетиту і гематиту - відповідно 2,1 і 2,4. Чим вище температура окислення, тим більше утворюється різних оксидів, що мають різну пластичність. Їх перетворення призводить до виникнення внутрішніх напруг, що викликають утворення тріщин і пір. Особливо це помітно в окалині, що утворюється за температури більше 900°C [11].

1.4 Вплив структури окалини на травимість гарячекатаних смуг

На будову і товщину окалини стали, а отже, і на її травність, впливають фактори гарячої прокатки.

- температура кінця прокатки та температура змотування смуги в рулон;
- швидкість охолодження металу.

При кімнатній температурі та нагріванні до 200°C залізо завжди покрите окисною плівкою, яка після досягнення малої товщини значно гальмує подальше окиснення і навіть, повністю його припиняє. При підвищенні температури заліза до 250-350°C плівка, що складається з окису заліза, починає товщати. В межах від 350°C до 570°C плівка оксидів складається з двох шарів - зовнішнього кристалічного Fe_2O_3 (гематит) та внутрішнього щільного склоподібного Fe_3O_4 (магнетит). При нагріванні понад 570-575°C під шаром Fe_3O_4 наростає третій шар, що складається з FeO (вюстит), що легко руйнується. З цього моменту починається процес, який полягає в тому, що при підвищенні температури іони заліза з нижчих шарів дифундують назовні, окислюючись киснем повітря, утворюють зовнішній шар окалини, який закриває собою шар, що раніше утворився. Потовщення зовнішнього шару окалини перешкоджає проникненню кисню всередину окалини.

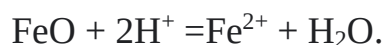
Найвнутрішній шар, з якого йдуть іони заліза, стає пористим, і контакт між шарами стає не суцільним. Назустріч залізу всередину окалини дифундують атоми кисню, які утворюють на кордоні із залізом шар вюститу. Невелика кількість кисню проникає у залізо, утворюючи твердий розчин. Таким чином, окалина росте як назовні, так і всередину від первісного шару оксидів, і чим вища температура і тривалість окислення, тим товщі має бути шар окалини [12], [13], [14].

Для забезпечення задовільних умов травлення температура кінця прокатки повинна бути відносно невисокою і смуга повинна швидше охолоджуватися. Так як температура впливає не тільки на окалиноутворення, але і на технологічні та механічні властивості, то зазвичай температуру кінця прокатки встановлюють такою, щоб вона задовольняла отриманню необхідних властивостей та структури

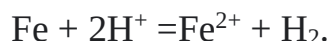
металу, а температуру змотки встановлюють такою, щоб вона задовольняла умовам травлення та отримання необхідних властивостей та структури металу. На комбінаті «Запоріжсталь» умови охолодження смуг несприятливі для легкотравного окалиноутворення через велику довжину рольгангу від останньої кліті БТЛС1680 до пристрою, що душує (104,9 м) і від пристрою, що душує, до моталок (94,52 м).

Через різні умови прокатки, охолодження на рольгангу і в рулоні різні ділянки смуги мають неоднакову структуру окалини. Особливо це стосується прокатки без водяного охолодження смуг перед змотуванням в рулон. Також, при охолодженні металу, змотаного в рулон, повітря має доступ тільки до кінців смуги та її країв. Це викликає виникнення у цих місцях зовнішнього шару гематиту. Тому кінці та кромки смуг, не охолоджені водою, травляться набагато гірше, ніж середня частина [8].

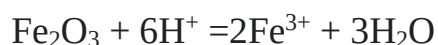
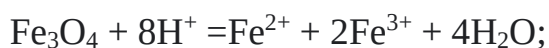
Найшвидше у водних розчинах кислот розчиняється закис заліза (вюстит):



Поряд із розчиненням вюститу відбувається взаємодія іонів водню кислоти з металевим залізом:



За величиною зменшення шару вюститу зменшується міцність зчеплення окалини з основним металом. Під впливом водню, що виділяється, лусочки окалини злітають з основи і утворюють шлам на дні травильних ванн, який повільно взаємодіє з розчином кислоти:



Іони тривалентного заліза, що утворюються у малих концентраціях, відновлюються з утворенням солей двовалентного заліза. Якщо в окалині відсутня вюстит, то за наявності пір і тріщин відбувається інтенсивне розчинення металевого заліза. При цьому водень, що виділяється, відновлює вищі оксиди заліза (Fe_2O_3) до закису (FeO).

Таким чином, процес травлення залежить в першу чергу від товщини і структури окалини. Оптимальні умови створюються тоді, коли окалина містить максимальну кількість вюститу, а гематит відсутній. Такі умови забезпечуються за низької температури кінця прокатки (850°C) - виходить шар окалини зниженої товщини та зменшується небезпека появи гематиту [11].

2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ФАЗОВИХ УТВОРЕНЬ

2.1 Матеріали для порівняльних досліджень

Хімічний склад сталі марки 08кп приведено у таблиці 2.1 [15], [16].

Таблиця 2.1 - Хімічний склад, %

Марка сталі	Масова частка хімічних елементів, %								
	C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni	As
08кп	0,05- 0,12	≤0,03	0,025- 0,05	≤0,10	≤0,04	≤0,035	≤0,02	≤0,03	≤0,08
DC01	≤0,12	-	≤0,60	-	≤0,045	≤0,045	-	-	-

2.2. Лабораторні дослідження окалиноутворення

2.2.1 Методика проведення дослідження

Для розуміння процесів утворення окалини на поверхні гарячекатаних смуг після гарячої прокатки були проведені лабораторні дослід з травлення у розчині соляної кислоти з усередненою концентрацією, яка використовується у лінії БТА-4.

Дослідження проводилося на зразках гарячекатаного підкату (164 шт.), відібраних при задачі смуг у БТА-4 та ЦХП від початку та кінця рулону сталі марки 08кп, Досліджувані проби металу були оброблені окалиноломателем БТА-4.

Проби відібраного металу різалися на зразки розміром 50х50 мм. Кожен зразок маркувався відповідним маркуванням, замірялася його площа ($2S$, см²), просвердлювався отвір Ø 4 мм (зі зняттям фаски), і після знежирення в розчиннику (спирт, ацетон) зважувався на аналітичних вагах ($P1$, г) з точністю до 0,0002 г.

Результати вимірів площі та ваги кожного зразка заносилися до таблиці лабораторного журналу.

Для проведення дослідження готувалися солянокислотні травильні розчини, з розрахунку 50 мл травильного розчину за кожен зразок, із усередненою концентрацією, тобто, середньою за чотирма травильними ваннами – 118 г/л HCl + 70 г/л FeCl₂ (≈ 11 % HCl + 6 % FeCl₂). Температура розчину при травленні зразків становила: 80÷85°C.

Розрахунок кількості соляної кислоти (V-кислоти, мл), необхідної для приготування досліджуваного розчину, проводився за формулою:

$$V_{\text{кислоти}} = \frac{C_{\text{КИСЛ.}}^{\text{ТРЕБ}} \% \times V_{\text{р-ра}}^{\text{Треб}}, \text{мл} \times \sum d_{\text{р-ра}}^{\text{Треб}}, \text{г/см}^3}{C_{\text{к-ты}}^{\text{Исх}}, \% \times d_{\text{к-ты}}^{\text{Исх}}, \text{г/см}^3}, \text{мл}, \quad (2.1)$$

де $C_{\text{кисл.}}^{\text{треб}}$ – масова концентрація соляної кислоти в досліджуваному травильному розчині, що готується, %;

$C_{\text{к-ты}}^{\text{исх}}$ – масова концентрація концентрованої соляної кислоти в вихідному розчині, %;

$V_{\text{р-ра}}^{\text{треб}}$ – об'єм досліджуваного травильного розчину, що готується, мл;

$\sum d_{\text{р-ра}}^{\text{треб}}$ – щільність досліджуваного травильного розчину, що готується, г/см³;

$D_{\text{к-ты}}^{\text{исх}}$ – щільність концентрованої соляної кислоти, г/см³.

Розрахунок кількості хлорного заліза ($V_{\text{соли}}$, г), необхідного для приготування досліджуваного розчину, проводився за формулою:

$$V_{\text{соли}} = \frac{C_{\text{соли}}^{\text{ТРЕБ}} \% \times V_{\text{р-ра}}^{\text{Треб}}, \text{мл} \times \sum d_{\text{р-ра}}^{\text{Треб}}, \text{г/см}^3}{100} \times K, \text{г} \quad (2.2)$$

де $C_{\text{соли}}^{\text{треб}}$ – масова концентрація хлорного заліза в досліджуваному розчині соляної кислоти, що готується, %;

$V_{\text{р-ра}}^{\text{треб}}$ – об'єм досліджуваного травильного розчину, що готується, мл;

$\Sigma d_{p-ра}^{троб}$ – щільність досліджуваного травильного розчину, що готується, г/см³;

K – коефіцієнт переводу 6-водного FeCl₃ в безводний ($\frac{FeCl_3 \times 6H_2O}{FeCl_3}$), дорівнює 1,67 [17].

Після знежирення та зважування зразки піддавались травленню у зазначеному вище травильному розчині; за допомогою секундоміру замірявся час стравлювання основної (повітряної) окалини ($\tau_{стр}$, сек). Протравлені зразки відразу промивалися в гарячій проточній воді і сушилися фільтрувальним папером. Результати тривалості травлення заносилися до таблиці лабораторного журналу.

Протравлені зразки оглядалися, відзначалося якість травленої поверхні, і потім кожен зразок зважувався на аналітичних вагах з точністю до 0,0002 г. Результати ваги після травлення (P₂, г) також заносилися до таблиці лабораторного журналу.

За результатами зважування розраховувалися втрати металу при травленні в розчині соляної кислоти (ΔP , г/м² і %), товщина окалини (δ , %), чад металу (кг/т) [18], [19]. Результати вимірів та розрахунків заносилися до таблиці лабораторного журналу.

Розрахунок втрати ваги (г/м² і %) при стравлюванні основної окалини проводився за формулами:

$$\Delta P = \frac{(P_1 - P_2)}{2S} \times 10000, \text{ г/м}^2, \quad (2.3)$$

де P₁ – вага до травлення, г;

P₂ – вага після травлення, г;

2S - площа зразка (a×b), м²

$$\Delta P = \frac{\Delta P, \text{г} \times 100}{P_1, \text{г}} \times K, \% \quad (2.4)$$

де ΔP_1 – різниця ваги зразка до та після травлення ($P_1 - P_2$), г;

P_1 – вага до травлення, г;

K – коефіцієнт, враховуючий товщину (номінальна/фактична), приймаємо рівним 2.1.

Угар металу при травленні:

$$\text{Угар} = \Delta P, \% \times 10, \text{ кг/т}, \quad (2.5)$$

де ΔP – втрати ваги при стравлюванні окалини, %.

Товщину окалини розраховували за формулою:

$$h = \frac{\Delta P, \text{г} / \text{м}^2}{d(\text{Fe}_3\text{O}_4), \text{г} / \text{см}^3}, \text{ мм}, \quad (2.6)$$

де $d(\text{Fe}_3\text{O}_4)$ – щільність окалини, дорівнює 5,2 г/см³ [20], [21]; [22], [23];

ΔP - втрати ваги при стравлюванні окалини, г/м².

Середні втрати ваги металу розраховували за формулами:

$$\Delta p_{\text{ср.кромка}} = \Sigma \Delta p_{\text{ср.кромка}} / n, \text{ г/м}^2, \quad (2.7)$$

де $\Sigma \Delta p_{\text{ср.кромка}}$ - сума втрат ваги усіх крайкових зразків; г/ м²;

n – кількість крайкових зразків.

$$\Delta p_{\text{ср.переходн}} = \Sigma \Delta p_{\text{ср.переходн}} / n, \text{ г/м}^2, \quad (2.8)$$

де $\Sigma \Delta p_{\text{ср.переходн}}$ - сума втрат ваги усіх перехідних зразків, г/ м²;

n – кількість перехідних зразків.

$$\Delta p_{\text{ср.центральная}} = \Sigma \Delta p_{\text{ср.центральная}} / n, \text{ г/м}^2, \quad (2.9)$$

де $\Sigma \Delta p_{\text{ср.центр}} -$ сума втрат ваги усіх центральних зразків, г/ м²;

n – кількість центральних зразків.

Швидкість травлення смуги у БТА-4:

$$V_{\text{тр}} = 105 / \tau * 60, \text{ м/хв} \quad (2.10)$$

де 105 – довжина технологічної частини БТА-4, м;

τ – час стравлення окалини, сек.

Травлення зразків проводилося за обраною методикою проведення лабораторного дослідження. Травлені зразки промивали у гарячій проточній воді. Усі зразки після промивання промокали «фільтрувальним» папером, з метою швидкого, рівномірного висихання поверхні зразка, з мінімальним утворенням «муарів» - підтіків води, що виникають через недостатньо швидке і нерівномірне сушіння промитих зразків, утворюються на поверхні зразка у вигляді ділянок різнотональності, як наслідок від нерівномірної окисленості за площею зразка.

На протравлених зразках поверхня металу була світло-сірого кольору, і не мала слідів окислення та шламових залишків.

2.2.2 Лабораторні дослідження травлення зразків

Результати лабораторного травлення гарячекатаних зразків, відібраних від початку та кінця рулону марки сталі 08кп, наведені в Таблиці 2.2 та рисунках 2.1 та 2.2.

Лабораторне травлення зразків сталі 08кп відібраних від рулонів одинарної маси.

Фактична температура кінця гарячої прокатки досліджуваної смуги (перерізом 3,0×1030мм) сталі 08кп, призначеної на холоднокатаний прокат, становила 850°С. Гаряча прокатка досліджуваної плавки (одинарні рулони)

здійснювалася без використання проміжного перемотувального пристрою між чорною та чистою групами стану гарячої прокатки. Змотка проводилася з охолодженням смуг до фактичних температур - 500-550°C. У таких умовах окалиноутворення як за довжиною, так і за шириною смуги має проходити рівномірно.

Параметри травлення сталі 08кп (одінарні рулони) наведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Результати травлення зразків сталі марки 08кп солянокислотним методом

Марка сталі (кількість зразків)	Переріз смуги, мм	Фактична температура кінця прокатки та змотки, °C	Місце відбору зразків		Час травлення, сек	Втрата ваги, %	Чад металу, кг/т	Товщина окалини, мкм
			По довжині смуги	По ширині смуги				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
08кп (один.) (84 зразка)	3,0x1030	850/ 500-550	Початок рулону	крайкові	29	0,53	5,31	12,07
				перехідні	34	0,67	6,71	15,84
				центральні	31	0,60	6,03	14,37
				Середнє	31	0,60	6,02	14,09
			Кінець рулону	крайкові.	31	0,61	6,13	13,47
				перехідні	32	0,74	7,40	16,76
				центральні	29	0,64	6,44	14,95
				Середнє	31	0,67	6,66	15,06
			Середнє по смузі		31	0,63	6,34	14,57
08кп (т/в) (80 зразків)	3.0x1000	865/ 500-550	Початок рулону	крайкові	28	0,53	5,32	12,34
				перехідні	30	0,59	5,88	13,78
				центральні	29	0,62	6,16	14,48
				Середнє	29	0,58	5,79	13,53
			Кінець рулону	крайкові.	26	0,53	5,26	12,24
				перехідні	27	0,58	5,79	13,60
				центральні	27	0,56	5,64	13,37
				Середнє	27	0,56	5,56	13,07
			Середнє по смузі		28	0,57	5,67	13,30

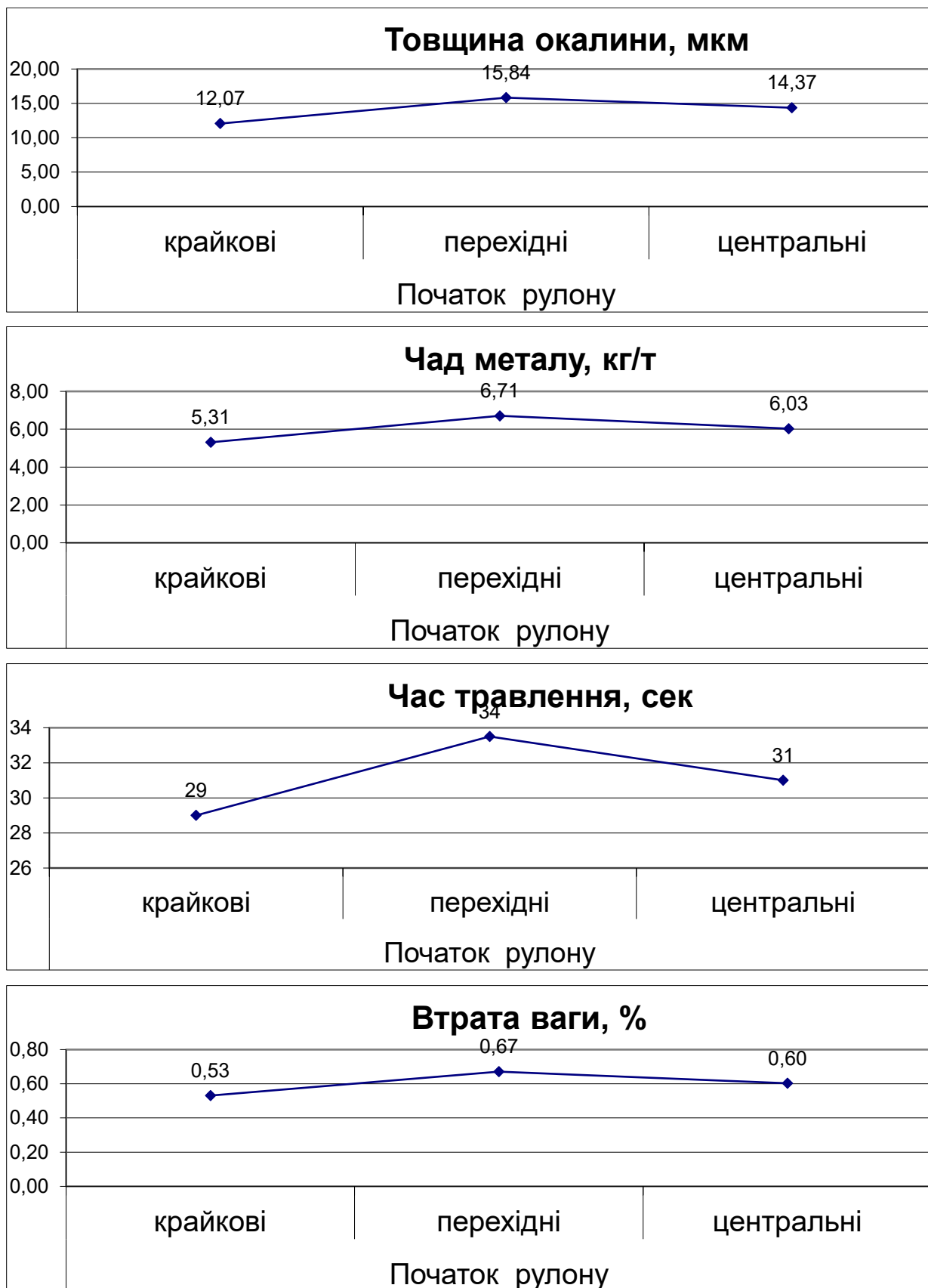


Рисунок 2.1 - Показники травлення сталі марки 08кп одинарні рулони
(початок рулону)

При травленні зразків стали марки 08кп зони «початку рулону» (42 шт.) відзначалося значно нерівномірне окалиноутворення (див. діаграму 1 та таблицю 1), можливо через нерівномірність в охолодженні смуги – кромки смуги охолоджувалися швидше, ніж центральна частина. Відзначено різке зростання товщини окалини від «кромкових» ділянок смуги до «перехідних» – від 12,07 мкм до 15,84 мкм, і більш плавне зниження від «перехідних» ділянок смуги до «центральних» – від 15,84 мкм до 14,37 мкм.

Час стравлювання окалини збільшувався від «кромкових» до «перехідних» (з 29 до 34 сек), і знижувався від «перехідних» до «центральних» зразків (від 34 до 31 сек).

Чад металу в зоні «початку рулону» стали 08кп також зростав від «кромкових» до «перехідних» (від 5,31 кг/т до 6,71 кг/т), і знижувався від «перехідних» до «центральних» ділянок смуги. від 6,71 кг/т до 6,03 кг/т.

Втрати ваги при травленні зростали від «кромкових» до «перехідних» (від 0,53% до 0,67%), і знижувалися від «перехідних» до «центральних» ділянок смуги – від 0,67% до 0,60%.

Таким чином видно, що зростання окалини по ширині смуги зони «початку рулону» було неоднорідним, найбільш важкотравною областю були «перехідні» ділянки.

При травленні зразків «кінця рулону» (42 шт.) так само, як і в «початку рулону», відмічено нерівномірне окалиноутворення (див. Рисунок 2.2 та таблицю 2.1).

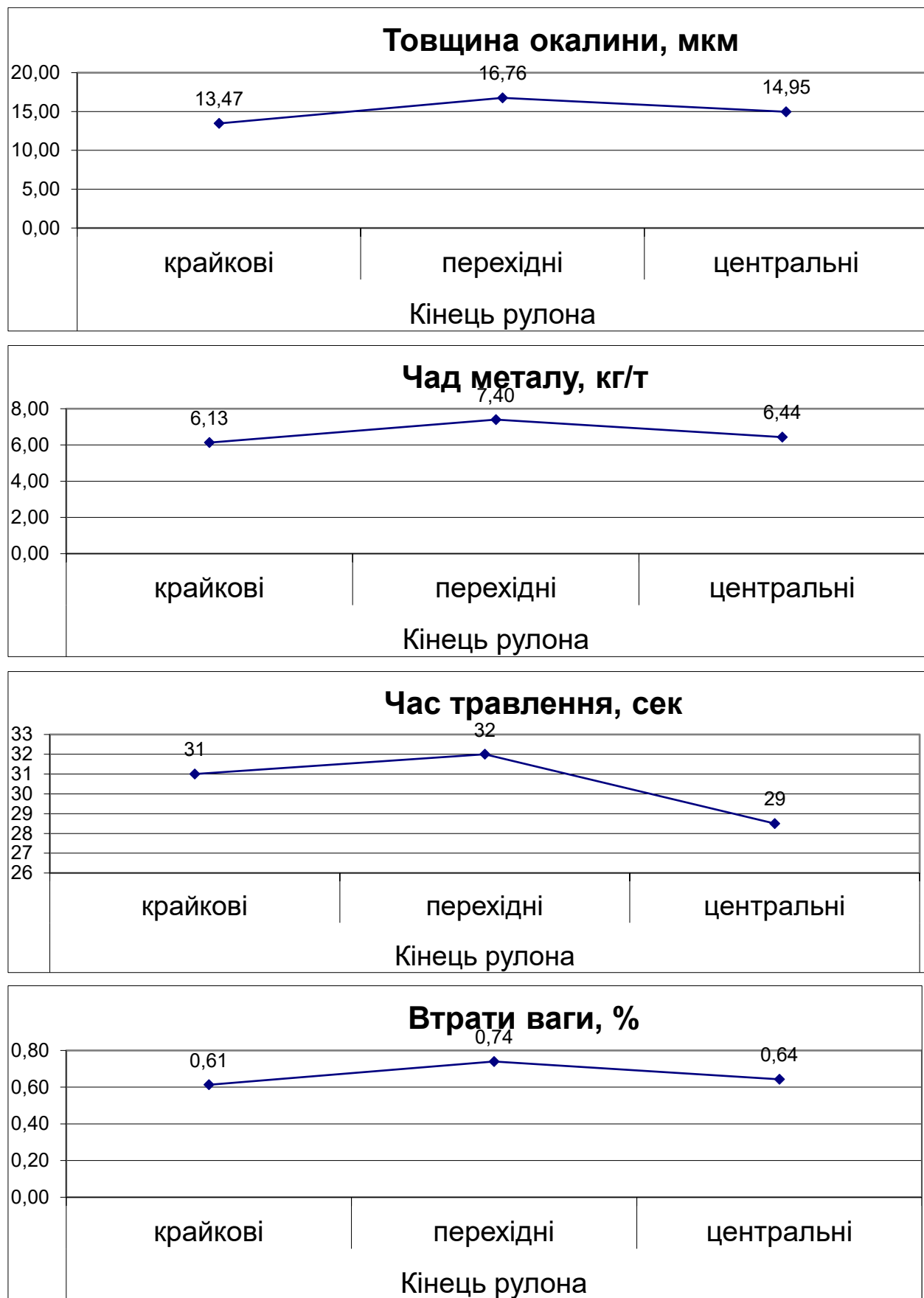


Рисунок 2.2 - Показники травлення сталі марки 08кп одинарні рулони (кінець рулону)

Час стравлювання окалини зростає від «кромкових» до «перехідних» (з 31 до 32 сек), і знижувалося від «перехідних» до «центральных» зразків (від 32 сек до 29 сек).

Товщина окалини зростала від «кромкових» ділянок смуги до «перехідних» – від 13,47 мкм до 16,76 мкм, та знижувалася від «перехідних» ділянок смуги до «центральных» – від 16,76 мкм до 14,95 мкм.

Чад металу в зоні «кінця рулону» стали марки 08кп (одинарні рулони) різко зростає від «кромкових» до «перехідних» від 6,13 кг/т до 7,40 кг/т, і знижувався від «перехідних» до «центральных» ділянцям смуги – від 7,40 кг/т до 6,44 кг/т.

Втрати ваги під час травлення також зростали від «кромкових» до «перехідних» від 0,61 % до 0,74 %, і знижувалися від «перехідних» до «центральных» ділянок смуги – від 0,74 % до 0,64 %.

Таким чином, окалиноутворення стали марки 08кп (одинарні рулони) у зоні «кінця рулону» було нерівномірним, як і в зоні «початку рулону» - зі збільшенням усіх показників від «кромкових» до «перехідних», та зниженням показників від «перехідних» до "центральных". Щільність окалини зони «кінця рулону» у «кромкових» зразків набагато вища, ніж у «центральных», тому що при меншій товщині окалини «кромкових» зразків витрачено більше часу на нацькування цієї окалини.

Середній час травлення металу "кінця рулону" стали марки 08кп склав 31 сек, середній чад "кінця рулону" - 6,66 кг/т, середня товщина окалини - 15,06 мкм, втрати ваги при травленні - 0 67%.

При травленні в усереднених солянокислотних розчинах сталь марки 08кп має: середня товщина окалини у «початку рулону» (14,09 мкм) на 6,1 % менше, ніж у «кінці рулону» (15, 01 мкм); середній чад металу в «початку рулону» (6,02 кг/т) менше чаду металу в «кінці рулону» (6,66 кг/т) на 9,6 %; середній час травлення металу "початку рулону" (31сек) має такий же час стравлювання окалини, як і у металу "кінця рулону" (31 сек); втрати ваги при стравлюванні окалини на початку рулону (0,60 %) менше втрати ваги окалини у металу "кінця рулону" (0,66%) на 9,1%.

Таким чином видно, що існуючий режим гарячої прокатки досліджуваної сталі марки 08кп (одинарні рулони) дає нерівномірне окалиноутворення по ширині смуги, як в зоні початку рулону, так і в зоні кінця рулону. На початку рулону сформувалася окалина важкотравимішою, ніж у кінці рулону, так як при однаковому середньому часі травлювання окалини всі показники зони початку рулону були меншими показників зони кінця рулону. Тобто, окалина зони «кінця рулону» була товщою і рихлішою, а зони «початку рулону» - тоншою і щільнішою.

Мінімальний час травлення сталі марки 08кп - 29 сек, максимальний час - 34 сек, середній час травлення досліджуваної смуги сталі марки 08пс склав 31 сек.

Мінімальний чад металу сталі марки 08кп у травильні розчини становив – 5,31 кг/т, максимальний чад – 7,40 кг/т, середній чад сталі становив 6,34 кг/т.

Середня товщина окалини досліджуваної лінії сталі марки 08кп склала 14,57 мкм.

Середні втрати ваги при травленні «початку та кінця рулону» стали 08кп – $0,60 \div 0,67$ %, середні втрати ваги при травленні по смузі – 0,63 %.

Середня швидкість травлення досліджуваної сталі марки 08кп становила 201,3 м/хв (3,4 м/сек). Імовірно, швидкість травлення сталі марки 08кп повинна бути однаковою по всій довжині смуги.

Модель травлення для сталі марки 08кп (одинарні рулони) приймаємо:

- середня швидкість травлення $\sim 201,3$ м/хв (3,4 м/сек);
- середні втрати ваги металу з окалиною при травленні становитимуть $\sim 0,63\%$;
- чад металу в травильний розчин $\sim 6,02 \div 6,66$ кг/т.

Лабораторне травлення зразків сталі 08кп відібраних від рулонів двойної маси

Фактична температура кінця гарячої прокатки досліджуваної смуги (перерізом 3×1000 мм) сталі 08кп, призначеної на прокат холоднокатаний, становила 865°C . Гаряча прокатка досліджуваної плавки (важковагові рулони) здійснювалася з використанням проміжного перемотального пристрою «Coilbox». Змотування проводилося з охолодженням смуг до фактичних температур - $500-550^{\circ}\text{C}$. У таких умовах окалиноутворення як за довжиною, так і шириною смуги

повинно проходити рівномірно. Параметри травлення сталі 08кп (важковагові рулони) наведені в таблиці 1.

При травленні зразків стали марки 08кп (важковагові рулони) зони «початку рулону» (40 шт.) зазначалося, як і очікувалося, рівномірне окалиноутворення (див. рисунок 2.3 та таблицю 2.2).

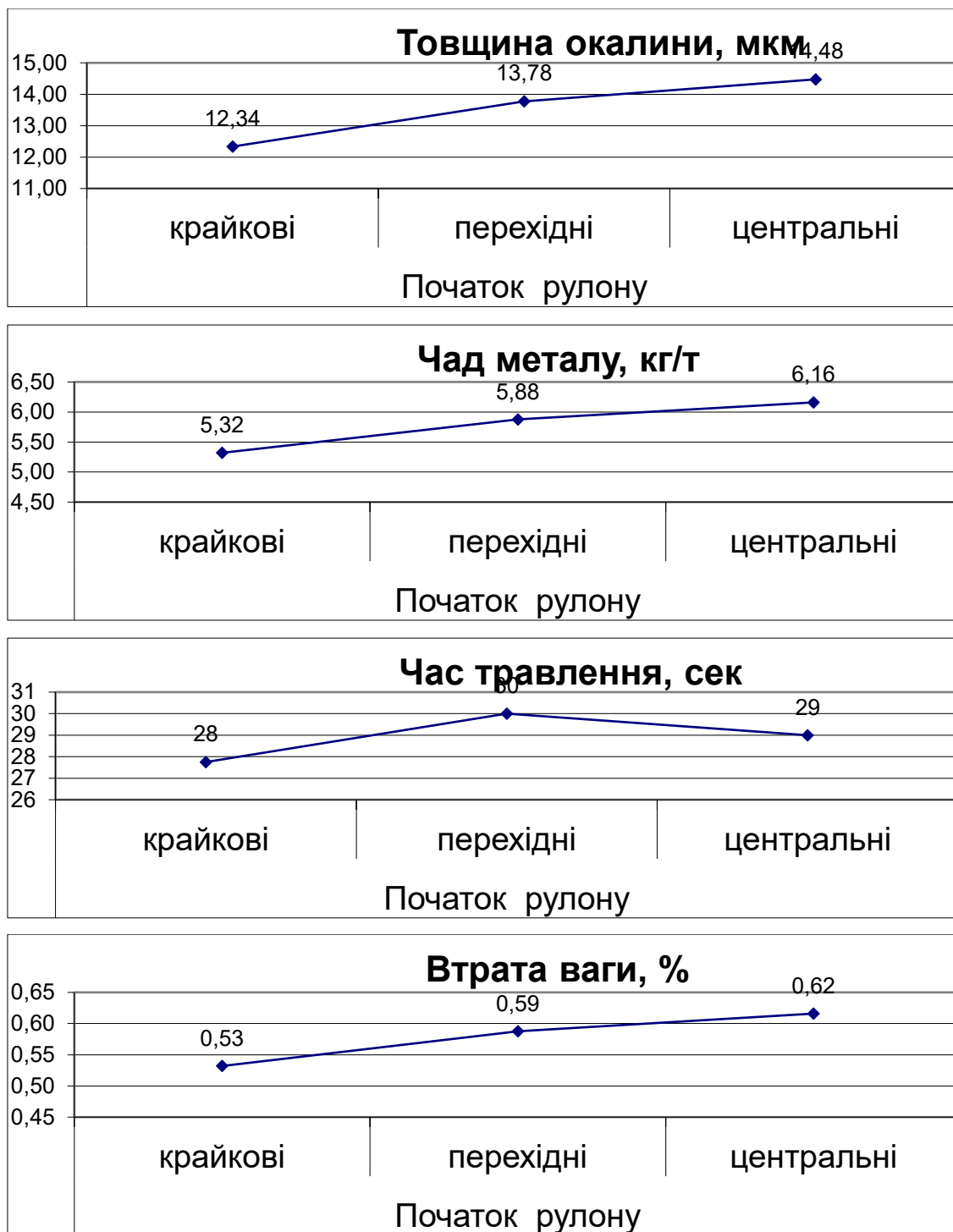


Рисунок 2.3 - Показники травлення сталі марки 08кп двійні рулони (початок рулону)

Відзначалося зростання товщини окалини від «кромкових» ділянок смуги до «центральных» - від 12,34 до 14,48 мкм.

А час стравлювання окалини збільшувалася від «кромкових» до «перехідних» (з 28 до 30 сек), і знижувалося від «перехідних» до «центральных» зразків (від 30 сек до 29 сек).

Чад металу в зоні «початку рулону» сталі 08кп (т/в) також рівномірно зростав від «кромкових» до «центральных» ділянок смуги - від 5,32 кг/т до 6,16 кг/т.

Втрати ваги при травленні зростали від "кромкових" до "центральных" ділянок смуги - від 0,53% до 0,62%.

Таким чином видно, що найбільш важкотравною ділянкою зони «початку рулону» по ширині смуги була «кромкова». А в міру просування до центру смуги окалина ставала дедалі більш легкотравною.

При травленні зразків «кінця рулону» (40 шт.) відмічено нерівномірне окалиноутворення (див. діаграму 2,4 та таблицю 2.2).

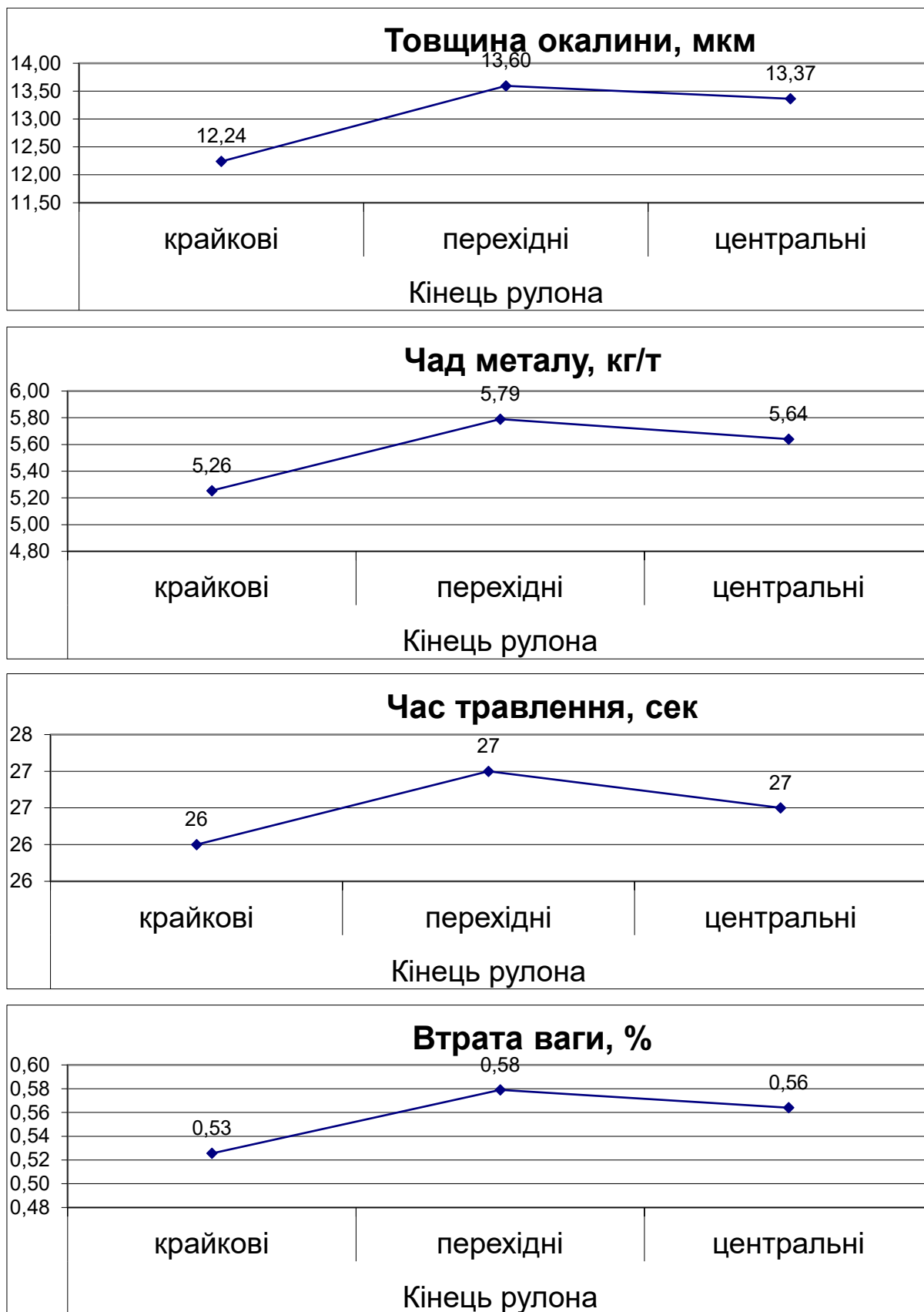


Рисунок 2.4 - Показники травлення сталі марки 08кп двійні рулони (кінець рулону)

Час стравлювання окалини зростав від «кромкових» до «центральных» зразків (від 26 до 27 сек). При цьому час травлення «кромкових» та «перехідних» ділянок був однаковим. Тобто, можна знехтувати цією незначною різницею у часі травлення ділянок і прийняти середній час травлення «кінця рулону» (27 сек) за основу.

При травленні зразків спостерігалось зростання товщини окалини від «кромкових» ділянок смуги до «перехідних» – від 12,24 мкм до 13,60 мкм, та зниження від «перехідних» ділянок смуги до «центральных» – від 13,60 мкм до 13,37 мкм.

Чад металу в зоні «кінця рулону» стали 08кп (т/в) зростав від «кромкових» до «перехідних» - від 5,26 кг/т до 5,79 кг/т, і знижувався від «перехідних» до «центральных» ділянцям смуги - від 5,79 кг/т до 5,64 кг/т.

Втрати ваги при травленні також зростали від «кромкових» до «перехідних» (від 0,53% до 0,58%), і знижувалися від «перехідних» до «центральных» ділянок смуги – від 0,58% до 0,56% .

Таким чином, окалиноутворення стали марки 08кп (важковагові рулони) в зоні «кінця рулону» було нерівномірним, на відміну від зони «початку рулону» - зі збільшенням усіх показників від «кромкових» до «перехідних», і зниженням показників від «перехідних» до «центральных» за однакового часу травлення металу.

Середній час травлення металу "кінця рулону" стали марки 08кп (важковагі) склало 27 сек, середній чад "кінця рулону" - 5,56 кг/т, середня товщина окалини - 13,07 мкм, втрати ваги при травленні - 0,56 %.

При травленні в усереднених солянокислотних розчинах сталь марки 08кп має: середня товщина окалини у «початку рулону» (13,53 мкм) на 3,4 % більше, ніж у «кінці рулону» (13,07 мкм); середній чад металу в «початку рулону» (5,79 кг/т) більший за чад металу в «кінці рулону» (5,56 кг/т) на 4 %; середній час травлення металу «початку рулону» (29 сек) більше часу натравлення окалини металу «кінця рулону» (27 сек) на 6,9 %; втрати ваги при стравлюванні окалини на початку рулону (0,58%) більше втрати ваги окалини у металу кінця рулону (0,56%) на 3,4%.

Таким чином видно, що режим гарячої прокатки досліджуваної сталі марки 08кп (важковагі рулони) дав більш нерівномірне окалиноутворення по ширині смуги в зоні «кінця рулону». Але в «початку рулону» сформувалася окалина важкотравиміша, ніж у «кінці рулону», оскільки всі показники зони «початку рулону» були більшими за показники зони «кінця рулону». Найбільша щільність окалини була у «кромкових» зразків зони «початку рулону».

Мінімальний час травлення сталі марки 08кп (важковагові рулони) – 26 сек, максимальний час – 30 сек, середній час травлення досліджуваної смуги становив 28 сек.

Мінімальний чад металу сталі марки 08кп у травильні розчини становив – 5,26 кг/т, максимальний чад – 6,16 кг/т, середній чад сталі становив 5,67 кг/т.

Середня товщина окалини досліджуваної лінії сталі марки 08кп склала 13,30 мкм.

Середні втрати ваги при травленні «початку рулону» та «кінця рулону» сталі 08кп (т/в) – $0,58 \div 0,56$ %, середні втрати ваги при травленні по смугі – 0,57 %.

Середня швидкість травлення досліджуваної сталі марки 08кп (важковагі рулони) склала 222,9 м/хв (3,7 м/сек). При цьому мінімальна швидкість травлення сталі – 215,2 м/хв (3,6 м/с), а максимальна – 231,1 м/хв (3,9 м/с).

Модель травлення сталі марки 08кп (важковагі рулони) приймаємо:

- інтервал швидкості травлення $\sim 215,2 \div 231,1$ м/хв ($3,6 \div 3,9$ м/сек);
- середні втрати ваги металу з окалиною при травленні становитимуть $\sim 0,57\%$;
- чад металу в травильний розчин $\sim 5,56 \div 5,79$ кг/т.

На підставі проведених досліджень та отриманих розрахунків можна зробити висновки, що:

- у сталі 08кп (одинарні рулони) рівномірне окалиноутворення спостерігалось по довжині смуги і нерівномірне по ширині. Важкотравна окалина сформувалася в зоні «початку рулону» і на ділянці «перехідних» зразків;
- більш нерівномірне окалиноутворення сталі марки 08кп (важковагові рулони) отримано по ширині смуги зони «кінця рулону». Однак, на початку рулону

сформувалася окалина більш важкотравима, ніж у кінці рулону. Але час травлення обох зон був практично однаковим;

- окалиноутворення у одинарних рулонів важкотравиміше, ніж у важковагових рулонів в 1,1 рази, так як рулони при гарячій прокатці проходять через проміжний перемотний пристрій «Coilbox», і за рахунок вирівнювання температур по всій довжині і ширині смуги окалиноутворення у тяжеловесних рулонів більш рівномірне.

2.3 Методики дослідження структури та властивостей

Механічні властивості прокату сталі 08кп та DC01 визначались згідно ДСТУ EN 10002-1:2006 Матеріали металеві. Випробування на розтяг. Частина 1. Метод випробування за кімнатної температури на стандартних зразках за допомогою універсальної машини для випробувань «AVERY» [24].

Структуру зразків сталі досліджували за допомогою мікроскопу OLYMPUS GX 51 згідно ДСТУ ISO 643:2009. Мікрографічний метод визначення видимого розміру зерна [25].

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕМПЕРАТУРИ ЗМОТУВАННЯ ГАРЯЧЕКАТАНИХ СМУГ НА ЯКІСТЬ ТРАВЛЕННЯ НА ВИРОБНИЦТВІ

3.1 Визначення оптимальної температури змотування гарячекатаних полос на БТЛС1680 ЦГП

На комбінаті «Запоріжсталь» проведена робота з випробування можливості підвищення температури змотування гарячекатаних смуг в ЦГП до $550 \div 600^{\circ}\text{C}$, замість раніше $500 \div 550^{\circ}\text{C}$.

На БТЛС 1680 ЦГП прокатані 43 сляби подвійної маси аналізованих плавов №170326-DC01, 817093-08пс, 827093-08пс способом прямої транзитної прокатки на смуги подвійної маси розмірами $3,0 \times 1250-1280\text{мм}$ із призначенням на холоднокатаний прокат.

3.1.1 Переділ в ЦГП

При прокатці 43-х розкатів аналізованих плавов №№ 170326-DC01, 817093-08пс, 827093-08пс на БТЛС 1680 з середньою температурою за 4-ю кліттю нижче регламентованою $1060-1120^{\circ}\text{C}$ не зазначено (фактично $1087-1136^{\circ}\text{C}$).

Опробовано три різні температурні режими змотування гарячекатаних смуг на моталки безперервного тонколистового стану гарячої прокатки 1680 (БТЛС 1680):

-перший режим: плавка № 170326-DC01 перетином $3,0 \times 1250\text{мм}$ – 11 смуг ($T_{\text{см}} 550-600^{\circ}\text{C}$);

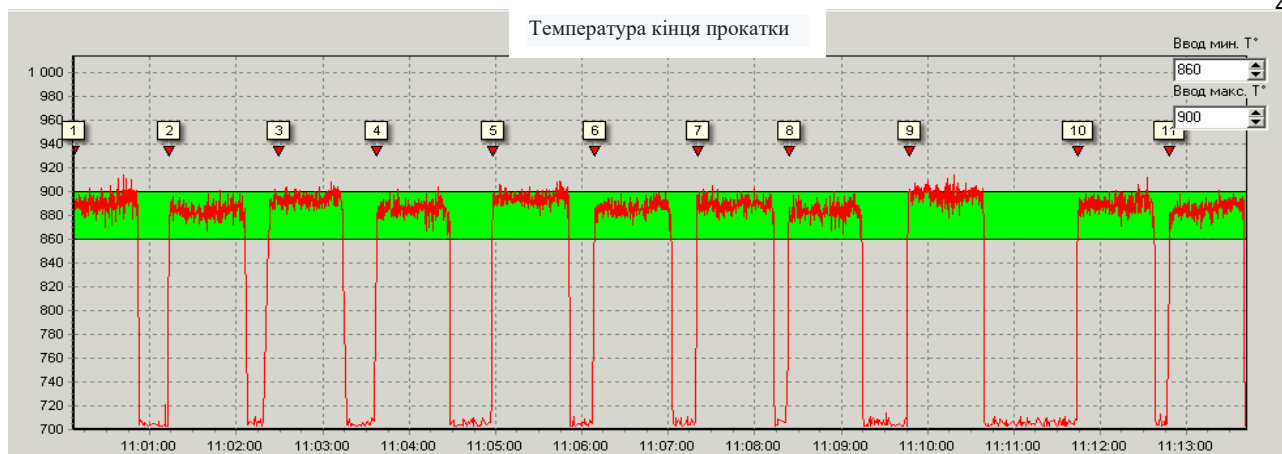


Рисунок 3.1 - Температура кінця гарячої прокатки плавки 170326

Фактична температура кінця прокатки 11 гарячекатаних смуг плавки №170326-DC01 перетином 3,0x1250мм знаходилась у межах від 870 до 900°C, на деяких ділянках до 910°C (згідно ТІ 860-900°C).

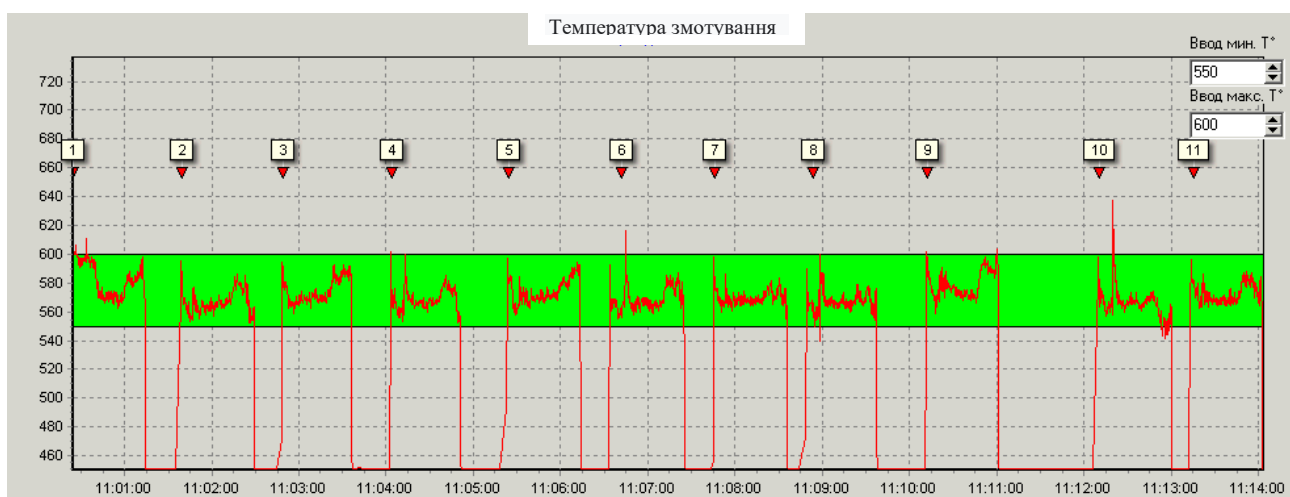


Рисунок 3.2 - Температура змотування смуг після гарячої прокатки плавки 170326

Фактична середня температура змотування 11 гарячекатаних смуг плавки №170326-DC01 перетином 3,0x1250мм знаходилась у межах від 550 до 600°C, на деяких ділянках 615-640°C по причині виникнення складок із-за гальмування смуг перед завданням в моталку.

- другий режим: плавка № 817093-08пс перетином 3,0x1280мм – 16 смуг (Тсм 500-550°C);

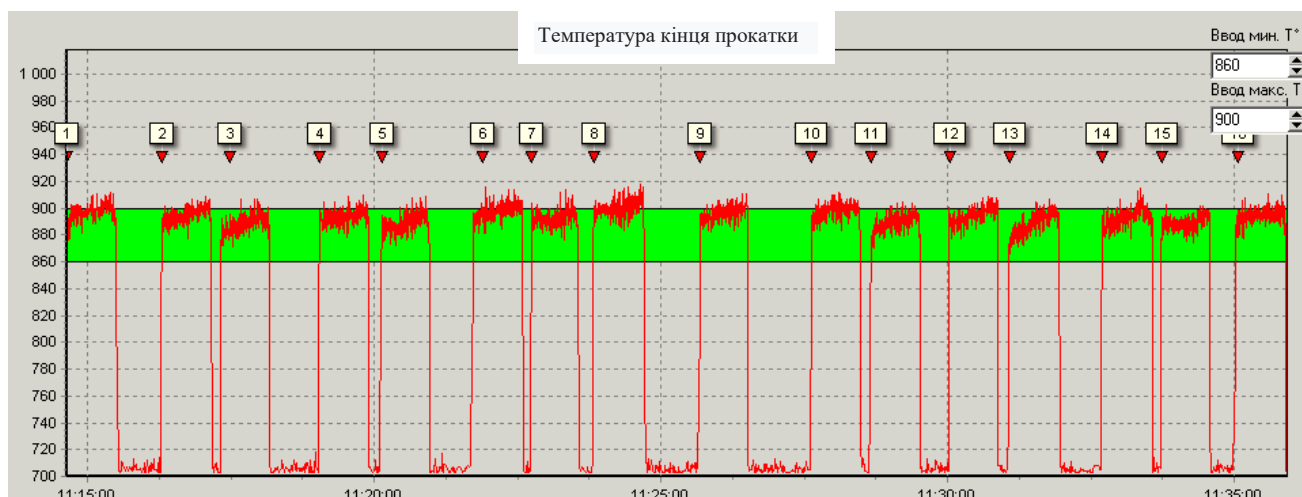


Рисунок 3.3 - Температура кінця гарячої прокатки плавка 817093

Фактична температура кінця прокатки 16 гарячекатаних смуг плавки №817093-08пс перетином 3,0x1280мм знаходилась у межах від 880 до 900°C, на деяких ділянках до 905-910°C із-за високої температури за кліттю №4 (згідно ТІ 860-900°C).

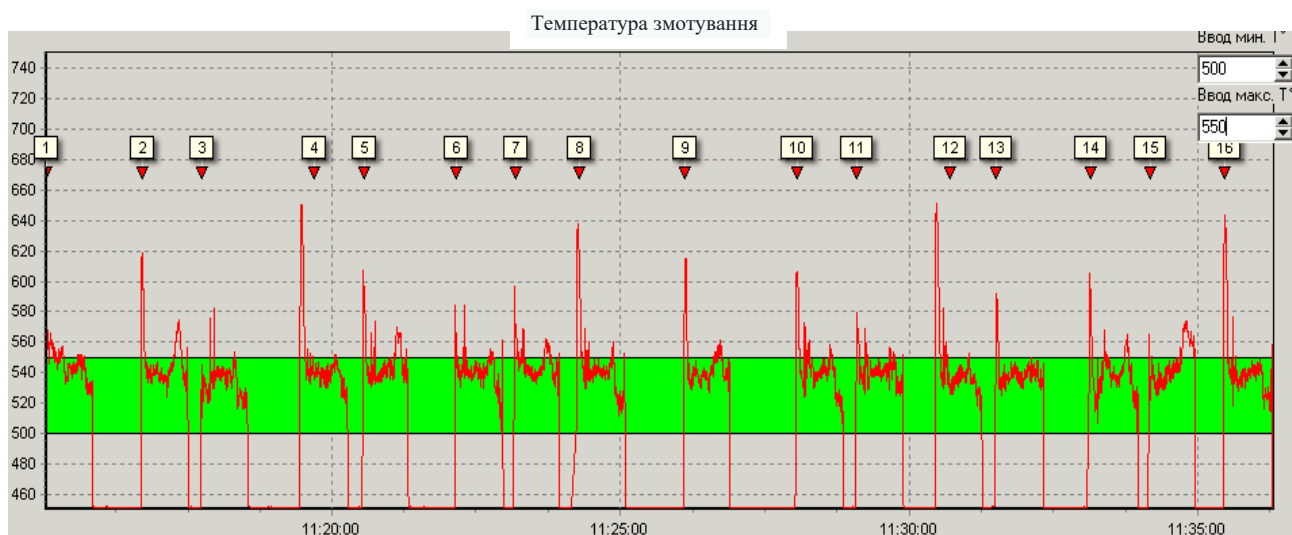


Рисунок 3.4 - Температура змотування смуг після гарячої прокатки плавка 817093

Фактична середня температура змотування 16 гарячекатаних смуг плавки №817093-08пс перетином 3,0x1280мм знаходилась у межах від 510 до 550°C, на передніх і задніх кінцях смуг температура змотування складала 560-650°C по

причині не охолодження передніх ділянок смуг щоб уникнути застрягання смуг на моталках і виникнення складок із-за гальмування смуг перед завданням у моталку.

- третій режим: плавка № 827093-08пс перетином 3,0x1280мм – 16 смуг (Тзм 530-580°C)

Температура кінця прокатки

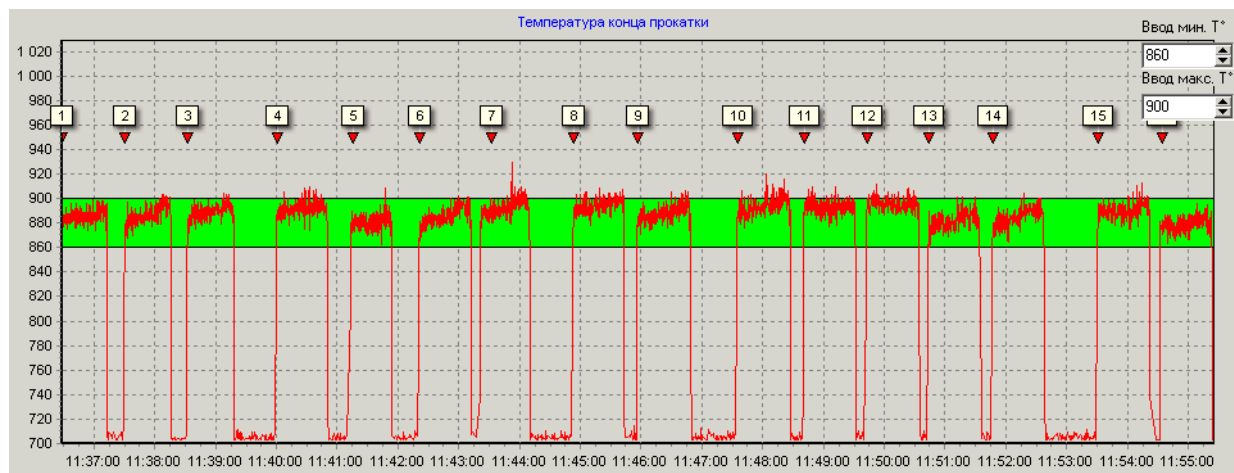


Рисунок 3.5 - Температура кінця гарячої прокатки плавки 827093

Фактична температура кінця прокатки 16 гарячекатаних смуг плавки №827093-08пс перетином 3,0x1280мм знаходилася в межах від 860 до 900°C, на окремих ділянках до 905-910°C через нерівну (більш високу) температуру які надходять в прокат розкатів злитків.

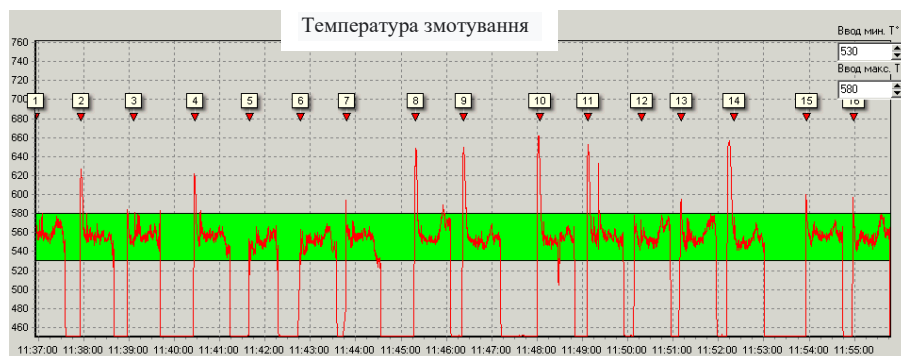


Рисунок 3.6 - Температура змотування смуг після гарячої прокатки плавки 827093

Фактична середня температура змотування 16 гарячекатаних смуг плавки №827093-08пс перетином 3,0x1280мм знаходилася в межах від 530 до 580°C, на

передніх кінцях смуг температура змотування становила 590-660°C через неохолодження передніх ділянок смуг щоб уникнути застрягання смуг в моталках.

При прокатці та змотуванні 43-х розкатів аналізованих плавок №№ 170326-DC01, 817093-08пс, 827093-08пс на БТЛС1680 зауважень за якістю не зазначено.

Аналіз швидкостей та витрати води на охолодження смуг при різних заданих температурах змотування.

Швидкість прокатки становила:

- пл. 0170236 - DC01 перетином 3,0x1250мм – 8,47-8,75 м/с (середня 8,60 м/с), при заданій температурі змотування 550-600°C;

- пл. 0817093 - 08пс перетином 3,0x1280мм - 8,43-8,63м/с (середня 8,52 м/с), при заданій температурі змотування 500-550°C;

- пл. 0827093 - 08пс перетином 3,0x1280мм - 8,35-8,62 м/с (середня 8,52 м/с), при заданій температурі змотування 530-580°C.

Як видно з результатів аналізу при зміні температури змотування з 550-600°C на 500-550°C та 530-580°C швидкість прокатки залишалася практично на одному рівні.

Таблиця 3.1 - Данні по фактичній продуктивності

№ плавки	Товщина, мм	Ширина, мм	Довжина, м	Вага, кг	Машинний час, сек	Пауза, сек	Загальний час, сек	Расход воды на охолодження, м ³	Завдана Тсм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
170236	3,0	1250	5031,28	147204	584,74	287,86	872,6	204,011	550-600°C
817093	3,0	1250	7105,11	221088	832,01	501,44	1333,45	427,958	500-550°C
827093	3,0	1250	6844,72	213718	803,37	367,08	1170,45	304,997	530-580°C

Витрати води на охолодження:

- плавка 170236 - DC01 перетином 3,0x1250мм - 14,914-20,897 м³/год (середня 18,447 м³/год), при заданій температурі змотування 550-600°C;

- плавка 817093 - 08пс перетином 3,0x1280мм - 22,878-31,262 м³/год (середня 26,747 м³/год), при заданій температурі змотування 500-550°C;

- плавка 827093 - 08пс перетином 3,0x1280мм - 14,977-22,109 м³/год (середня 19,062 м³/год), при заданій температурі змотування 530-580°C.

Як видно з результатів аналізу при зміні температури змотування з 550-600°C на 500-550° та 530-580°C відмічено зростання витрати води в середньому на 44,99% і на 3,33%, відповідно.

3.1.2 Переділ у ЦХП

Після гарячої прокатки у ЦГП арячекатані рулони змотані за такими режимами:

- температура змотування 550÷600°C – пл.170326 DC01 3,0×1250мм 11 подвійних рулонів;

- температура змотування 500÷550°C – пл.817093 08ПС 3,0×1280мм 16 подвійних рулонів;

- температура змотування 530÷580°C – пл.827093 08ПС 3,0×1280мм 16 подвійних рулонів.

Час охолодження рулонів перед травленням становив:

- плавка 170326 – 30 годин;

- плавка 817093 – 27 годин;

- плавка 827093 – 28 годин.

Час охолодження рулонів на стендах прискореного охолодження перед травленням шириною 1250÷1280 мм повинен становити не менше 24 годин.

На БТА-4 ЦХП проведено травлення гарячекатаних рулонів за технологічними режимами по діючій технології [26].

При травленні рулонів фахівцями проведена візуальна оцінка якості гарячекатаних рулонів після травлення (вихідна ділянка). З протравлених 43 подвійних рулонів на жодному з рулонів дефекту «недотрав» не зафіксовано.

Для нівелювання впливу процесу злому окалини на правильно-розтяжній машині БТА-4 подовження було встановлено на рівні 0,7% (стандартне подовження для гарячекатаних смуг товщини 3,0мм).

Травлення плавки 817093 08ПС 3,0×1280мм ($T_{зм}=500\div550^{\circ}\text{C}$) 16 подвійних рулонів вироблялося за 1 годину 06 хвилин (з 14:55 до 16:01) зі швидкістю травлення від 30 до 200 м/хв, у середньому 115м/хв (див. рисунок 3.5).

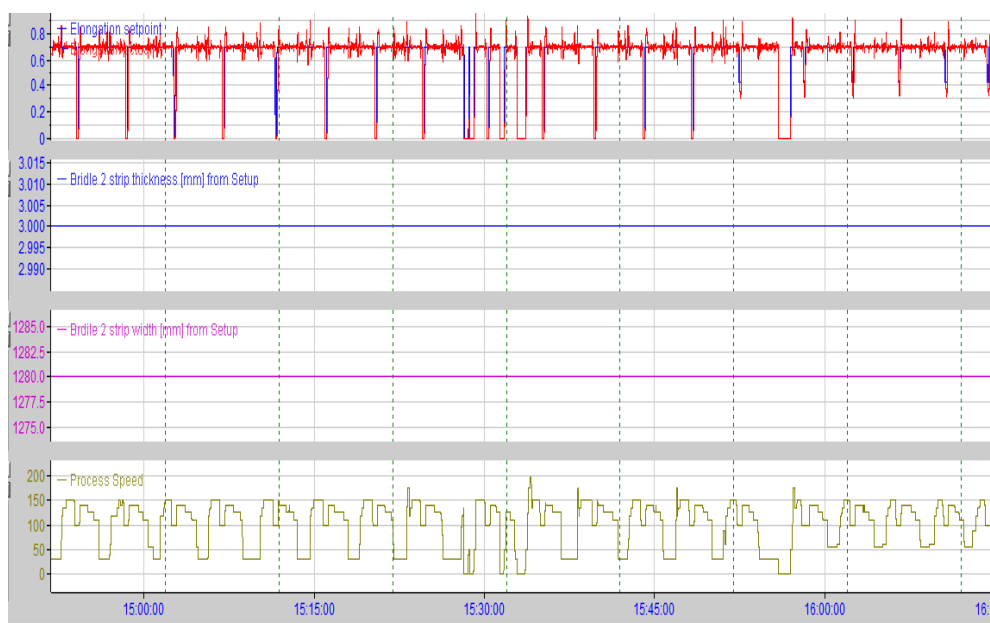


Рисунок 3.5 - Швидкість та відносне подовження при травленні рулонів плавки 817093 08ПС 3,0×1280мм ($T_{зм}=500\div550^{\circ}\text{C}$)

Травлення плавки 827093 08ПС 3,0×1280мм ($T_{зм}=530\div580^{\circ}\text{C}$) 16 подвійних рулонів вироблялося за 1 годину 32 хвилини (з 16:01 до 17:33, з 16:19 до 16:28 – простий НТА - вибило ремінний захльостувач моталки) зі швидкістю травлення від 30 до 220 м/хв, в середньому 125м/хв (див. рисунок 3.6).

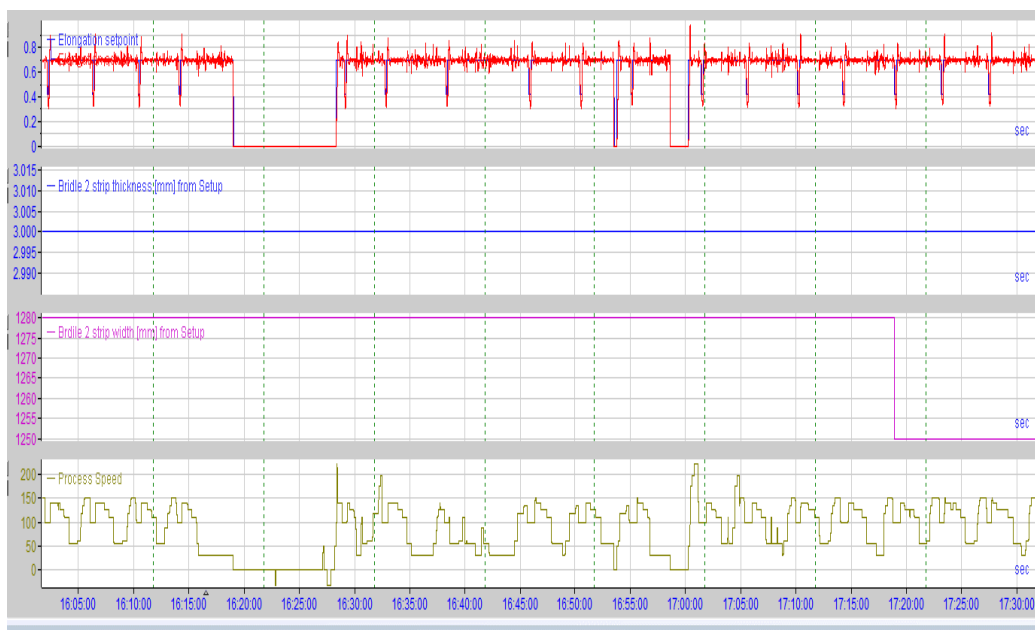


Рисунок 3.6 - Швидкість травлення та відносне подовження при травленні рулонів плавки 827093 08ПС 3,0×1280мм ($T_{зм}=530\div580^{\circ}\text{C}$)

Травлення плавки 170326 DC01 3,0×1250мм ($T_{зм}=550\div600^{\circ}\text{C}$) 11 подвійних рулонів вироблялося за 42 хвилини (з 17:33 до 18:15) зі швидкістю травлення від 30 до 220 м/хв, в середньому хв (див. рисунок 3.7).

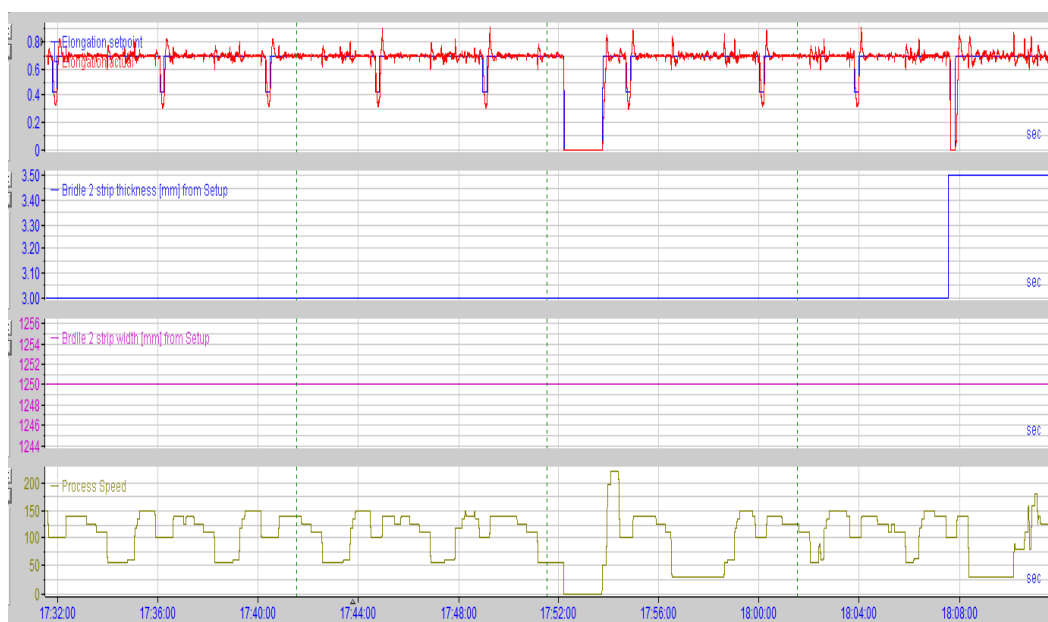


Рисунок 3.7 - Швидкість травлення та відносне подовження при травленні рулонів плавки 170326 DC01 3,0×1280мм ($T_{зм}=550\div600^{\circ}\text{C}$)

Травлення всіх гарячекатаних смуг проводилося за рівних умов травлення в НТА-4:

- подовження на правильно-розтяжній машині (окалиноламель) = 0,7%;
- подача регенованої соляної кислоти до циркуляційного бака №4 БТА-4 = 7,0 м³/год;
- температура травильних розчинів у травильних ваннах № 1÷4 = 78°C;
- швидкість травлення смуги = від 30 до 220 м/хв.

При цьому обмеження швидкості травлення при травленні металу, смотаного з різними температурами змотування не зафіксовано.

При травленні проводилася переважка кожного рулону плавки до і після травлення, а також переважка всієї отриманої при травленні обрізі.

Методика визначення загального витратного коефіцієнту та чаду для гарячекатаних рулонів, що пройшли травлення (без обрізної крайки) на БТА-4 [27]:

$$\text{ВКМ}_{\text{БТА4}} = \text{Вага}_{\text{задир}} / \text{Вага}_{\text{тр}}, \text{ кг/т} \quad (3.1)$$

$$\text{Чад}_{\text{БТА4}} = (\text{Вага}_{\text{задтр}} - \text{Вага}_{\text{тр}} - \text{Обріз}_{\text{мульт}} - \text{Обріз}_{\text{ННР1,2Мібак}} - \text{Обріз}_{\text{ННР3}}) / \text{Вага}_{\text{задтр}} * 1000, \text{ кг/т}; \quad (3.2)$$

де $\text{Вага}_{\text{задтр}}$ – вага заданого в травлення;

$\text{Вага}_{\text{тр}}$ - вага рулонів після травлення;

$\text{Обріз}_{\text{мульт}}$ – вага обрізу на мультдових ножах на завданні БТА-4;

$\text{Обріз}_{\text{ННР1,2Мібак}}$ – вага обрізу з ножів нижнього різку на завданні БТА-4 та ножів ЛЗМ «Мібак»;

$\text{Обріз}_{\text{ННР3}}$ – вага обрізу з ножів нижнього різку №3 на видачі БТА-4.

Вага всіх складових розрахунку визначена шляхом переважання рулонів і обрізи на тензометричних кранових вагах.

Розрахунок величини чаду балансових плавок представлений у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Розрахунок величини чаду балансових плавов

Номер плавки, марка сталі	Розмір, мм	Номер рулону по травленню	Вага рулону до травлення, т	Вага рулону після травлення, т	Різниця між вагою до травлення і після травлення, т	Витратний коефіцієнт, кг/т	Загальна вага обрізу до травлення (мульди і ННР1,2, ЛССМ), т	Загальна вага обрізу після травлення, т	Чад металу в травильних розчинах		
									т	кг/т	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
817093,08КП, 16т/в	3,0*1280	1	13,25	13,12	0,13	9,81					
		10	13,285	13,14	0,145	10,91					
		11	13,81	13,63	0,18	13,03					
		12	13,55	13,37	0,18	13,28					
		13	13,995	13,81	0,185	13,22					
		14	13,46	13,31	0,15	11,14					
		15	13,67	13,43	0,24	17,56					
		16	13,115	12,97	0,145	11,06					
		2	13,755	13,59	0,165	12,00					
		3	13,86	13,68	0,18	12,99					
		4	14,04	13,86	0,18	12,82					
		5	13,45	13,31	0,14	10,41					
		6	13,81	13,65	0,16	11,59					
		7	13,85	13,69	0,16	11,55					
		8	13,855	13,69	0,165	11,91					
		9	13,575	13,43	0,145	10,68					
Разом			218,33	215,68	2,65	12,14	1,1	0,24	1,31	6,00	0,60
827093,08КП, 16т/в	3,0*1280	1	12,245	12,13	0,115	9,39					
		10	13,775	13,6	0,175	12,70					
		11	12,87	12,71	0,16	12,43					
		12	13,62	13,46	0,16	11,75					
		13	13,515	13,36	0,155	11,47					
		14	13,335	13,16	0,175	13,12					
		15	13,49	13,32	0,17	12,60					
		16	13,975	13,78	0,195	13,95					
		2	13,89	13,68	0,21	15,12					
		3	13,42	13,28	0,14	10,43					
		4	13,355	13,21	0,145	10,86					
		5	12,23	12,08	0,15	12,26					
		6	12,105	11,91	0,195	16,11					
		7	10,91	10,78	0,13	11,92					
		8	13,545	13,37	0,175	12,92					
		9	13,585	13,43	0,155	11,41					
Всього			209,865	207,26	2,605	12,41	1,113	0,24	1,25	5,97	0,6

Кінець таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
170326-1 DC01, 11т/в	3,0*1250	1	13,305	13,15	0,155	11,65					
		10	13,09	12,95	0,14	10,70					
		11	13,125	12,95	0,175	13,33					
		2	13,62	13,42	0,2	14,68					
		3	13,855	13,68	0,175	12,63					
		4	13,34	13,16	0,18	13,49					
		5	13,6	13,48	0,12	8,82					
		6	13,715	13,55	0,165	12,03					
		7	13,695	13,52	0,175	12,78					
		8	13,79	13,62	0,17	12,33					
		9	13,13	12,96	0,17	12,95					
Всього			148,265	146,44	1,825	12,31	0,681	0,17	0,98	6,58	0,66

Зведені данні про величину чаду на дослідних плавках наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Витратний коефіцієнт і чад металу при травленні плавок 817093, 827093 та 170326

Плавка	Товщ Тр, мм	Шир Тр, мм	Темп. змотування, °С	Вага заданого в травлення, т	Вага травлених рулонів, т	Обріз, підгот. уч + ННР1,2, Мібах, т	Обріз, ННР3,кг	Чад, кг/т	Загальний ВКМ по плавці, т/т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
817093	3,0	1280	500-550	218,33	215,68	1,1	0,240	6,0	1,0123
827093	3,0	1280	530-580	209,865	207,26	1,113	0,435	5,97	1,0126
170326	3,0	1250	550-600	148,265	146,440	0,681	0,168	6,58	1,0125

З даних таблиці 3.3 можна зробити висновок, що величина чаду смуг, смотаних з температурою змотування 500-550°C і 530-580°C знаходиться на одному рівні, на смугах, змотаних з температурою змотування 550-600°C величина чаду вище на 0,58кг/т.

Отримання позитивних результатів у ході дослідження надають нам змогу перевірити результати роботи на промисловій партії металу (режим змотування гарячекатаних смуг з температурою 530-580°C на БТЛС 1680 ЦГП, з призначенням на холоднокатаний прокат для ЦХП.

3.2 Дослідження оптимальних параметрів температури змотування гарячекатаних смуг на якість травлення на промислових партіях прокату

Відповідно розпоряджень у ЦГП було підвищено температуру змотування рулонів з 500÷550°C до 550÷600°C на металопрокаті, що надходить у ЦХП. За результатами проведеної роботи складено та затверджено аналіз впливу зміни температури змотування в ЦГПТЛ з 500÷550°C до 550÷600°C. В аналізі зазначено, що збільшення температури змотування дозволило знизити відсорткування смуг за дефектами змотування на 0,34%, також змінилися і механічні властивості готового холоднокатаного прокату – у бік незначного зменшення (покращення). Однак, в той же час збільшення температури змотування з 500÷550°C до 550÷600°C призвело до погіршення технології травлення:

- збільшилася кількість окалини, що наповнювалася, що вплинуло на збільшення зливів відпрацьованих травильних розчинів і збільшення споживання регенованої кислоти при травленні на 0,002м³;

- збільшилися витрати на газ, через переробку збільшеної кількості зливів ВТР на УРСК;

- збільшилася витрата металу в чад на 0,29 кг/т.

На підставі отриманих результатів аналізу підвищення температури змотування до $550\div 600^{\circ}\text{C}$, прийнято рішення про зміну температури змотування рулонів у ЦГПТЛ на $530\div 580^{\circ}\text{C}$.

У аналізовані періоди – період температур змотування $550\div 600^{\circ}\text{C}$ (порівняльний період з 01.01.2020р. по 31.07.2020р.), та період змотування рулонів, згідно з розпорядженням (опитний період з 01.08.2020р. – 31.10.2021р.) проводився аналіз даних про технологічні параметри травлення металопрокату.

3.2.1 Якість змотування рулонів в ЦГП в дослідний та порівняльний періоди

3.2.1.1 Проведено аналіз відсорткування гарячекатаного прокату сталей 08кп/пс та DC01, що надійшли до ЦХП, за дефектами змотування рулонів (заворот крайки, м'яті кінці, розпушений, телескопічний та ін.).

Результати аналізу представлені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Відсорткування гарячекатаного прокату за дефектами змотування сталей 08кп/пс та DC01.

Період	Проконт рольова но	Не обв'язані рулони		Обв'язані рулони							
				Розпушені, розбіг витків		Телескопічність		Заворот крайки		М'яті кінці	
				Тис.т	%	Тис.т	%	Тис.т	%	Тис. т	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Тзм = $550-600^{\circ}\text{C}$	552,977	29,278	5,3	0,552	0,1	2,891	0,5	5,051	0,9	0,310	0,056
Тзм = $530-580^{\circ}\text{C}$	1081,129	51,694	4,8	1,411	0,1	2,752	0,3	8,486	0,8	0,174	0,016

Порівнюючи динаміку відсорткування за дефектами змотування гарячекатаного прокату сталей 08кп/пс і DC01, що надійшов, можна відзначити загальне зниження відсорткування в опитний період за дефектами «телескопічність», «заворот кромки» і «м'яті кінці» - на рулонах з обв'язкою. Відсорткування металопродукту за дефектом «розпушений» та «розбіг витків» залишилося на одному рівні, як у опитний, так і порівняльний періоди.

Загальне зниження відсорткування за дефектами змотування в опитний періоді порівняно з порівняльним періодом склало 0,4%.

3.2.2 Аналіз технології травлення в опитний та порівняльний періоди

Процес травлення залежить насамперед від товщини та структури окалини. Оптимальні умови травлення створюються тоді, коли окалина містить максимальну кількість вюститу, а гематит відсутній.

Склад та структура окалини значною мірою пов'язані з температурою змотування смуги. Чим вище температура змотування смуги, тим більша можливість утворення більш товстого шару окалини по краях на передньому і задньому кінці кінця смуги, що стикається з атмосферою. Крім того, підвищена температура змотування призводить до утворення на кінцях смуг шару гематиту [8].

Зазвичай скорочення тривалості травлення зі зменшенням температури змотування нижче 570°C пов'язують зі зниженням ступеня перетворення вюститу (FeO) на магнетит (Fe_3O_4), а також зі зменшенням небезпеки появи гематиту (Fe_2O_3) по краях смуги (див. таблицю 3.5).

Таблиця 3.5 - Фазовий склад залізної окалини за різної температури змотування смуг [25]

Температура змотування, °C	Фазові складові окалини (голова, середина, та хвостова частина смуги при гарячій прокатці), %					
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₃ O ₄ (магнетит)	FeO (вюстит)	Fe ₂ O ₃ (гематит)	Fe (метал.)
1	2	3	4	5	6	7
580-600	1,29	0,69	52,62	—	—	45,40
	2,31	0,71	47,13	0,73	—	49,12
	1,51	0,93	52,65	1,23	—	43,63
640-680	1,56	1,31	63,96	—	—	33,17
	2,49	1,14	53,04	7,21	—	36,12
	1,83	1,17	53,53	11,36	—	32,11
700-730	2,30	1,02	61,88	8,26	10,58	16,07
	1,85	1,02	47,17	43,14	8,31	17,31
	1,60	1,00	33,05	45,95	—	18,40

Аналіз даних з технології травлення та регенерації у опитний та порівняльний періоди представлені в таблиці 3.6. Для аналізу технології травлення взято порівняльний період з 01.01.2020р. по 31.07.2020р., а опитний період взято з 01.08.2020р. до 31.10.2021р.

Дані для аналізу вибрані із системи «АСУ Меню» та звітних даних щодо УРСК.

У таблиці 3.6 показано, що продуктивність травлення смуг у дослідний період (температура змотування 530÷580°C) вище на 3,6 т/годину, ніж у порівняльний період (550÷600°C). Даний показник говорить про те, що окалина, що утворилася в результаті більш високих температур змотування в ЦПП, набагато трудніша для травлення, що і призводить до гальмування процесу травлення.

Кількість відпрацьованих травильних розчинів, що зливаються (ВТР) з БТА-4, прямо пропорційна залежності збільшення або зменшення кількості окалини на смузі, так як автоматичний аналізатор «Farplac» зливає на регенерацію відпрацьований травильний розчин (ВТР) по досягненню в ньому концентрації хлориду заліза (FeCl₂) близько 125 г/л. Питома середньомісячна кількість зливається ВТР у дослідний період становила 0,047м³/т, а порівняльний період –

0,048м³/т. Тобто, накопичуваного заліза в ОТР з окалини, що наливається, було більше в порівняльний період (температура змотування 550÷600°C), що і вплинуло на збільшення питомої кількості зливів ВТР.

Таблиця 3.6 – Дані дослідного та порівняльного періодів

Період	Середній переріз смуг, мм	Виробництво прикатного	Виробництво БТА-4	Кількість ОТР прийнятого с БТА-4	Питома кількість ОТР на тону прокатаного	Кількість переданого в БТА-4 регенерата	Питома витрата регенерата на 1 тону	Витрата газу	Витрата газу на 1м ³ ОТР	Витрата газу на 1т прокатаного
		т/рік	т	м ³	м ³ /т	м ³	м ³ /т	м ³	м ³ /м3	м ³ /т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Т _{зм} = 550-600°C	2,9x1165	130,7	589914,8	28256,2	0,048	32210,2	0,055	3696144	135,4	6,269
Т _{зм} = 530-580°C	2,9x1157	134,3	1234593	57463,3	0,047	63630,4	0,052	7450022	135,1	6,080

Питома кількість регенерату, що надходить до НТА-4, у дослідний період становила 0,052м³/т, проти кількості регенерату у порівняльний період – 0,055м³/т. Тобто, для травлення окалини зі смуг, прокатаних при підвищеній температурі змотування 550÷600°C, потрібно на 0,003м³/т більше регенованої кислоти, ніж для травлення смуг із нижчою температурою змотування (530÷580°C).

З переходом на травлення металопрокату з температурою змотування 530÷580°C знизився і витрата газу на переробку ВТР – з 135,4 до 135,1 м³/м³.

Середньомісячний загальний чад металу в дослідний період також був нижчим, і становив 6,760 кг/т проти 7,063 кг/т у порівняльний період (див. таблицю 3.7). Дані по чаду вибрані в системі New Bux.

Таблиця 3.7 - Дані з чад у опитний і порівняльний періоди

Період	Виробництво НТА-4	Чад	Залізо в окалині	Технологічний чад
	т	кг/т	кг/т	кг/т
Т _{зм} = 550-600 ⁰ С	589914,8	7,063	5,86	1,20
Т _{зм} = 530-580 ⁰ С	1234593	6,760	6,02	0,74

З таблиці 3.7 видно, що безповоротно втрачений технологічний чад металу в дослідний період також був нижче, і становив 0,740 кг/т проти 1,20 кг/т у порівняльний період.

3.2.3 Аналіз технології холодної прокатки та термообробки

Гарячекатані травлені рулони передаються до прокатного відділення, де на безперервному 4-х клітевому стані «Тандем» або на реверсивних станах «1680» та «1200» у водоемульсійному середовищі проводиться їх холодна прокатка .

Холодна прокатка рулонів відбувається на швидкості 7-8 метрів/сек з сумарним відносним обтиском до 75% [28], [29], [30]. Структура нагартованого прокату наведена на рисунках 3.4-3.7. Треба врахувати той факт, що режими холодної прокатки (величина відносного обтиснення) гарячекатаних смуг, прокатаних на БТЛС 1680 з різною температурою змотування, в ході дослідження не змінювались.

Нагартовані холоднокатані рулони передаються в термічне відділення на рекристалізаційний відпал у газові ковпакові печі з HNx-газом.



Рисунок 3.7 - Структура холоднокатаного (нагартowanego) прокату -
нерекристалізоване зерно фериту, текстура ($\times 200$)



Рисунок 3.8 - Структура холоднокатаного (нагартowanego) прокату -
нерекристалізоване зерно фериту, текстура ($\times 200$)



Рисунок 3.9 - Структура холоднокатаного (нагартowanego) прокату -
нерекристалізоване зерно фериту, текстура ($\times 200$)

В термічному відділені холоднокатані рулони упаковуються по 4 або 5 штук в стопу (в залежності від ширини рулона), накриваються муфелем і нагрівальним ковпаком, після чого починається їх термічна обробка – рекристалізаційний відпал.

На рисунку 3.10 наведено типовий режим відпалу прокату сталі марки 08кп у газових ковпакових печах з HNx -газом або у висококонвективних ковпакових печах HICON/H_2 фірми «Ебнер» [31], [32].

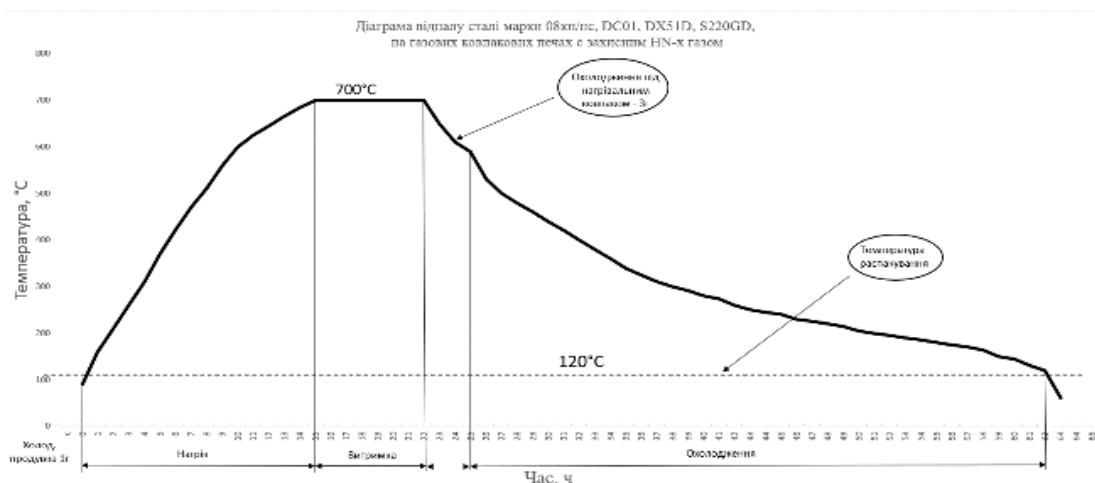


Рисунок 3.10 – Режим відпалу, що застосовується для низьковуглецевої якісної сталі марки 08кп та DC01

Мікроструктуру відпаленого прокату сталі марки 08кп та DC01 наведено на рисунках 3.11-3.13.

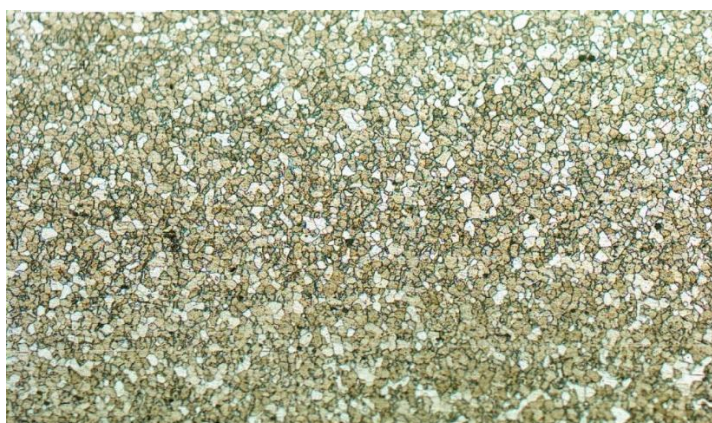


Рисунок 3.11 - Структура відпаленого прокату – рекристалізоване зерно фериту ($\times 200$)

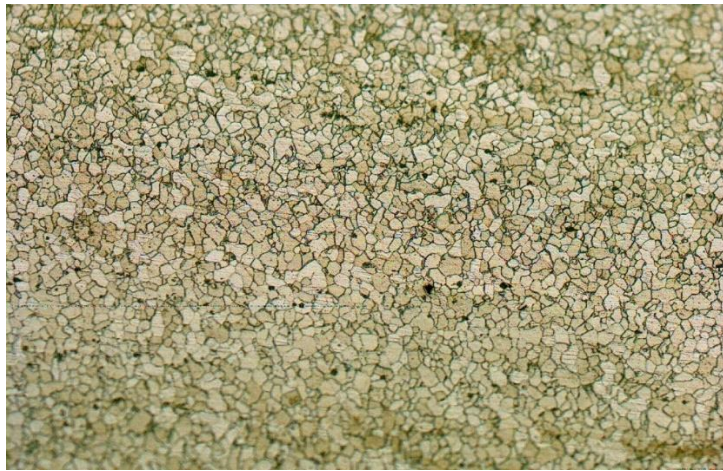


Рисунок 3.12 - Структура відпаленого прокату – рекристалізоване зерно фериту ($\times 200$)



Рисунок 3.13 - Структура відпаленого прокату – рекристалізоване зерно фериту ($\times 200$)

Бал зерна відповідає 9, 9-8 балу згідно ДСТУ 8972, шкала 1 [33], [34], [35], [36].

3.2.4 Аналіз механічних властивостей холоднокатаного прокату

Для визначення механічних властивостей відбиралися зразки від контрольних рулонів кожного відпалу згідно існуючої технології. Проаналізовано зміни механічних властивостей готового холоднокатаного прокату в порівняльній та дослідний періоди, дані наведені у таблицях 3.8 та рисунках 3.14÷3.16 [37].

Таблиця 3.8 -Механічні властивості прокату

Період	Границя плинності (σ_T), кгс/мм ²			Границя міцності (σ_B), кгс/мм ²			Відносне подовження (δ_4), %		
	нижній	верхній	Δ	нижній	верхній	Δ	нижній	верхній	Δ
$T_{зм}=550-600^{\circ}\text{C}$	23,331	31,089	7,758	32,855	39,765	6,91	30,995	38,345	7,35
$T_{зм}=530-580^{\circ}\text{C}$	24,256	31,098	6,843	33,359	39,834	6,475	30,954	38,418	7,464

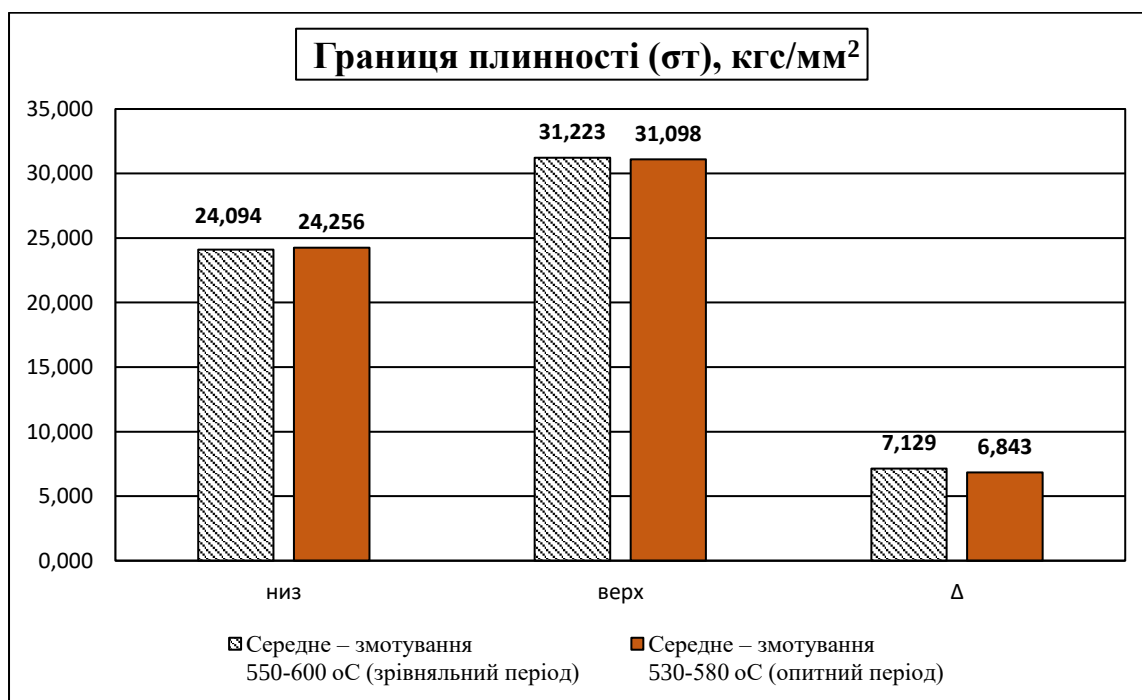


Рисунок 3.14 - Границя плинності (σ_B), кгс/мм²

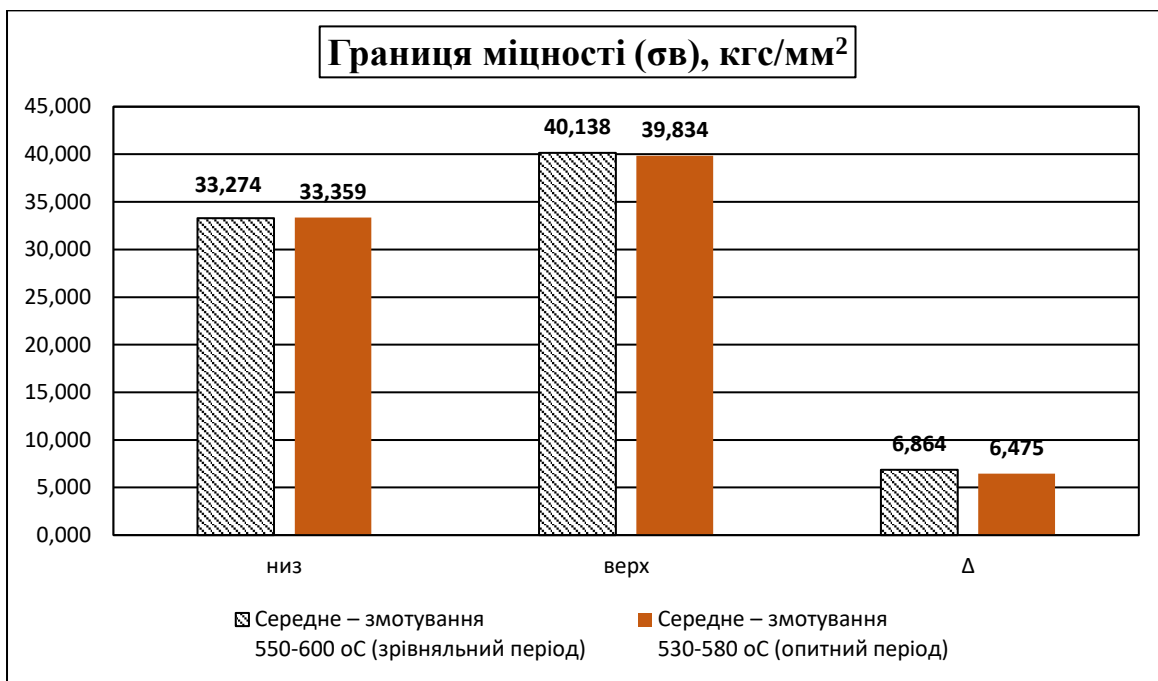


Рисунок 3.15 - Границя міцності (σ_B), кгс/мм²

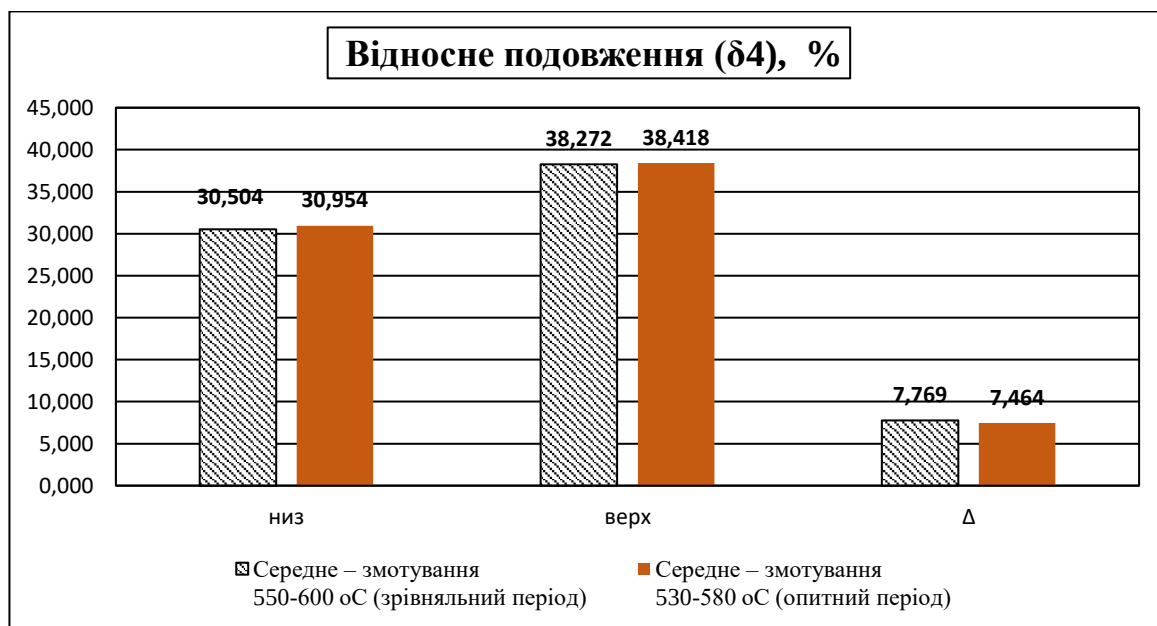


Рисунок 3.16 - Відносне подовження (δ_4), %

В процесі дослідження доведено, що механічні властивості прокату, змотаного як при температурах 550-600°С так і при температурах 530-580°С знаходяться приблизно на одному рівні.

Дослідження оптимальних параметрів температури змотування гарячекатаних смуг із сталі марки 08кп/DC01 на промислових партіях прокату довело, що:

- зі зниженням температури змотування рулонів у ЦГПТЛ з $550\div 600^{\circ}\text{C}$ до $530\div 580^{\circ}\text{C}$ відсорткування смуг за дефектами змотування було знижено на 0,5%;

- питома кількість зливів ВТР в дослідний період становило $0,047\text{м}^3/\text{т}$, проти $0,048\text{м}^3/\text{т}$ в порівняльний період, тобто, накопичуваного заліза в ВТР з окалини було менше в дослідний період (температура змотування $530\div 580^{\circ}\text{C}$), що вплинуло на зниження кількості зливів ВТР;

- середньомісячна витрата регенерату в дослідний період також була меншою і склала $0,052\text{м}^3/\text{т}$, проти $0,055\text{м}^3/\text{т}$ у порівняльний період. Тобто, знижено витрати на газ на переробку зменшеної кількості зливів ВТР на УРСК, і склали за орієнтовним розрахунком 1 143 690,4 грн/рік;

- зі зниженням температури змотування з $550\div 600^{\circ}\text{C}$ до $530\div 580^{\circ}\text{C}$ середньомісячна витрата чаду в дослідний період також була нижчою, і склала $6,760\text{кг}/\text{т}$, проти $7,063\text{кг}/\text{т}$ у порівняльний період, або економія металу за рахунок зниження чаду в дослідному періоді склали 1 079 788,35 грн/рік.

- механічні властивості готового холоднокатаного прокату при зниженні температури змотування з $550\div 600^{\circ}\text{C}$ до $530\div 580^{\circ}\text{C}$ на одному рівні.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У розділі надані основні заходи з охорони праці при травленні гарячекатаних смуг у лінії безперервного травильного агрегату №4 та при термічній обробці у газових ковпакових печах з H_Nx-газом.

4.1 Аналіз потенціальної небезпеки.

а) Небезпеки які пов'язані з порушеннями роботодавцями вимог НПАОП 0.00 – 7.11 – 12 «Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників», а саме щодо організації та забезпечення безпеки на робочих місцях, що може бути пов'язано з не проведенням організаційних заходів щодо навчання та перевірки знань з охорони праці, інструктажів, не наданням інформації про можливі небезпеки.

б) Можливість ураження електричним струмом. Головними причинами ураження можуть бути невиконання правил електробезпеки, несправність енергоспоживаючого обладнання, наприклад, напруги поява на не струмоведучих частинах обладнання, відсутність захисного заземлення або занулення, що може призвести до електричних травм або летального наслідку.

в) Можливість виникнення небезпечних ситуацій в процесі відпрацювання та виконання основних технологічних операцій.

г) Важкість праці це характеристика трудового процесу, яка обумовлена навантаженням на кістково-м'язовий апарат, серцево-судинну, дихальну та інші системи організму людини. Важкість праці характеризується фізичним динамічним навантаженням, загальним стереотипних робочих рухів, ступенем числом статичного навантаження, робочою позою, що може призвести до ушкодження кістково-м'язового апарату, швидкої втрати працездатності.

д) Підвищена загазованість повітря робочих зон в наслідок специфіки виробничих процесів.

е) Незадовільні параметри метеоумов в робочих зонах, що пов'язано з специфікою виробничих процесів та може призвести до порушення теплового балансу.

є) Незадовільне освітлення робочої зони, що може бути пов'язано з виходом з ладу освітлювальних приладів або надмірної їх забрудненості. Це може призвести до погіршення зору, погіршення здатності розрізняти об'єкти, а внаслідок і до травмування.

ж) Підвищений рівень шуму, що пов'язаний з більшістю операцій ливарного виробництва. Наприклад, обрізний верстат.

з) Можливість загорянь причинами яких є порушення правил пожежної безпеки, виток горючих робочих газів, коротке замикання.

і) Небезпеки які пов'язані з умовами праці в надзвичайних ситуаціях, зокрема заходи з пожежної безпеки [38], [39].

4.2 Заходи забезпечення безпеки

а) Згідно вимог НПАОП 0.00 – 7.11 – 12 «Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників» передбачено усі працівники повинні пройти навчання та перевірку знань з питань охорони праці відповідно до «Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці», затвердженого наказом Держнаглядохоронпраці (Держпраці) від 26.01.2005 №15.

б) Заходи з електробезпеки:

Згідно вимог НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок» для безпечного проведення робіт необхідно виконати наступні організаційні заходи:

- призначити працівників, відповідальних за безпечне проведення робіт;
- видати наряд або розпорядження;
- видати дозвіл на підготовку робочих місць і на допуск;
- підготувати робочі місця та забезпечити допуск до роботи;
- забезпечити нагляд при виконанні робіт;
- при необхідності, організувати переведення на інше робоче місце;
- забезпечити оформлення перерв у роботі та порядок її закінчення.

До основних заходів захисту людини від ураження електричним струмом, відносять:

- забезпечення неможливості випадкового дотику до струмоведучих частин, що перебувають під напругою;
- електричний розподіл мережі;
- усунення небезпеки ураження з появою напруги на корпусах, кожухах та інших частинах електроустаткування, що досягається захисним заземленням, зануленням і захисним відключенням;
- використання малих напруг;
- захист від випадкового дотику до струмоведучих частин кожухами, огороженням або подвійною ізоляцією;
- захист від небезпек можливих при переході напруги з вищої сторони на нижчу;
- контроль і профілактика пошкоджень ізоляції;
- компенсація ємнісної складової струму замикання на землю;
- застосування спеціальних електрозахисних засобів, блокувань, сигналізації та запобіжних пристроїв;
- організація безпечної експлуатації електроустановок.

Використання захисного заземлення:

- Робоче заземлення — це заземлення струмоведучих частин електроустановки, яке виконане для забезпечення роботи електроустановки (не з метою електробезпечності), наприклад, робоче заземлення нейтралі трансформатора;

- Заземлення блискавкозахисту – це заземлення блискавкоприймача, з метою захисту об'єкта від прямого удару блискавки;

- Захисне заземлення – це заземлення, яке виконане з метою електробезпеки, тобто з'єднання відкритих провідних частин (ВПЧ) із заземлювачем для захисту від непрямого дотику та від наведеного напруги.

На практиці, у більшості випадків, це той же самий заземлювач до якого приєднують і ВПЧ, і нейтралі трансформаторів, і блискавкоприймачи. Тільки при яких-небудь обґрунтуваннях (технологічних, з погляду безпеки і т.п.) застосовують три різні заземлювача, що обходиться значно дорожче.

Заземлення використовують також для захисту від статичної електрики, що накопичується при терті діелектриків для захисту від електромагнітних випромінювань, підключаючи екрани до заземлювача і т.і.

У мережі із заземленою нейтраллю напругою до 1000 В заземлення неефективне, тому що навіть при глухому замиканні на землю струм залежить від опору заземлення та зі зменшенням останнього струм зростає.

Відповідно до «Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів» ПТЭЭС 2012 і ПТБ для персоналу, який обслуговує електроустановки, встановлено п'ять кваліфікаційних груп з електробезпеки:

- I кваліфікаційна група присвоюється не електротехнічному персоналу, який використовує у своїй роботі електроінструмент (ПК, принтер, сканер, пиросос і т.п.). Спеціальне навчання – не потрібно. Групу присвоює співробітник, призначений на посаду відповідального за електрогосподарство підприємства.

- II кваліфікаційна група присвоюється кваліфікаційною комісією електротехнічному персоналу, який обслуговує установки та обладнання з електроприводом.

Наприклад, електрозварювачі (без права підключення), термісти установок СВЧ, машиністи вантажопідйомних машин, пересувні машини та механізми з електроприводом, що працюють із ручними електричними машинами та іншими переносними електроприймачами тощо. Також 2 група допуску (до 1000 В)

присвоюється молодим електромонтерам, електромонтажникам, і співробітникам, які прострочили продовження групи допуску більш ніж на 6 місяців.

- III кваліфікаційна група присвоюється тільки електротехнічному персоналу. Ця група дає право одноособового обслуговування, огляду, підключення та відключення електроустановок від мережі напругою до 1000 В.

- IV кваліфікаційна група присвоюється тільки особам електротехнічного персоналу. Особи із кваліфікаційною групою не нижче IV мають право на обслуговування електроустановок напругою вище 1000 В.

- 4-я група допуску з електробезпеки (до 1000 В) необхідна особам (ІТП) для призначення відповідальною особою за електрогосподарство в організації. Також присвоюється оперативному персоналу для навчання молоді на робочому місці.

- V кваліфікаційна група присвоюється особам, відповідальним за електрогосподарство та іншому інженерно-технічному персоналу в установках напругою вище 1000 В.

Кваліфікаційні групи з електробезпеки, для відповідальних за безпечне проведення робіт в електроустановках, визначають відповідно до вимог НПАОП 40.1-1.01-97 «ПБЕЕ», залежно від діючого значення напруги електроустановки (до або вище 1000 В):

- працівник, який видає наряд, віддає розпорядження;
- працівник, який дає дозвіл на підготовку робочого місця та на допуск; - працівник, який готує робоче місце;
- працівник, який допускає до роботи (допускач);
- керівник робіт;
- працівник, який спостерігає за безпечним виконанням робіт (наглядач);
- членів бригади.

Право на видавання нарядів та віддавання розпоряджень надається керівникам та спеціалістам підприємства, які мають V групу.

Працівник, який дає дозвіл на підготовку робочих місць та на допуск, несе відповідальність за достатність передбачених заходів для виконання робіт з

вимкнення та заземлення обладнання та можливість їх здійснення, а також – за координацію часу та місця роботи бригад, які допускаються.

Давати дозвіл на підготовку робочих місць і на допуск мають право оперативні працівники з V групою.

Працівник, який готує робоче місце, відповідає за правильне і точне виконання заходів щодо підготовки робочого місця, зазначених у наряді, а також тих, що вимагаються умовами роботи (встановлення замків, плакатів, огорожень).

Підготовляти робочі місця мають право чергові або працівники зі складу оперативно-виробничих працівників, які допущені до оперативних перемикачів в цій електроустановці.

Допускач відповідає за правильність і достатність вжитих заходів безпеки та їх відповідність характеру і місцю роботи, зазначених у наряді, за правильний допуск до роботи, а також за повноту та якість проведеного ним інструктажу.

В електроустановках понад 1000 В допускач повинен мати IV групу, а в електроустановках до 1000 В – III групу.

Керівник робіт призначається у разі виконання робіт за нарядами і розпорядженнями, крім тих, що виконуються одноособово.

Керівник робіт, що виконуються за нарядом в електроустановках понад 1000 В, повинен мати IV групу, а в електроустановках до 1000 В – III групу, крім робіт у підземних спорудах, де можуть утворюватися шкідливі гази, та під напругою, – у цьому разі керівник робіт повинен мати IV групу.

Керівник робіт, що виконуються за розпорядженням, повинен мати III групу.

У разі виконання найбільш складних та небезпечних робіт керівником робіт за нарядом повинен призначатись працівник з V групою із складу керівників або спеціалістів.

Для нагляду за бригадами працівників, які не мають права самостійно працювати в електроустановках, призначається наглядач з групою не нижче III.

Для кожного електроспоживаючого обладнання повинні бути складені експлуатаційні схеми нормальної і аварійної роботи:

- технічні.

Для захисту від ураження електричним струмом необхідно використовувати сухі брезентові рукавиці, або використовувати більш складні струмом технічні способи захисту.

в) При зупинці безперервного травильного агрегату на ремонт або технічне обслуговування, необхідно провести відключення від електропостачання агрегату або механізму згідно з інструкцією № 0.06 «Про порядок застосування биркової системи в ПАТ «Запоріжсталь», типової інструкції з технічного обслуговування і експлуатації обладнання в тому числі електрообладнання та інструкції по ремонту і чищення обладнання в ЦХП-1, заблокувати джерела енергії згідно системи «БМП» і шляхом пробних включень і виключень приводу ремонтується або регульованого механізму необхідно переконатися, що механізм знеструмлений.

Перед пуском обладнання після ремонту, планових та позапланових зупинок необхідно видалити людей і зайві предмети з робочої зони і обладнання, і після отримання запису в «Журналі прийому-видачі бирок» і зняття блокуючих пристроїв «БМП» від ремонтного персоналу, переконатися, що люди виведені, обладнання перевірено, тільки після цього дати команду черговому електромонтерові на збірку електронних схем.

Вимоги безпеки під час роботи по відборі проб відпрацьованого травильного розчину регенерованої кислоти і промивної води.

Під час виконання роботи по відборі проб відпрацьованого травильного розчину регенерованої кислоти і промивної води необхідно:

- перед відбором проб перевірити наявність води в аварійних душах. Транспортування кислотовмісних рідин необхідно проводити в спеціальній тарі і в засобах індивідуального захисту;

- застосовувати всі належні за нормами ЗІЗ: костюм для захисту від кислот і лугів зі змішаних тканин, респіратор газозахисний, рукавички гумові кислотолугостійкі, фартух захисний з нагрудником із полімерних матеріалів, каска захисна червоного кольору, черевики шкіряні з жорстким підноском;

- перевірити наявність лужного розчину для промивання очей;

- перевірити цілісність тари для відбору проб;

- дотримуватися обережності в процесі відбору проб кислоти і наповнення нею тари для транспортування;

- надійно встановлювати тару для транспортування проб в спеціальний контейнер;

- не допускати розливів і розбризкування кислоти під час транспортування.

Під час перенесення проб пересуватися спокійним кроком, не бігти. Бути уважним, не відволікатися на сторонні речі і розмови;

- перед відкриттям вентиля сифона для відбору проб переконатися в справності запірної апаратури;

- при роботі з відбору проб відпрацьованого травильного розчину регенованої кислоти і промивної води травильник повинен керуватися СОПом №226-06-414-2015 «Відбір проб на аналіз травильних розчинів і промивної води гарячої промивки».

При очищенні фільтра ОТР необхідно:

- перед початком виконання роботи відключити насос подачі ОТР і розібрати електричну схему згідно биркової системи;

- застосовувати всі належні за нормами ЗІЗ: костюм х / б з кислотостійким просоченням; рукавички гумові кіслотнолужностійкі; каску захисну; окуляри захисні відкриті; респіратор газозахисний; прогумований фартух;

- перед розкриттям фільтра ОТР необхідно скинути з нього залишковий тиск;

- відкрити кришку фільтра, дістати з нього сітку, промити технічною водою і зібрати фільтр в зворотній послідовності [40].

Щоб захистити працівників від впливу підвищених температур поверхонь обладнання та матеріалів, необхідно вживати заходів. По-перше, слід збільшити відстань між обладнанням та працівниками, які можуть піддаватися тепловому впливу, але при цьому не шкодити іншим робочим місцям. Коли це неможливо, треба зменшити температуру поверхні, змінюючи робочі температурні режими обладнання, ізолюючи поверхні або скорочуючи випромінювання від них. Також можливі варіанти зміни температури самого обладнання.

Для уникнення негативного впливу підвищених температур поверхонь обладнання та матеріалів, де не можливо знизити температуру, слід вживати різноманітні заходи. Це може включати використання бар'єрів від теплового випромінювання з низькою теплопровідністю та сильним випромінюванням між поверхнею та робочим місцем. Також можуть застосовуватися водяні системи охолодження для гарячих поверхонь, де це можливо. Важливо використовувати пересувні екрани, які відбивають тепло. Додатково, можуть вживатися заходи для встановлення дистанційного керування [41], [42], [43], [44], [45], [46].

г) Мінімізація негативних наслідків важкості праці передбачена слідуючими заходами.

Для запобігання дії підвищеного шуму на виробництві треба користуватися заходами індивідуального та колективного захисту: навушниками, берушами, оздоблювати пости керування звукоізолюючими матеріалами.

Для запобігання дії підвищеної запиленості та загазованості повітря робочої зони обладнання оснащується системами аспірації – це раціональний засіб запобігання пиловиділенню в повітря робочої зони. Видалення пилу повинне відбуватися безпосередньо з місць пилоутворення.

Якщо заходи щодо зниження концентрації пилу не призводять до зменшення пилу в робочій зоні до допустимих меж, застосовують індивідуальні засоби захисту. До індивідуальних засобів захисту відносяться протипилові респіратори, захисні окуляри, спеціальний протипиловий одяг. Засоби захисту органів дихання вибирають залежно від виду шкідливих речовин, їхньої концентрації. Органи дихання захищають фільтруючими та ізолюючими приладами, наприклад, респіратором типу «Пелюсток». При контакті з порошкоподібними матеріалами, що несприятливо впливають на шкіру, використовують захисні пасти та мазі.

Для захисту очей застосовують закриті чи відкриті окуляри. Окуляри закритого типу з міцним безосколковим склом використовують при механічній обробці металів. У процесах, що супроводжуються утворенням дрібних і твердих частинок та пилу, бризок металу, рекомендують окуляри закритого типу з боковинами або маски з екраном.

Зі спецодягу застосовуються пилозахисні комбінезони (жіночий та чоловічий) зі шоломами для виконання робіт, пов'язаних з великим утворенням нетоксичного пилу, костюми (жіночий та чоловічий) зі шоломами, а також скафандр автономний для захисту від пилу, газів та низької температури.

Для запобігання дії впливу підвищеної температури поверхонь обладнання, матеріалів необхідно збільшити відстань між обладнанням та працівниками, тими, хто піддається впливу тепла (але не на шкоду іншим робочим місцям); коли це не можливо, треба зменшити температуру поверхні, змінюючи робочі температурні режими обладнання, ізолюючи поверхні, або скорочуючи випромінювання від поверхні, або змінити температуру обладнання.

Там, де зменшити температуру поверхні неможливо, необхідно передбачити:

- використання бар'єрів від теплового випромінювання (з низькою питомою теплопровідністю та сильним випромінюванням) між поверхнею та робочим місцем, а також вміст їх у чистоті;
- водяне охолодження гарячих поверхонь, де це можливо;
- використання пересувних екранів, що відбивають;
- вжиття заходів щодо встановлення дистанційного керування.

Там, де оцінка показує, що працівники можуть наразитися на небезпеку дії холоду, необхідно усунути ці фактори, шляхом забезпечення обігріву постів управління, а також наявність відповідного одягу, призначеного для захисту від холоду.

Для запобігання ураження електричним струмом електрообладнання має відповідати ГОСТ 12.2.007.0-75 «Вироби електротехнічні. Загальні вимоги безпеки», ГОСТ 12.2.003-91 «Обладнання виробниче. Загальні вимоги безпеки» и ПУЕ-2007. Експлуатація електрообладнання та електроустановок має проводитися відповідно «Правила технічної експлуатації електроустановок» (ПТЕ), «Правила технічної експлуатації електроустановок споживачем» та «Правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачем».

Для забезпечення захисту від випадкового торкання до струмопровідних частин необхідно прийняти наступні способи і засоби: захисне огороження;

ізоляція струмопровідних частин; захисне відключення; блокування; знаки безпеки. Для забезпечення захисту від ураження електричним струмом при торканні до металевих не струмопровідних частин, які можуть опинитися під напругою в наслідок пошкодження ізоляції, застосовують захисне заземлення, занулення, вирівнювання потенціалу системи захисних дротів, захисне відключення, ізоляцію не струмопровідних частин, які можуть опинитися під напругою вище 24 В, засоби індивідуального захисту та інше. Всі металеві частини виробничого обладнання (станини, корпусу, електродвигуни, каркаси пультів керування та ін.), якщо вони можуть опинитися під напругою вище 42 В, мають бути заземлені згідно ПУЕ-2007. Для цього їх оснащують легко оглядним пристроєм заземлення $R < 4 \text{ Ом}$ або з'єднують з нульовим дротом.

Для забезпечення захисту від токсичної дія травильних розчинів слід проводити постійну перевірку стану обладнання травильних ван, та водного затвору кришок травильних ванн, контроль стану трубопроводів подачі регенерату та відпрацьованої соляної кислоти, та обладнання УРСК. На ділянках, постах управління повинні бути засоби індивідуального захисту - протигази зі спеціальними фільтрами захисту.

Для запобігання дії підвищеної напруженості магнітного поля та електромагнітного випромінювання у робочій зоні застосовують розташування робочих місць на безпечній відстані від джерел магнітного поля та електромагнітного випромінювання.

Заходи безпеки при роботі на гільйотинних ножицях:

- установка ріжучого інструменту на ножиці повинна проводитися тільки спеціально проінструктований наладчиками. Вирізка зразків проводиться навченим та проінструктованим різальником;

- користуватися ножами, які мають затуплення та сколи, забороняється.

Маховики та ремені передачі повинні мати захисні кожухи;

Гільйотинні ножиці повинні мати захист від прямого попадання пальців різальника. Під час роботи на гільйотинних ножицях не допускається:

- намагатись просунути в зоні різку ножей (за захисний екран);

- поправляти руками карту металла в зоні різку ножей (за захисний екраном);
- користуватися несправними ножами;
- відкривати захисні кожухи обладнання;
- працювати без захисного екрану, окулярів, якщо ножиці не заземлені.

Для уникнення хімічних опіків передбачено:

- зберігання кислот у місцях, де можливе їх стикання з деревиною, та іншими речовинами органічного походження (для нейтралізації випадково розлитих кислот місця їх зберігання необхідно забезпечувати готовими розчинами крейди, вапна або соди);

- під час зберігання азотної та сірчаної кислот треба вжити заходів до недопущення стикання їх з деревиною, та іншими речовинами органічного походження. Концентровану азотну кислоту зберігати тільки у скляних суліях.

- під час роботи використовувати гумові рукавиці ГОСТ 20010-93 «Перчатки резиновые технические. Технические условия», окуляри «Очки защитные» ГОСТ Р 12.4.013-97, респіратор ГОСТ 12.4.028-76 ССБТ. Респираторы ШБ-1 "Лепесток". Технические условия (с Изменениями N 1, 2), спеціальний одяг ГОСТ 12.4.011-89 «Средства защиты работающих»;

- мати поблизу нейтралізуючі речовини, аптечку, джерело проточної води;

Напруженість праці визначається згідно ГН 3.3.5-8-6.6.1-2002 «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Для профілактики втоми застосовують скорочену тривалість робочого дня, враховують засоби механізації, автоматизації, застосовують раціональну організацію трудового процесу, максимально скорочують статичні операції, усувають зайві прийоми у роботі і т. ін.

Важливе значення для профілактики втоми має режим праці та відпочинку, що передбачено в КЗпП. Завдяки періодам відпочинку, що регламентується законодавством, працездатність відновлюється, що є функціональною властивістю організму людини.

При обладнанні робочого місця для проведення дослідницьких робіт необхідно враховувати, що конструкція всіх елементів виробничого обладнання, з якими людина в процесі трудової діяльності здійснює безпосередній контакт, повинна відповідати його антропометричним характеристикам, при виконанні робіт в сидячому положенні в конструкцію робочого місця слід включити крісло і підставку для ніг, а також передбачити в конструкції виробничого обладнання простір для розміщення ніг, що дозволяють виконувати роботи при високій посадці працюючого згідно ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ Оборудование производственное. Общие эргономические требования. Робоче місце при виконанні робіт в положенні сидячі повинно відповідати вимогам ГОСТ 12.2.032-78 Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования, в положенні стоячи - ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.

4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Для забезпечення необхідного рівня виробничого освітлення слід дотримуватися вимог ДБН В.2.5-28-3006 «Природне і штучне освітлення. Норми проектування» з урахуванням розряду зорової роботи: 6-7 розряд при Ен не менше 200 лк. Вибір джерел освітлення виконується в залежності від розмірів виробничого приміщення. Можуть використовуватися люмінесцентні лампи та газорозрядні лампи низького та високого тиску, встановлені у відповідні світильники.

Заходами по забезпеченню захисту від шуму, є такі засоби:

- індивідуальні засоби захисту - шлемофони або беруші згідно ГОСТ 12.4.051-87 «ССБТ. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Общие технические требования и методы испытаний».

- групові засоби захисту приміщення, де встановлено шумо-генеруюче обладнання розташовують окремо. Внутрішню поверхню цих приміщень облицьовують шумопоглинальними панелями.

Для нормалізації параметрів повітряного середовища передбачено використання механічної вентиляції.

Продуктивність природної вентиляції (приплив або витяжка повітря)

$$L = k \cdot V_n, \text{ м}^3/\text{год}$$

де k - кратність повітря обліку ($k=2$)

V_n - об'єм приміщення, м^3

$$V_n = 900 \cdot 7 = 6300 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$L = 2 \cdot 6300 = 12600 \text{ м}^3/\text{год}$$

Необхідний повітрообмін в приміщенні, де виділяється надлишкове тепло, розраховується за формулою:

$$L = 1 \cdot n; \text{ м}^3$$

де l - мінімальна подача повітря на одного працівника відповідно до санітарних норм (до $20 \text{ м}^3 - 1 = 30 \text{ м}^3/\text{год} > 20 \text{ м}^3 - 1 = 20 \text{ м}^3/\text{год}$)

n - кількість працівників у приміщенні.

$$V = 6 \cdot 7 \cdot 5 = 210 \text{ м}^3$$

$$V = 210 : 18 = 11,6 \text{ м}^3$$

$$L = 30 \cdot 18 = 540 \text{ м}^3$$

4.4.Заходи з пожежної безпеки

Заходи з пожежної безпеки визначаються відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Категорію виробництва за пожежною небезпекою (А, Б, В, Г, Д) споруд (приміщень) цеху (ділянки, підстанції) визначають на основі аналізу речовин і матеріалів, що використовуються у виробництві, відповідно до вимог ДСТУ Б

В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» і СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания».

Відповідно до категорії виробництва з пожежної безпеки та вимогами ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», визначають ступінь вогнестійкості приміщення цеху (дільниці, підстанції).

Шляхи евакуації працівників на випадок пожежі (переходи, евакуаційні виходи) передбачають згідно вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги».

Максимальну відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу визначають згідно п. 2.29 (табл. 2) СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания».

Відповідність обладнання, силових і освітлювальних мереж вимогам пожежної безпеки в першу чергу залежить від відповідності ступеня захисту їх оболонки (ІР) класу пожежонебезпечної зони (П-I, П-II, П-IIa и П-III) визначених згідно НПА ОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок».

Засоби виявлення займань та пожеж передбачаються згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту».

В даний час можуть використовуватися:

- охоронно-пожежна сигналізація (ОПС) неадресного типу;
- порогова охоронно-пожежна сигналізація;
- адресно-порогова охоронно-пожежна сигналізація.

Наприклад. Для побудови неадресної пожежної сигналізації в інтегрованій системі охорони «Оріон» можна застосувати наступні приймально-контрольні прилади з контролем радіальних шлейфів сигналізації:

- «Сигнал-20П»;
- «Сигнал-20М»;
- «Сигнал-10»;
- «С2000-4».

Всі прилади, за винятком «Сигнал-20П», можуть працювати в автономному режимі. Для організації пожежної сигналізації, зазвичай в системі застосовується мережевий контролер – пульт «С2000М» (або «С2000»). Пульт може виконувати функції відображення подій, що відбуваються в системі, управління реле.

Залежно від типу підключених пожежних сповіщувачів, при програмуванні конфігурацій приладів шлейфам може бути присвоєно один з типів:

- пожежний димовий з розпізнаванням подвійного спрацювання;
- пожежний комбінований однопороговий;
- пожежний тепловий двохпороговий.

Площа ділянки більше 100 м². Виходячи з цього обирається один комбінований вогнегасник (піна, порошок) місткістю 10 л.

У цеху встановлено пожежні стенди. До комплекту засобів пожежогасіння, які розміщують на стенді, слід включити: вогнегасники – 3 шт.; ящик із піском – 1 шт.; пожежне покривало розміром 2×2 м – 1 шт.; гаки – 3 шт.; лопати – 2 шт.; лом – 2 шт.; сокири – 2 шт. Ящик із піском, який є елементом конструкції пожежного щита (стенда), повинен мати місткість не менше 0,1 м³ та виключати потрапляння в нього опадів.

На підприємстві прийнято наступні заходи з пожежної безпеки:

1) Організаційні:

- проведення для робітників інструктажів з пожежної безпеки;
- наявність на видних місцях схем евакуації у випадку пожежі;
- евакуаційні шляхи і виходи повинні втримуватися вільними, нічим не зашарашуватися і у разі виникнення пожежі забезпечувати безпеку під час евакуації всіх людей, які перебувають у приміщеннях будівель та споруд;
- наявність у приміщеннях на видних місцях біля телефонів табличок із зазначенням номера телефону для виклику пожежної охорони;

2) Заходи, які попереджують розповсюдження пожеж: розташування ділянок з урахуванням пожежних характеристик;

3) Заходи, направлені на уникнення вибухів та пожеж: це перш за все усунення причин, утворюючих джерела горіння – заміна вогневибухових

матеріалів, використання систем вентиляції, заборона використання відкритого вогню;

4) Заходи, що спрямовані на збереження обладнання, будівель: будівлі, приміщення і споруди повинні своєчасно очищатися від горючого сміття, відходів виробництва і постійно утримуватися в чистоті.

4.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Усі заходи, розроблені в цьому розділі, спрямовані на забезпечення безпеки робітників та службовців прокатного цеху, а також на раціоналізацію їх праці. Забезпечення безпеки персоналу досягається підвищенням стійкості промислового об'єкту в умовах НС. Організацію рятувальних та відновлювальних робіт на промисловому об'єкті, наявністю технічних ресурсів для більш швидкої евакуації персоналу із зони ураження. Також слід проводити з персоналом відповідні навчання та інструктажі. Попередження надзвичайних ситуацій засновано на заходах, спрямованих на зниження втрат та збитків в разі їх виникнення. Зниженню ризиків виникнення надзвичайних ситуацій слугує раціональне розміщення об'єктів економіки таким чином, щоб вони не потрапляли в зони високої техногенної небезпеки.

На основі літературних даних було встановлено, що основні шкідливі фактори у прокатному цеху – це пил, надлишкове виділення тепла, шум, вібрація, випромінювання.

Для зменшення шкідливої дії цих факторів у цеху проводять наступні заходи:

- з пуском обладнання вмикається місцева витяжна вентиляція;
- конструкція обладнання максимально герметизується;
- для зменшення шуму та вібрації застосовують закриті приводи, екрани;
- електрообладнання ізольоване та має запобіжники і заземлення.

Впровадження даних заходів дозволяє в значній мірі зменшити аварії, травматизм.

Основні вимоги для попередження, ліквідації наслідків та захисту населення під час надзвичайної ситуації згідно з вимогами ГОСТ Р.22.3.03-94 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Защита населения».

В даному розділі розглянемо питання організації дослідження стійкості роботи промислового об'єкта.

Дослідження стійкості роботи промислового об'єкта полягає у всебічному вивченню умов, які можуть статися при виникненні надзвичайної ситуації і в визначенні їх впливу на виробничу діяльність підприємства.

Мета дослідження – знайти вразливі місця в роботі об'єкта в умовах надзвичайної ситуації і обрати найбільш ефективні пропозиції і рекомендації, направлені на збільшення його стійкості.

Дослідження стійкості підприємства проводиться силами інженерно-технічного складу з залученням спеціалістів науково-дослідницьких і проектних організацій, пов'язаних з даним підприємством.

Організатором і керівником досліджень є керівник підприємства (начальник цивільного захисту об'єкта).

Увесь процес планування і проведення досліджень ділиться на три етапи:

- 1-й етап – підготовчий;
- 2-й етап – оцінка стійкості роботи об'єкта в умовах надзвичайної ситуації військового характеру;
- 3-й етап – розробка заходів, які підвищують стійкість роботи об'єкту.

Тривалість дослідження встановлюється в залежності від об'єму робіт і підготовці учасників, які залучаються до виконання завдань, і може складати 2-3 місяці.

Для проведення досліджень на об'єкті можуть створюватися наступні дослідницькі групи: головного енергетика, головного механіка, головного технолога, відділу матеріально-технічного постачання, штабу громадського захисту.

Для узагальнення результатів дослідження створюють групу керівника досліджень, очолювану головним інженером або начальником виробничого відділу.

На першому етапі з керівниками дослідницьких груп проводиться спеціальне заняття, на якому керівник підприємства доводить до виконавців план роботи, ставить завдання кожній групі і призначає строки проведення досліджень.

На другому етапі кожна група спеціалістів проводить дослідження і розрахунки стійкості роботи визначених елементів виробничого комплексу в умовах надзвичайної ситуації військового характеру, визначає і оцінює:

- умови захисту робітників і службовців об'єкта від зброї масового ураження;
- вразливість виробничого комплексу при взаємодії на нього вражаючих факторів ядерного вибуху;
- характер можливий вражень від вторинних вражаючих факторів;
- стійкість системи постачання і кооперативних зв'язків об'єктів з підприємствами-постачальниками і споживачами;
- вразливі місця в системі управління виробництвом.

На третьому етапі підводяться підсумки проведених досліджень. Групи спеціалістів по результатам досліджень готують доповіді з висновками і пропозиціями по:

- захисту робочих і службовців;
- підвищенню стійкості оцінюваних елементів виробництва (до доповідей додаються необхідні таблиці, схеми, плани).

Група керівника досліджень, на основі доповідей груп спеціалістів, складає узагальнену доповідь, в якій відображаються:

- можливості захисту робочих, службовців і членів їх родин в захисних спорудах на об'єкті і в заміській зоні;
- загальна оцінка стійкості об'єкту і найбільш вразливі ділянки виробництва;
- практичні заходи, які необхідно виконати в мирний час і в період загрози нападу для підвищення стійкості роботи об'єкта в воєнний час, а також об'єм і вартість робіт;

- порядок і орієнтовані терміни проведення відновлювальних робіт при різних степенях руйнувань і розробляють план заходів з підвищення стійкості роботи об'єкту в умовах надзвичайної ситуації військового характеру.

У плані заходів з підвищення стійкості роботи об'єкту намічаються заходи з підвищення стійкості об'єкту. Визначаються вартість проведення намічених заходів, джерела фінансування, сили і засоби, необхідні матеріали, строки виконання і особи, відповідальні за виконання.

План заходів, що проводяться силами об'єкта, затверджується керівником підприємства – начальником цивільного захисту.

План заходів, що вимагають більших матеріальних витрат, направляється на затвердження старшому начальнику.

На мирний час плануються, головним чином, трудомісткі заходи, що потребують значних матеріальних витрат і часу.

На період загрози виникнення надзвичайної ситуації військового характеру, плануються заходи, які можуть бути легко реалізовані або виконання яких в мирний час недоцільно і навіть неможливо.

Оцінка стійкості роботи промислового об'єкту в умовах надзвичайної ситуації військового характеру виконується за допомогою моделювання взаємодії вражаючих факторів ядерного вибуху (на основі використання результатів досліджень і розрахункових даних).

При цьому враховуються наступні положення:

- оцінювати стійкість об'єкта необхідно відносно кожного з вражаючих факторів;
- повинні враховуватися вторинні вражаючі фактори ядерного вибуху;
- допускають, що значення параметрів вражаючих факторів однакові на всій площі об'єкту і всі елементи об'єкта піддаються майже одночасному їх впливу;
- оцінку стійкості об'єкту починають з визначення максимальних очікуваних значень параметрів вражаючих факторів ядерного вибуху;
- самим несприятливим вважають випадок, коли центр вибуху виявиться ближче до об'єкта;

- стійкість об'єкта в цілому визначається стійкістю кожного елементу окремо;
- на основі аналізу вразливості об'єкта, виділяють основні елементи виробництва, від яких залежить функціонування об'єкта в умовах надзвичайної ситуації військового характеру.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Економічне обґрунтування

Економічна доцільність підвищення (зниження) температури змотування в ЦГП ґрунтується на зменшенні витрат металу, який йде в чад при травленні на лінії БТА-4, а також економії природного газу (як один з пунктів умовно-змінних витрат), який йде на переробку зменшеної кількості зливів ВТР на УРСК (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1 - Опис ідеї

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для споживачів (користувачів)
Зниження температури змотування смуг в ЦГП	Безперервний травильний агрегат №4	Зменшення расходу металу в чад
	Установа регенерації соляної кислоти	Зменшення расходу природного газу на переробку зливів ВТР

5.2 Характеристика потенційних ринків

Характеристика потенційних ринків викладена в таблиці 5.2:

Таблиця 5.2 - Попередня характеристика потенційного ринку

№	Показники стану ринку	Характеристика
1	Головні конкуренти	Немає (монополія)
2	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Стагнує
3	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Інвестиції та сировина база
4	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Вимоги стандартів EN

Як видно із таблиці 5.2 конкурентів ПАТ «Запоріжсталь» як у виробника плоского прокату на цей час немає на території України. Пат «Запоріжсталь» є

монополістом на ринку плоского прокату. Інші металургійні підприємства спеціалізуються на випуску інших видів прокату.

На даний час у період війни металургійна промисловість України знаходиться в стогнації, так як втрачено багато ринків збуту та дешевих методів транспортування продукції (втрачені морські порти Азовського та Чорного морів), а транспортування продукції в довоєнних обсягах виробництва по залізній дорозі неможливо.

Економічна доцільність відкриття нових підприємств ґрунтується насамперед на наявності ринків збуту випускаємої продукції та окупності інвестицій, вкладених у розвиток виробництва. Для зменшення собівартості продукції треба мати також сировино-енергетичну базу, що дозволить випускати конкурентоспроможну рентабельну продукцію. Однак, на даний час перспектив розвитку нових підприємств таких масштабів і об'ємів виробництва в найближчому часі не видно.

Однією з умов постачання плоского прокату (гарячекатаних та холоднокатаних рулонів і листів) на європейський ринок та інші країни є стандартизація і сертифікація випускаємої продукції на відповідність стандартам. Комбінат враховуючи це постійно проводить стандартизацію і сертифікацію нових марок сталі та прокату для того щоб мати змогу реалізації виготовленої продукції.

5.3 Попередня характеристика потенційних клієнтів

Попередня характеристика потенційних клієнтів викладена в таблиці 5.3:

Таблиця 5.3 – Попередня характеристика потенційних клієнтів

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів (користувачів)
1	Оцинкований прокат	Підприємства України, Польщі, Румунії	Тісна співпраця	Розробка протоколів поставки зі спеціальними вимогами к прокату по чистоті поверхні і площинності прокату та нових марок сталі та сортаменту
2	Гарячекатаний рулон, лист	Підприємства України, Польщі	Тісна співпраця	Відповідність продукції протоколам поставки, EN та ДСТУ, освоєння прокату нових марок сталі та сортаменту
3	Холоднокатаний рулон, лист	Підприємства України, Польщі	Тісна співпраця	Відповідність продукції протоколам поставки, EN та ДСТУ, освоєння прокату нових марок сталі та сортаменту

Із таблиці 5.3 бачимо, що основними потрібними видами продукції є гарячекатаний та холоднокатаний рулон та лист, а також гарячекатана та холоднокатана рулонна заготівка для виробництва оцинкованого прокату для підприємств України, Польщі, Румунії та інших країн. До цієї продукції пред'являються особливі вимоги до якості поверхні, вимогам відповідності нормативній документації (ДСТУ та EN), вимог нових марок сталі та сортаменту випускаємої продукції.

5.4 SWOT- аналіз середовища реалізації інноваційного проекту

Здійснено аналіз SWOT- аналіз середовища реалізації інноваційного проекту (таблиця 5.4) [47]:

Таблиця 5.4 - SWOT- аналіз

Сильні сторони:	Слабкі сторони:
1. Вигідна географічна локація України на перетині міжнародних торгових шляхів. 2. Дешева кваліфікована робоча сила. 3. Наявність вільного приватного капіталу, який спеціалізується на великих інфраструктурних проектах. 4. Інтерес до інфраструктурних об'єктів з боку вітчизняного та іноземного бізнесу 5. Великі розміри внутрішнього і зовнішнього ринків збуту. 6. Відносно високий ресурсний потенціал країни: природними та енергетичними ресурсами 7. Розвиток сфери ST- технологій 8. Потенційна здатність бізнесу до інноваційної діяльності.	1. Відсутність поступової логічної стратегії формування державної політики та законодавчої бази, що перешкоджає плануванню розвитку. 2. Військові дії, політична нестабільність, санкції Росії, паління транзиту. 3. Економічна нестабільність, високий рівень інфляції 4. Низька купівельна спроможність населення 5. Складність ведення бізнесу 6. Низька оцінка України світовими індексами 7. Високий рівень корупції 8. Застарілі виробничі потужності, низька продуктивність праці.
Можливості:	Загрози:
1. Пожвавлення економіки, підвищення ділової активності, поступове зростання ВВП України 2. Угода про асоціацію та зону вільної торгівлі з ЄС, збільшення частки ЄС та Азії у зовнішній торгівлі.	1. Падіння купівельної спроможності населення під впливом наслідків банківської кризи 2014-2016 рр. та пандемії 2019-2020рр. 2. Неприятливе політичне середовище: політична нестабільність, небезпека, воєнні дії. 3. Відсутність верховенства права. 4. Неєфективне врядування. 5. Відтік кваліфікованих кадрів. 6. Немоżliвість залучення фінансових ресурсів на початку бізнесу на адекватних умовах, відсутність ринку венчурного капіталу. 7. Невизначеність позиції розвинених країн світу щодо України. 8. Зростання технологічного розриву між розвиненими країнами і Україною. 9. Високий рівень вхідних бар'єрів для українського бізнесу. 10. Слабка колаборація університетів та бізнесу у інноваційних розробках

5.5 Ринкова стратегія проекту

Здійснено ринкову стратегію проекту (таблиця 6.5):

Таблиця 5.5 - Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Виробники оцинкованого прокату	так	В обсягах контрактів	Конкуренції немає для виробників оцинкованого прокату	За наявністю конкурентної якості
2	Споживачі гарячекатаних рулонів та листа	так	В обсягах контрактів	Європейські постачальники конкурують з Україною для європейських споживачів	За наявністю конкурентної якості та ціни продукту
3	Споживачі холоднокатаних рулонів та листів	так	В обсягах контрактів	Європейські постачальники конкурують з Україною для європейських споживачів	За наявністю конкурентної якості та ціни продукту
Які цільові групи обрано: Споживачі холоднокатаної рулонної заготовки для виробництва оцинкованого прокату, споживачі холоднокатаних і гарячекатаних рулонів та листів					

5.6 Ідентифікація стейкхолдерів

За міжнародним стандартом соціальної відповідальності ISO 26000, «стейкхолдер» або заінтересована особа – це особа або група осіб, яка має інтерес у будь-яких рішеннях або діях організації. Аналіз стейкхолдерів – це процес, за допомогою якого можна визначити та оцінити важливість ключових груп людей або організацій, які здатні вплинути на успішність діяльності підприємства. [48].

Ідентифікація стейкхолдерів дозволяє здійснити їх пріоритизацію та побудувати карту стейкхолдерів, яка дозволить візуалізувати картину взаємозв'язків стейкхолдерів.

Для полегшення і покращення аналізу стейкхолдерів підприємства використовують «матрицю стейкхолдерів».

Нами визначено основні групи заінтересованих сторін ПАТ «Запоріжсталь»: клієнти та споживачі, постачальники, державні органи, співробітники, суспільство, страхувальники, громада та інші (таблиця 5.6):

Таблиця 5.6 - Ідентифікація, та ґрунтування стейкхолдерів підприємства

№	Група стейкхолдерів	Інтереси стейкхолдерів	Ранг матриці
1	Клієнти та споживачі	Підвищення якості, стабільність цін, наявність товару в продажі	D
2	Постачальники сировини, матеріалів	Збільшення обсягів замовлення, вчасна оплата, ціна, що забезпечує плановий прибуток, дотримання угод	D
3	Співробітники підприємства та їх об'єднання	Заробітна плата, психологічний клімат в колективі, перспективи кар'єрного зростання, зручне розташування, гнучкий (зручний) графік роботи, впевненість в майбутньому, техніка безпеки, дотримання КЗпП	B
4	Громада (ближнє оточення)	Безпечне виробництво, стан екології та техногенного навантаження	B
5	Контролюючі органи	Відповідність умов виробництва стандартам	D
6	Державні та фіскальні органи	Дотримання законодавства у всіх сферах, вчасна оплата податків, доброчинність, прозорість	D
7	Громада (дальнє оточення-місце та села)	Безпечне виробництво, стан екології та техногенного навантаження	B
8	Страхувальники	Доброчесність в страхуванні, відсутність страхових випадків, фінансова вигода у кожному клієнт	A
9	Майбутні працівники (резерв)	Робочі місця, місце практики та стажування під час навчання	A
10	Бізнес-партнери (субпідрядні організації)	Дотримання угод, збільшення обсягів виробництва	B
11	Організації фінансової сфери (банки, кредитні спілки)	Дотримання угод, процедура надання-повернення коштів	B
12	Державні та місцеві органи влади	Забезпечення населення працевлаштуванням, відсутність соціальної напруги	D
13	Власники, акціонери, інвестори	Зростання вартості підприємства, його капіталізація, зростання розміру дивідендів	D
14	Рейтингові агенції	Господарська діяльність, соціальна відповідальність	A

Розглянемо матрицю стейкхолдерів ПАТ «Запоріжсталь», в якій вказано інтереси кожної з груп. Базуючись на даних табл. 6.6 та було виділено три групи стейкхолдерів В, D та А.

Група А: організація практично не витрачає зусиль на цю групу. Ці стейкхолдери не становлять жодної загрози, оскільки відсутня заінтересованість і влада. До цієї групи віднесено майбутніх працівників (кадровий резерв), рейтингові агенції та страхові компанії.

Група В: ця група має високу заінтересованість, але не має достатньої влади, тому їх потрібно лише тримати в курсі подій. До цієї групи належать співробітники підприємства та їх об'єднання, суспільство, громада. Цю групу стейкхолдерів проявляють високий інтерес до діяльності підприємства, адже від діяльності підприємства залежить забезпеченість житлом та рівень його соціальної, благодійної діяльності.

Група D: компанія повинна намагатися задовольнити цю групу в першу чергу, оскільки вона має владу впливати на організацію і існує ймовірність, що вона зможе використовувати свою владу. Проаналізуємо кожну групу зацікавлених сторін групи D. Клієнти та споживачі: ця група зацікавлена в ефективному функціонуванні підприємства, оскільки дане підприємство є їхнім джерелом постачання певних груп товарів і відповідно від них залежить прибутковість підприємства. Постачальники сировини та матеріалів: всі ми розуміємо, що без товарного забезпечення не буде відбуватись такий процес як торгівля. Отже, постачальники забезпечують наявність товарів, а організація повинна вчасно оплачувати їхню вартість. В свою чергу, постачальники, як і підприємство, зацікавлені в швидкій реалізації товарів, бо від товарообороту залежить їхній прибуток. Контролюючі органи у виробництві: даний стейкхолдер є чи не основним в діяльності підприємства, адже має значну владу через перевірки та видачу дозвільної документації, а також через непрозорі механізми. Державні та фіскальні органи: їх влада посилена високим рівнем корумпованості, нестабільним законодавством, що потребує пристальної уваги до них. Це дозволить нівелювати непередбачувані ризики та фінансові збитки. Крім того, сплата податків впливає на

діяльність підприємства, на їх прибутковість, платоспроможність, фінансову стабільність. Місцеві органи влади: їх відношення до виробництва та дозвільна діяльність ставить у високу залежність підприємства. Акціонери, інвестори, власники: мають високий інтерес, адже ефективність діяльності підприємства є їх власною прибутковість, впливають через голосування під час прийняття рішень, що впливає на стратегію розвитку підприємства.

В цілому можемо зробити висновок, що підприємство має велику групу стейкхолдерів, від яких залежить ефективність його діяльності, що викликано як специфікою галузі, так і непрозорістю, негнучкістю та корумпованістю в цілому в економічній системі. Серед стейкхолдерів, на яких підприємство може здійснити певний вплив слід виділити групи з рейтингом за значимістю з номерами за порядком №№ 1, 2, 13. Інші стейкхолдери з високим рівнем впливу на підприємство не підпадають під безпосередній вплив компанії. Цей вплив може бути опосередкованим.



Рисунок 5.1 - Карта стейкхолдерів

Виходячи з аналізу співпраці підприємства із стейкхолдерами, можна зробити висновок, що необхідно залучати нових зацікавлених сторін для більш ефективного функціонування підприємства. Із залученням нових стейкхолдерів збільшується рівень соціальної відповідальності підприємства.

5.7 Розрахунок економічного ефекту впровадження нової технології

Розрахунок чисельності та фонду заробітної плати виробничих працівників, адмінперсоналу, матеріальних витрат, вартості спожитих послуг, амортизації, кошторисувитрат на переділі «Травлення» представлено у таблиці 5.7-5.12.

Таблиця 5.7 - Склад, чисельність та фонд заробітної плати виробничих працівників

Категорії працівників	Наявна чисельність, осіб		Тарифна ставка за розрядом виконуваних робіт, грн / годину	Ефективний фонд робочого часу, годин	Тарифний заробіток, грн.	Преміальний відсоток до тарифного заробітку, %	Розмір премії, грн.	Річний фонд заробітної плати, грн.	ЄСВ, грн.
	за зміну	на добу							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Виробничі працівники,									
в тому числі:									
1.Основні працівники									
травильник старший	1	2	69,74	186	12972	50	6486,00	466992	102738,24

Продовження таблиці 5.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
оператор поста керування (дискові ножи)	1	2	59,25	186	11020	50	5510,00	396720	87278,4
оператор поста керування (розмотувач)	1	2	59,25	186	11020	50	5510,00	396720	87278,4
бригадир	1	2	50,28	186	9353	50	4676,50	336708	74075,76
оператор поста керування (головна частина)	1	2	59,25	186	11020	50	5510,00	396720	87278,4
оператор поста керування (лазерна машина)	1	2	69,30	186	12890	50	6445,00	464040	102088,8
оператор поста керування (хвостова частина)	1	2	59,25	186	11020	50	5510,00	396720	87278,4
оператор поста керування (вихідна частина)	1	2	69,30	186	12890	50	6445,00	464040	102088,8
апаратник знесолювання води	1	1	54,15	168	9097	50	4548,50	163746	36024,12
апаратчик регенерації	3	6	44,33	186	8246	50	4123,00	890568	195924,96
слюсар-ремонтник (з обслуговування резервуарного та насосного парку)	1	2	59,88	186	11137	50	5568,50	400932	88205,04
слюсар-ремонтник	2	4	82,58	168	13873	50	6936,50	998856	219748,32
2.Допоміжні працівники									
розподільювач робіт	1	1	47,99	168	8062	35	4031,00	145116	31925,52
3.Черговий та ремонтний персонал									
слюсар ремонтник	1	2	65,10	186	12108	35	6054,00	435888	95895,36
слюсар ремонтник стикосварювальна машина	1	1	62,89	168	10566	50	5283,00	190188	41841,36
слюсар ремонтник стикосварювальна машина	1	1	68,69	168	11540	50	5770,00	207720	45698,4
слюсар ремонтник	1	1	69,29	168	11640	50	5820,00	209520	46094,4
електрогазоварник	1	1	63,26	168	10628	50	5314,00	191304	42086,88
слюсар ремонтник налагодження ГіМ	1	2	51,67	186	9611	50	4805,50	345996	76119,12
слюсар ремонтник ремонт ГіМ	1	1	57,21	168	9611	50	4805,50	172998	38059,56

Кінець таблиці 5.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
електромонтер з ремонту ел. устаткування	2	2	71,17	168	11956	50	5978,00	430416	94691,52
електромонтер з ремонту ел. устаткування	1	1	57,09	168	9591	50	4795,50	172638	37980,36
електромонтер з ремонту ел. устаткування	1	2	51,56	186	9591	50	4795,50	345276	75960,72
електромонтер з ремонту ел. устаткування	1	2	64,28	186	11956	50	5978,00	430416	94691,52
слюсар-ремонтник газове устаткування	1	2	51,67	186	9611	50	4805,50	345996	76119,12
слюсар-ремонтник вентиляційне устаткування	2	2	71,83	168	12067	50	6033,50	434412	95570,64
машиніст насосних установок	1	1	49,56	168	8326	50	4163,00	149868	32970,96
слюсар-ремонтник неметалеве устаткування	2	2	57,21	168	9611	50	4805,50	345996	76119,12
Машиніст крана	3	6	57,75	186	10741	50	5370,50	1160028	255206,16
Разом виробничих працівників	37	59	X	X	X	X	155877,00	11486538,0	2527038,36

Таблиця 5.8 - Склад, чисельність та фонд заробітної плати адмінперсоналу

Посада	Кількість осіб, шт	Посадовий оклад, грн	Преміальний відсоток до окладу, %	Сума премії	Місячна заробітна плата, грн	Річний фонд оплати праці,	ЄСВ, грн
				грн		грн	
1	2	3	4	5	6	7	8
Старший майстер	1	21580	60	12948	34528	414336	91153,92
Змінний майстер	4	20350	60	12210	32560	1562880	343833,6
Разом управлінського персоналу	5	41930	X	25158	67088	1977216	434987,5

Таблиця 5.9 – Розрахунок матеріальних витрат на переділі «Травлення»

Матеріальні витрати	Норматив у розрахунку на одиницю. продукції (послуг)	Виробнича програма, тон	Обсяг послуг	Ціна	Сума, грн
1	2	3	4	5	6
Транспортні расходи	1,74	985940	62331,792	27,53	1715994,23
Разом	1,74				1715994,23

Таблиця 5.10 – Розрахунок вартості спожитих послуг на переділі «Травлення»

Вид послуг	Норматив у розрахунку на одиницю. продукції (послуг), т	Виробнича програма, т	Обсяг послуг	Тарифи	Сума
					грн
1	2	3	4	5	6
Електроенергія, тис. кВт*ч	99,58	985940	17687,6364	5550,79	98180355,25
Пар, гКал	31,75	985940	14647,2	2137,22	31304288,78
Стислий воздух, тис м3	44,68	985940	71385,9444	617,05	44048696,99
Природний газ, тис. м3	104,47	985940	6603,6228	15598,31	103005355,56
Вода, тис.м ³	1,47	985940	474,3	3059,51	1451125,593
Разом	281,95				277989822,18

Таблиця 5.11 – Розрахунок амортизації НТА-4 + УРСК

Група основних засобів	Норма амортизації, %	Первісна вартість ОЗ на 01.01.2015	Надійшло ОЗ		Вибуло ОЗ		Сума
			дата	пер. вар.	дата	пер. вар.	грн
1	2	3	4	5	6	7	8
НТА-4+ УРСК	0,05	730000000	01.01.2015	730000000	01.01.2035	10000000	3000000
Разом	0,05	730000000	01.01.2015	730000000	01.01.2035	10000000	3000000

Витрати на поточний ремонт у розмірі 2% від балансової вартості основних засобів дорівнюють 720000 грн/рік.

Таблиця 5.12 – Кошторис витрат на переділі «Травлення»:

Калькуляційні статті	Витрати	
	у розрахунку на одиницю продукції, грн.	у розрахунку на весь обсяг продукції, грн.
1	2	3
Сировина та матеріали	0	0
Електроенергія	99,58	98180355,25
Пар	31,75	31304288,78
Стислий воздух	44,68	44048696,99
Природний газ	104,47	103005355,56
Вода	1,47	1451125,593
Разом	281,95	277989822,18
Заробітна плата основних виробничих працівників	11,65	11486538,00
ЄСВ	2,56	2527038,76
амортизація	36,51	36000000
Витрати на утримання та експлуатацію основних засобів поточний ремонт	0,73	720000
Загальновиробничі витрати	467,50	460928779,3
Виробнича собівартість	1082,87	1067642000,44
Адміністративні витрати	2,01	1977216
Інші витрати	0,00	
Повна собівартість	1084,87	1069619216,44

Розрахунок зменшення собівартості продукції на переділі «Травлення»:

А) Економія газу на переробку зменшеної кількості зливів ВТР на УРСК БТА-4 розраховується за формулою:

$$\text{Газ (E)} = P * \Delta \text{Квтр} * V * C \quad (5.1)$$

де P – виробництво БТА-4 у 2020 р, тон. За 2020рік виробництво прокату БТА-4 склало 985940 т.

Δ Квтр- зменшення кількості відпрацьованих травильних розчинів у дослідному періоді, розраховується за формулою:

$$\Delta K_{\text{втр}} = K_{\text{втр зрів}} - K_{\text{втр досл}}, \text{ м}^3/\text{т}; \quad (5.2)$$

де $K_{\text{втр зрів}}$ - кількості ВТР у дослідному періоді, дорівнює $0,047 \text{ м}^3/\text{т}$;

$K_{\text{втр досл}}$ - кількість ВТР у дослідному періоді, дорівнює $0,048 \text{ м}^3/\text{т}$;

V - середня витрата газу на переробку 1 м^3 ВТР у дослідний період – $135,1 \text{ м}^3$;

C - вартість 1 м^3 газу, дорівнює $11,82 \text{ грн/м}^3$.

$$\text{Газ (E)} = 985940 \times (0,048 - 0,047) \times 135,1 \times 11,82 = 1\,574\,429,844 \text{ грн}$$

То того ж маємо ще економію металу від зниження чаду в БТА-4 у дослідному періоді.

Б) Економічний ефект від зниження чаду в БТА-4 у дослідному періоді розраховується за формулою :

$$\text{Угар (E)} = (\text{Угпор} - \text{Угоп}) \times P \times \Pi / K_{\text{дрес}}, \text{ грн}; \quad (5.3)$$

де Угоп – чад металу в БТА-4 у дослідний період, кг/т , дорівнює $6,760 \text{ кг/т}$;

Угпор - чад металу в БТА-4 у порівняльний період, кг/т , дорівнює $7,063 \text{ кг/т}$;

P - виробництво НТА-4 за 2020 рік, дорівнює $985\,940, \text{ т}$;

Π – втрати маржинального прибутку за січень 2020 р, $3769,9 \text{ грн/т}$.

$K_{\text{дрес}}$ - коефіцієнт витрати металу в дресирувальному відділенні, дорівнює $1,043 \text{ т/т}$;

$$\begin{aligned} \text{Угар (E)} &= (7,063 - 6,760) \times 985\,940 / 1000 \times 3769,9 / 1,043 = \\ &= 1\,079\,788,35 \text{ грн/рік.} \end{aligned}$$

5.8 Висновки до економічного обґрунтування

Загальна економія від зниження температури змотування в ЦГП з 550÷600°C до 530÷580°C становить:

$$E = U_{\text{гар}} (E) + \text{Газ} (E), \text{ грн}; \quad (5.4)$$

$$E = 1\,079\,788,35 + 1\,574\,429,84 = 2\,654\,218,19 \text{ грн/рік.}$$

Зниження собівартості одиниці продукції на переділі «Травлення:

$$C = 2\,654\,218,19 / 985\,940 = 2,69 \text{ грн/т.}$$

Таким чином, впровадження технології гарячої прокатки зі зниженням температури змотування в ЦГП з 550÷600°C до 530÷580°C з подальшим виготовленням холоднокатаного прокату дозволяє здобути економію на переділі «Травлення» у кількості 2 654 218,19 грн/рік або знизити собівартість 1 т прокату на переділі «Травлення» на 2,69 грн.

ВИСНОВКИ

В данному проекті були розглянуті вплив температури змотування рулонів після гарячої прокатки, режимів холодної прокатки та відпалу холоднокатаних рулонів на механічні властивості прокату сталей 08кп та DC01.

Впровадження нових температурних режимів змотування гарячої прокатки зі зниженою температурою кінця змотування ($T_{зм} = 530-580^{\circ}\text{C}$) має певні переваги над діючою режимами змотування ($T_{зм} = 550-600^{\circ}\text{C}$) гарячекатаних смуг в ЦГП. А також позитивні показники виробництва травлених смуг на безперервному травильному агрегаті №4.

Дослідження оптимальних параметрів температури змотування гарячекатаних смуг із сталі марки 08кп/DC01 на промислових партіях прокату довело, що:

- зі зниженням температури змотування рулонів у ЦГП з $550\div 600^{\circ}\text{C}$ до $530\div 580^{\circ}\text{C}$ відсорткування смуг за дефектами змотування було знижено на 0,5%;
- питома кількість зливів ВТР в дослідний період становило $0,047\text{м}^3/\text{т}$ проти $0,048\text{м}^3/\text{т}$ в порівняльний період, тобто, накопичуваного заліза в ВТР з окалині було менше в дослідний період (температура змотування $530\div 580^{\circ}\text{C}$), що вплинуло на зниження кількості зливів ВТР;
- середньомісячна витрата регенерату в дослідний період також була меншою і склала $0,052\text{м}^3/\text{т}$, проти $0,055\text{м}^3/\text{т}$ у порівняльний період. Тобто, знижено витрати на газ на переробку зменшеної кількості зливів ВТР на УРСК, і склали за орієнтовним розрахунком 1 143 690,4 грн/рік;
- зі зниженням температури змотування з $550\div 600^{\circ}\text{C}$ до $530\div 580^{\circ}\text{C}$ середньомісячна витрата чаду в дослідний період також була нижчою, і склала $6,760\text{кг}/\text{т}$, проти $7,063\text{кг}/\text{т}$ у порівняльний період, або економія металу за рахунок зниження чаду в дослідному періоді склали 1 079 788,35 грн/рік.

- механічні властивості готового холоднокатаного прокату при зниженні температури змотування з $550\div 600^{\circ}\text{C}$ до $530\div 580^{\circ}\text{C}$ залишилися практично на одному рівні і повністю задовільняють потребам нормативної документації.

Економія від впровадження технології гарячої прокатки зі зниженням температури змотування в ЦГП з $550\div 600^{\circ}\text{C}$ до $530\div 580^{\circ}\text{C}$ становить 2 654 218,19 грн/рік.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Марочник сталей та сплавів/В.Г. Сорокін, А.В. Волосникова. С.О. Вяткін та ін.; Під заг. ред. В.Г. Сорокіна. М.: Машинобудування, 1989. – 640 с.
2. Василев Я.Д. Дослідження взаємозв'язку товщини, температури кінця прокатки та межі плинності гарячекатаного підкату зі сталі 08кп. Сталь. 2016. №12. З. 34-39.
3. Василев Я. Д. Дослідження взаємозв'язку між товщиною, температурою кінця гарячої прокатки і межею плинності підкату зі сталі 08кп в умовах БШШС 1680. Пластична деформація металів: програма і тези доповідей Одинадцятої міжнародної науково-технічної конференції, м. Дніпро, 22-26 травня 2017/ Національна металургійна академія України, 2017. С. 19-20.
4. ТІ 226-П.ОЗ-ГЛ-01-2023 «Виробництво слябів на стані слябінг 1150 та гарячекатаних смуг на безперервному тонколистовому стані гарячої прокатки «1680». ПАТ «Запоріжсталь». Запоріжжя, 2022. 254с
5. Гуренко В.Д., Файнштейн В.М. Травлення смуг та листов у соляній кислоті. – М.: Металургія, 1971г.
6. Vever F., Engell H.J. Arch/ Eisenhutenw., 1656, s.475-486.
7. Гарбер С.В. Фундаментальні аспекти окалини на смугах м'якої сталі. Журнал Інституту чорної металургії, 1959, вип.192, частина 2.
8. Гарбер С.В. сб. «Листовий прокат» ч.2 Металургіздат, 1963, с.37-54.
9. Блащук В.А. та ін. В сб. «Прокатне виробництво, металознавство та термічна обробка металів. Вид-во «Металургія», 1968, с.126-132.
10. Lorang F. Revue unif. Mines, 1961, №10, p.514-524.
11. Ледков В.Г. Непреривні травильні лінії. – М.: Державне науково-технічне видавництво літератури з чорної та кольорової металургії, 1961г.
12. Юдин М.И., Трощенков М.А. Рулоний спосіб виробництва холоднокатаних листів.- М.: Металургія, 1966г.

13. Зменшення окалиноутворення при виробництві прокату: монографія / В.І. Губинський, А.Н. Мінаєв, Ю.В. Гончаров. – Київ : Техніка, 1981.- 135 с.
14. Le Bass B. J. Factors affecting the pickling rate of hot-rolled steel strep. Sheet Metal Industries, June, 1959, №386.
15. ДСТУ 7809:2015 Прокат сортовий, калібрований зі спеціальним обробленням поверхні з вуглецевої якісної конструкційної сталі. Загальні технічні умови. Київ, ДЦ «УкрНДНЦ», 2016.
16. ДСТУ EN 10130:2006 Вироби з низьковуглецевої сталі плоскі холоднокатані для холодного штампування. Технічні умови постачання (EN 10130:2009). Київ, ДЦ «УкрНДНЦ», 2018.
17. Коростелев П.П. Реактиви для технічного аналізу. – М.: Металургія, 1988г.
18. Путилов І. Н., Балезин С. А., Бараннік В. П. Інгібітори корозії металів Госхіміздат. 1958.
19. Ямпольский Я.М. Травлення металлу. – М.: Металургія, 1980г.
20. Е.В. Парусов. Спосіб оперативного визначення маси або товщини шару окалини на поверхні бунтового прокату / Е.В. Парусов, О.В. Парусов, І.М. Чуйко / Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні : Міжнар. наук.- техн. конф. (26-28 березня 2019р.). - Дніпро : НметАУ, 2019. – с.34
21. «Звіт за результатами дослідження в лабораторних умовах травлення окалини різних марок сталей у розчині соляної кислоти за технологічними режимами, рекомендованими фірмою "Siemens VAI", Австрія для нової травильної лінії солянокістотного травлення ЦХП-1», ПАТ «Запоріжсталь», м. Запоріжжя, 2013. 68 с.
22. Томашов Н.Д., Жук Н.И. та ін. Лабораторні роботи по корозії і захисту металів. – М. Державне науково-технічне видавництво літератури з чорної та кольорової металургії, 1961г.

23. ДСТУ EN 10002-1:2006 Матеріали металеві. Випробування на розтяг. Частина 1. Метод випробування за кімнатної температури [Чинний від 06.04.2006]. Київ, 2008. 34с.
24. ДСТУ ISO 643:2009 Мікрографічний метод визначення видимого розміру зерна. [Чинний від 01.01.12012]. Київ, 2009. 30с
25. ТІ 226-П.ХЛ-54-2021 Технологічна інструкція «Травлення смугової сталі у безперервному травильноу агрегаті №4 ЦХП», ПАТ «Запоріжсталь». Запоріжжя, 2021. 97с.
26. Гороновский И.Т., Назаренко Ю.П., Некряч Е.Ф. Короткий довідник по хімії. – К.: Видавництво Академії наук Української РСР, 1962г.
27. ТІ 226-П.ХЛ1-02-2019 «Холодна прокатка смуг на безперервному 4-клітьовому стані 1680 ». ПАТ «Запоріжсталь». Запоріжжя, 2021. 65с.
28. ТІ 226-П.ХЛ1-03-2018 «Холодна прокатка смуг на реверсивному стані 1680 ». ПАТ «Запоріжсталь». Запоріжжя, 2018. 61с.
29. ТІ 226-П.ХЛ1-15-2021 «Холодна прокатка смуг на реверсивному стані 1200». ПАТ «Запоріжсталь». Запоріжжя, 2021. 58с.
30. ТІ 226-П.ХЛ-04-2022. «Термічна обробка металу в одностопних газових ковпакових печах с захитною атмосферою HNx газу в ЦХП. ПАО «Запоріжсталь». Запоріжжя, 2022. 45с.
31. ТІ 226-П.ХЛ-051-2021 «Термічна обробка металу в цеху холодної прокатки висококонвективних ковпакових печах NICON/H_2 Фірни «Ебнер». ПАТ "Запоріжсталь". Запоріжжя, 2021. 57с.
32. ДСТУ 8972:2019 Сталі та сплави. Методи виявлення та визначення величини зерна. ДП «УкрНДНЦ», Київ. 2019, 30с.
33. Гуляєв О. П. Металознавство/ Гуляєв О. П. – М.: Меалургія, 1977.-648с.
34. Вибрані методи дослідження в металознавстві / Під ред. Хунгера Г. І.: пер з нім. – М.: Металургія. – 1985. 416с.
35. Беккерт М. Способи металографічного травлення. Довідник/ Беккерт М., Клемм Х. – М.: Металургія, 1988. -400 с.

36. Геллер Ю. О. Рахштад О. Г. Матеріалознавство. Методи аналізу лабораторні роботи і задачі / Геллер Ю.О. Рахштад О.Г. – М.: Металургія. – 1984. – 384с.
37. МОП Навколишні фактори на робочому місці. Інструкція МОП Женева, Бюро Міжнародної Організації Праці, 2001г. /Code of practice/, /work environment/, /occupational safety/, /occupational health/ 13.04.1 ISBN 92-2-111628-X
38. Євтушенко Н.С., Пономаренко О.І., Твердохлебова Н.С., Євтушенко Є.Д. Комплексний підхід щодо збереження здоров'я робітників ливарного виробництва. Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції «Литво. Металургія. 2022» (04-06 жовтня 2022 р., м. Харків-м. Київ) – Харків, НТУ «ХП». –2022. – С. 61-63.
39. ТІ 226-П.ХЛ-53-2021 Технологічна інструкція «Регенерація відпрацьованного солянокислотного травильного розчину в установці регенерації соляної кислоти ЦХП». ПАТ «Запоріжсталь». Запоріжжя, 2021. 97с.
40. ІОП № 06.30-2-2021 для травильника безперервного травильного агрегату № 4 травильного відділення ЦХП-1. ПАТ «Запоріжсталь». Запоріжжя, 2021. 35с
41. ІОП № 06.30-3-2021 для оператора поста управління (проміжного крокуючого конвеєра, головної частини, посту управління лазерної зварювальної машиною, вихідної ділянки і хвостовій частині) безперервного травильного агрегату №4 травильного відділення ЦХП-1. ПАТ «Запоріжсталь». Запоріжжя, 2021. 128с
42. ІОП № 06.51 – 2023 для апаратника регенерації ділянки регенерації соляної кислоти ЦХП. ПАТ «Запоріжсталь». Запоріжжя, 2023. 21с
43. ІОП № 06.53 – 2023 для слюсаря-ремонтника (з обслуговування резервуарного та насосного парку) ділянки регенерації соляної кислоти ЦХП. ПАТ «Запоріжсталь». Запоріжжя, 2023. 34с
44. ІОП № 06.31-2023 для завантажувача термічних печей ЦХП. ПАТ «Запоріжсталь». Запоріжжя, 2023. 38с

45. ІОП № 06.32-2023 для терміста проката і труб термічного відділення ділянки термообробки жерсті ЦХП. ПАТ «Запоріжсталь». Запоріжжя, 2023. 43с

46. Малін О.Л. SWOT-аналіз середовища інноваційно-орієнтованого інфраструктурного державно-приватного партнерства / О. Л. Малін // Економіка: реалії часу. Науковий журнал. – 2020. – № 3 (49). – С. 94-107. – Режим доступу до журн.:<https://economics.opu.ua/files/archive/2020/No3/94.pdf>. DOI: 10.15276/ETR.03.2020.12. DOI: 10.5281/zenodo.4646117.

47. Рибак С.М., Колянко О.В., Миронов Ю.Б. Діагностика стейкхолдерів ТзОВ «Львівська пивна компанія» // Електронний науковий вісник «Керівник.ІНФО». - URL: <https://kerivnyk.info/2013/09/rybak.html>

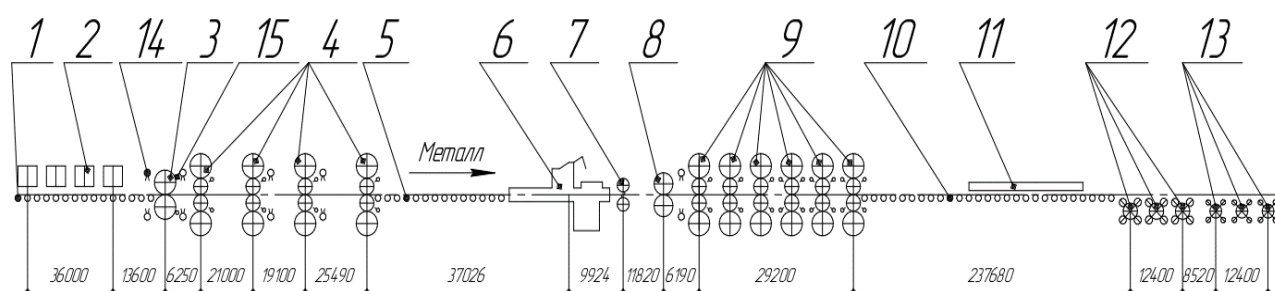
48. Стандарт підприємства СТП 15-96 Пояснювальна записка до курсових і дипломних проектів. Вимоги і правила оформлення, ЗНТУ, 1997.

49. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної магістерської дипломної роботи для студентів спеціальності 132 "Матеріалознавство" усіх форм навчання. /Укл.: І.М. Лазечний, В.Я. Грабовський, Ю.І Кононенко, О.В. Лисиця – Запоріжжя: НУ “Запорізька політехніка», 2019. - 38 с.

ДОДАТОК А

Гаряча деформація

Схема БТЛС 1680 ЦГП



1. Рольганг пічний нижній

2. Методичні печі №1,2,3,4

3. Клеть ДУО

4. Чернові кліті

5. Проміжний рольганг

6. ППУ Коіл-Бокс

7. Летучі ножиці

8. Чистовий окалиноломатель

9. Чистові кліті

10. Рольганг за чистовими клітями

11. Установка охолодження смуг

12. Моталка №1,2,3

13. Моталка №1,2,3

14. Система гидросбиву окалини

15. Система охолодження валків

ДОДАТОК Б

Відсортування гарячекатаного прокату за дефектами змотування

Період	Проконт рольова но	Не обв'язані рулони		Обв'язані рулони							
				Роспушені, розбіг витків		Телескопичні сть		Заворот крайки		М'яті кінці	
				Тис.т	%	Тис.т	%	Тис.т	%	Тис. т	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Т _{зм} =550- 600°C	552,977	29,278	5,3	0,552	0,1	2,891	0,5	5,051	0,9	0,310	0,056
Т _{зм} = 530- 580°C	1081,129	51,694	4,8	1,411	0,1	2,752	0,3	8,486	0,8	0,174	0,016

ДОДАТОК В

Витрати природного газу на регенерацію ВТР

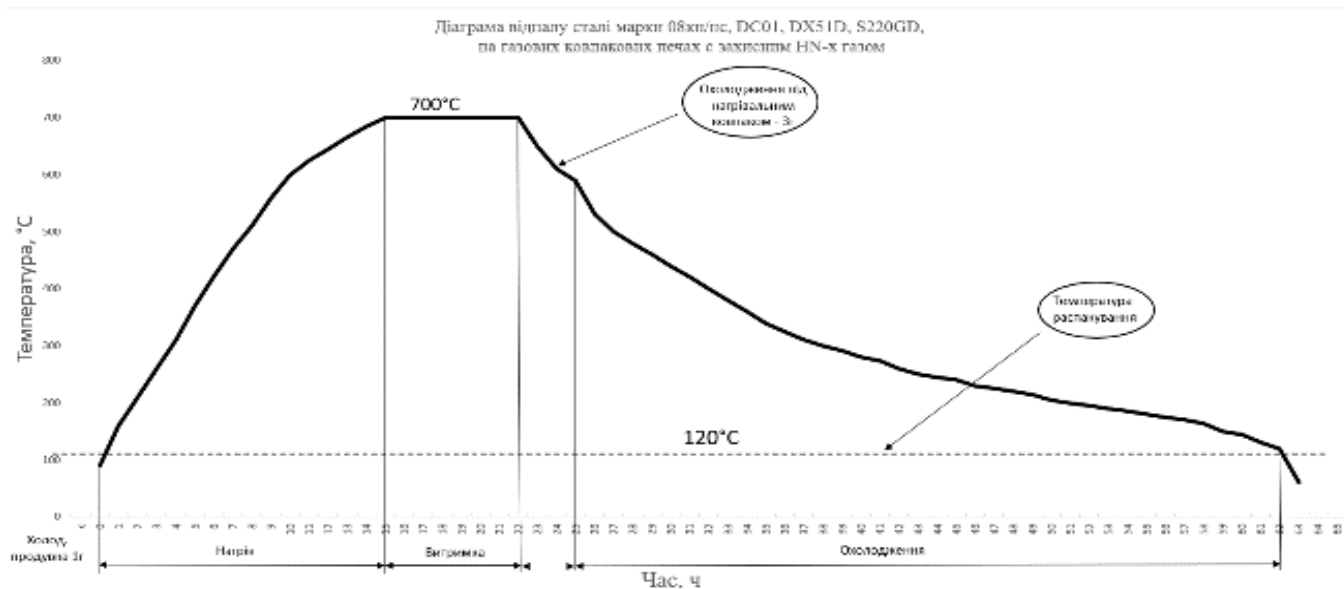
Період	Середній переріз смуг, мм	Виробництво придатного	Виробництво БТА-4	Кількість ОТР прийнятого с БТА-4	Питома кількість ОТР на тону програвленого	Кількість переданого в БТА-4 регенера	Питома витрата регенера на 1 тону програвленого	Витрата газу	Витрата газу на 1м ³ ВТР	Витрата газу на 1т програвленого
		т/рік	т	м ³	м ³ /т	м ³	м ³ /т	м ³	м ³ /м ³	м ³ /т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Т _{зм} = 550- 600°C	2,9x1165	130,7	589914,8	28256,2	0,048	32210,2	0,055	3696144	135,4	6,269
Т _{зм} = 530- 580°C	2,9x1157	134,3	1234593	57463,3	0,047	63630,4	0,052	7450022	135,1	6,080

Чад металу в опитний і порівняльний періоди

Період	Виробництво БТА-4	Чад	Залізо в окалині	Технологічний чад
	т	кг/т	кг/т	кг/т
Т _{зм} = 550-600°C	589914,8	7,063	5,86	1,20
Т _{зм} = 530-580°C	1234593	6,760	6,02	0,74

ДОДАТОК Г

Режим відпалу холоднокатаних рулонів



ДОДАТОК Д

Мікроструктура відпаленого прокату сталі марки 08кп та DC01

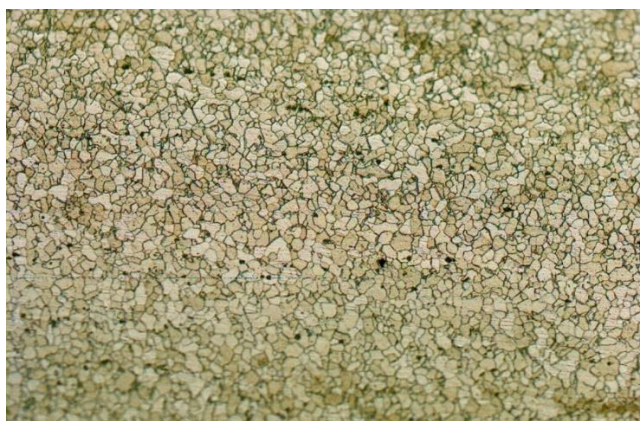
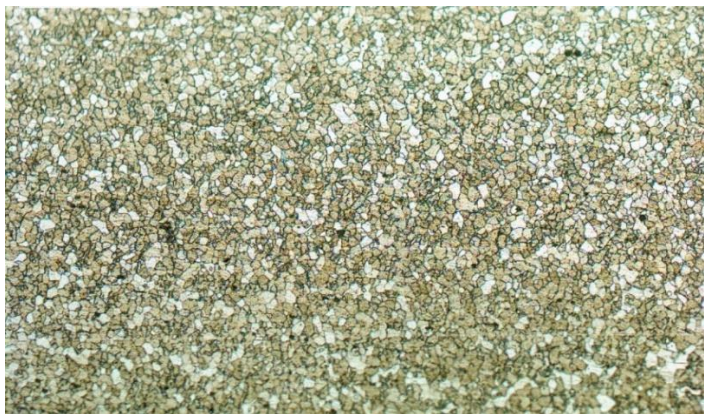
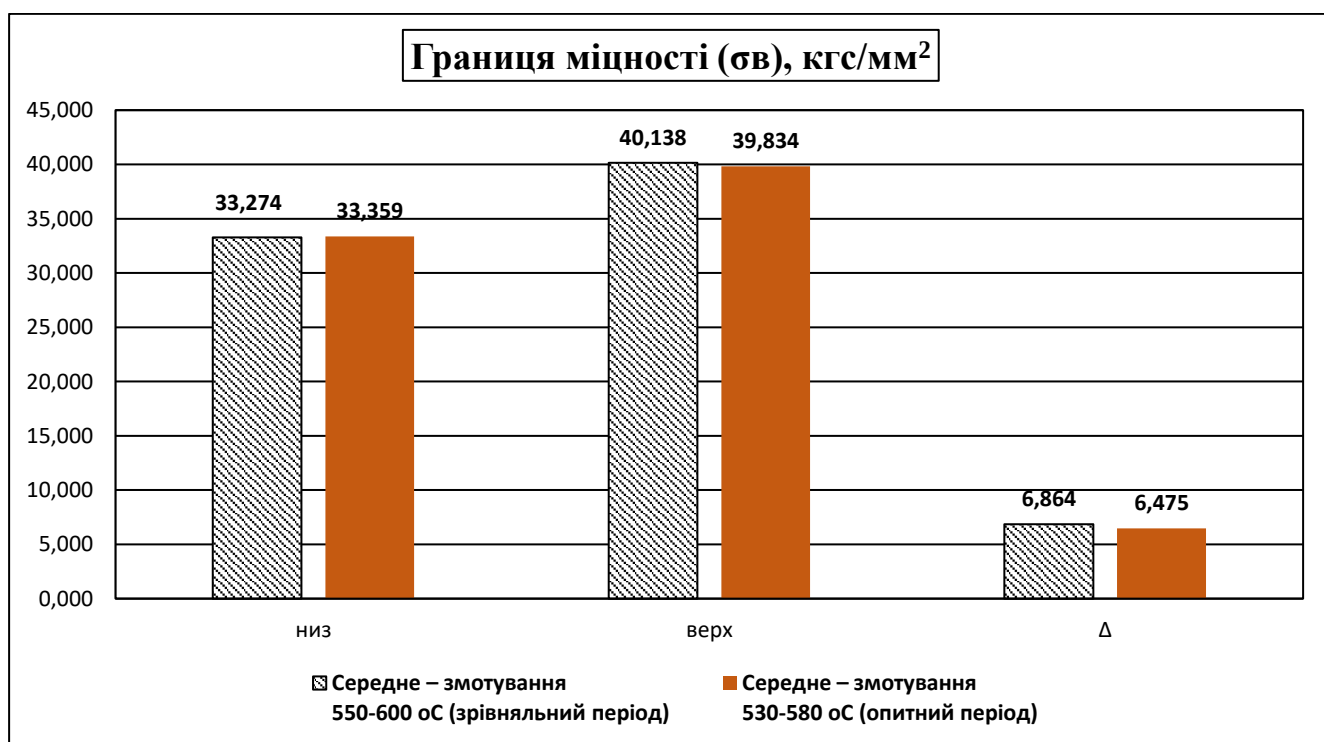
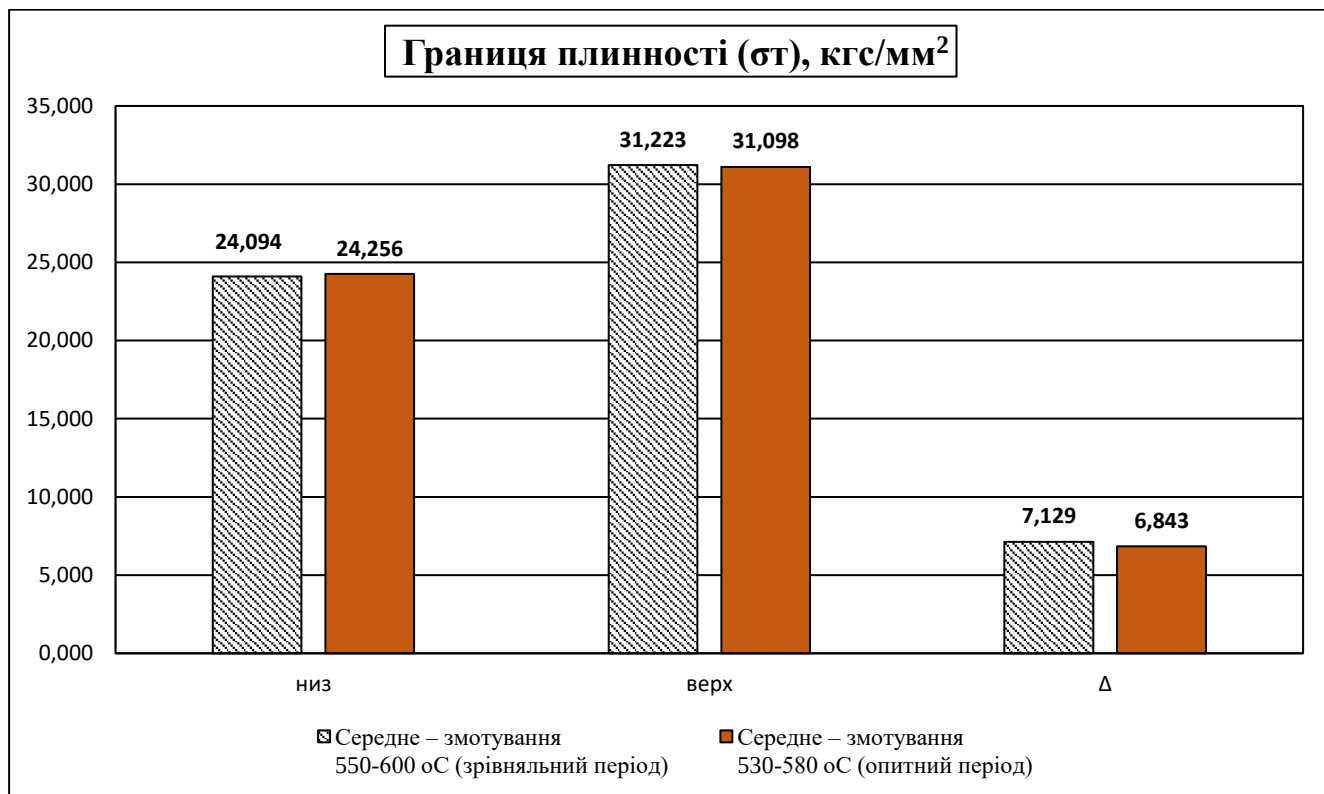


Рисунок 3.13 - Структура відпаленого прокату – рекристалізоване зерно фериту ($\times 200$)

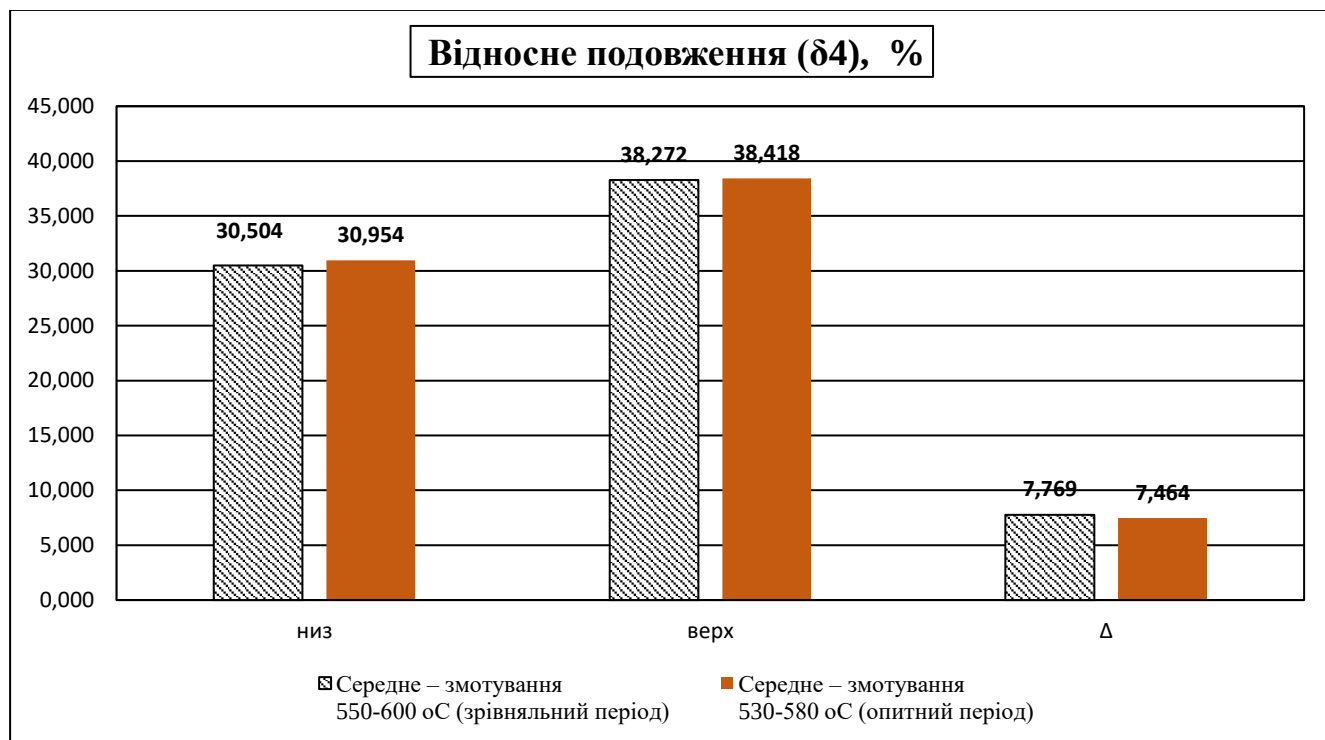
Бал зерна відповідає 9, 9-8 балу згідно ДСТУ 8972:2019, шкала 1

ДОДАТОК Е

Механічні властивості холоднокатаного прокату



Кінець додатку Е



ДОДАТОК Ж

Економічний ефект

Розрахунок зменшення собівартості продукції на переділі «Травлення»

1.1 Економія газу на переробку зменшеної кількості зливів ВТР на УРСК БТА-4 розраховується за формулою:

$$\text{Газ (Е)} = P * \Delta K_{\text{втр}} * V * C$$

де P – виробництво БТА-4 у 2020 р, тон. За 2020 рік виробництво прокату БТА-4 склало 985940 т.

$\Delta K_{\text{втр}}$ - зменшення кількості відпрацьованих травильних розчинів у дослідному періоді, розраховується за формулою:

$$\Delta K_{\text{втр}} = K_{\text{втр зрів}} - K_{\text{втр досл}}, \text{ м}^3/\text{т};$$

де $K_{\text{втр зрів}}$ - кількості ВТР у дослідному періоді, дорівнює 0,047 м³/т;

$K_{\text{втр досл}}$ - кількість ВТР у дослідному періоді, дорівнює 0,048 м³/т;

V - середня витрата газу на переробку 1 м³ ВТР у дослідний період – 135,1 м³;

C - вартість 1 м³ газу, дорівнює 11,82 грн/м³.

$$\text{Газ (Е)} = 985940 \times (0,048 - 0,047) \times 135,1 \times 11,82 = 1\,574\,429,844 \text{ грн}$$

1.2 Економічний ефект від зниження чаду в БТА-4 у дослідному періоді розраховується за формулою :

$$\text{Угар(Е)} = (\text{Угпор} - \text{Угоп}) \times P \times \Pi / K_{\text{дрес}}, \text{ грн};$$

де Угоп – чад металу в БТА-4 у дослідний період, кг/т, дорівнює 6,760 кг/т;

Угпор - чад металу в БТА-4 у порівняльний період, кг/т, дорівнює 7,063 кг/т;

P - виробництво НТА-4 за 2020 рік, дорівнює 985 940, т;

Π – втрати маржинального прибутку за січень 2020 р, 3769,9 грн/т.

$K_{\text{дрес}}$ - коефіцієнт витрати металу в дресирувальному відділенні, дорівнює 1,043 т/т;

$$\begin{aligned} \text{Угар (Е)} &= (7,063 - 6,760) \times 985\,940 / 1000 \times 3769,9 / 1,043 = \\ &= 1\,079\,788,35 \text{ грн/рік.} \end{aligned}$$

1.3 Загальна економія від зниження температури змотування в ЦГП з 550÷600°C до 530÷580°C становить:

$$E = \text{Угар (Е)} + \text{Газ (Е)}, \text{ грн};$$

$$E = 1\,079\,788,35 + 1\,574\,429,84 = 2\,654\,218,19 \text{ грн/рік.}$$