

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет автоматизації виробництва та цифрових технологій
Кафедра автоматизації, електро- та робототехнічних систем

«Допущено до захисту»
Гарант ОПП

М.Штода

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання
освітньо-професійної програми
«Сучасні технології прокатного виробництва»
за спеціальністю 136 Металургія

на тему «Удосконалення технологічних режимів обтиснення
штаб для автомобільної промисловості на стані тандем 1680
ПрАТ "Запоріжсталь"»

Керівник роботи

Ю. Доброносів

Консультант від
бази практики

Р. Глуховській

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело*

Здобувач

Лось Сергей
Геннадьевич

Подпись аноцифровой подписью:
Лось Сергей Геннадьевич
Дата: 2024.01.23 13:13:33 +02'00'

С.Лось

Підсумкова оцінка за атестацію			
--------------------------------	--	--	--

Голова ЕК

О. Курпе

Запоріжжя 2024

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет	<u>Гірничо-металургійний</u>
Кафедра	<u>Металургії, матеріалознавства та організації виробництв</u>
Ступінь вищої освіти	<u>Магістр</u>
Спеціальність	<u>136 Металургія</u>
ОПП	<u>Сучасні технології прокатного виробництва</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОПП

Максим ШТОДА

«15» грудня 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Лося Сергія Геннадійовича

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи Удосконалення технологічних режимів обтиснення штаб для автомобільної промисловості на стані тандем 1680 ПрАТ "Запоріжсталь"
керівник роботи Доброносів Юрій Костянтинович, доцент, канд. техн. наук,

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

затверджені наказом Університету від 29.08. 2023 р. №137.1/29.08.2023

2. Термін подання роботи 08.01.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи матеріал – вуглецеві і леговані сталі, розміри – товщина 0,5 -1 мм, ширина 1000-1500 мм, продуктивність по розміру 0,5x1000 мм – 500 тис.т.
Джерела інформації: навчальна література, державні стандарти, методична література зі спеціальних дисциплін та дипломування, науково-дослідницькі роботи з тематики холодної прокатки смуг, літературні джерела, технологічні інструкції, дані ПАТ «Запоріжсталь» м. Запоріжжя, результати власних експериментів та досліджень тощо

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Анотація. Зміст. Вступ. 1. Літературний огляд (аналіз стану питання). 2. Загальна частина (склад обладнання, технологічний процес на стані тандем 1680 3. Спеціальна частина (Розрахунки та оптимізація режимів прокатки, розрахунки продуктивності, розрахунки вузлів робочої кліті). 4. Науково-дослідницька частина (аналіз отриманих результатів, пропозиції з вдосконалення технологій та обладнання) 5. Економічне обґрунтування запропонованих рішень . Заходи з техніки безпеки та охорони праці. Висновки. Перелік використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Склад обладнання стану тандем 1680, робоча кліть, вузол валків

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта

7. Дата видачі завдання 05.12.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Розділ 1. Аналіз предметної області	25.12.2023 – 28.12.2023
2	Розділ 2. Постановка задач автоматизації та обґрунтування запропонованої структури комп'ютерної системи управління	25.12.2023 – 28.12.2023
3	Розділ 3. Реалізація запропонованої системи автоматизації	28.12.2023 – 02.01.2024
4	Розділ 4. Економічне обґрунтування запропонованої системи автоматизації	03.01.2024 – 07.01.2024
5	Висновки, перелік посилань, вступ, зміст, реферат	07.01.2024 – 08.01.2024
6	Подання завершеної роботи. Перевірка на академічний плагіат	08.01.2024 – 10.01.2024
7	Остаточне оформлення роботи, презентаційного матеріалу, автореферату	10.01.2024 – 16.01.2024
8	Рецензування завершеної роботи. захист	16.01.2024 – 24.01.2024

Здобувач

Лось Сергей Генг адьевич

Подписано цифровой подписью: Лось Сергей Генг адьевич
Дата: 2024.01.23 13:13:56 +02'00'

(Сергій ЛОСЬ)

Керівник роботи



(Юрій ДОБРОНОСОВ)

РЕФЕРАТ

Робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел, 5 додатків. Загальний обсяг роботи становить 83 сторінки, робота містить 18 рисунків, 12 таблиць. Список використаних джерел складається з 14 джерел.

Холоднокатані смуги і листи товщиною 0,4 – 1,1 мм займають важливе місце на світовому ринку прокату. Тому питання удосконалення технологій холодної тонколистової прокатки є актуальними. Єдиний в Україні неперервний стан холодної прокатки ТАНДЕМ 1680 є застарілим і практично вичерпав резерви модернізації. Удосконалення технології прокатки тонких смуг на стані можливе за впровадженням раціональних розподілів обтиснень по клітках. Величина обтиснення в останній клітці повинна забезпечувати точність готового прокату. Існуючі режими прокатки відповідають цій вимозі. Тому було оптимізовано за критерієм рівномірного завантаження силою прокатки режими обтиснень у перших трьох клітках. Різниця сил прокатки у клітках за новими режимами не перевищує 3-5%. Зниження сумарної потужності при прокатці смуг товщиною 0,5 ... 0,65 мм у середньому становить 0,15 МВт на рулоні. Розглянуто можливість на основі системи автоматизації зменшити довжину некондиційних потовщених кінців смуги з 33 м до 27 м. Для діапазону товщин 0,5 – 1,1 мм це складе у середньому 46 кг придатного на рулон. Очікуваний економічний ефект від впровадження розроблених у роботі заходів складе 21,3 млн. грн у цінах 2022 р. Розглянуто питання техніки безпеки та охорони праці.

ХОЛОДНОКАТАНА СМУГА, НЕПЕРЕРВНИЙ СТАН, РЕЖИМИ ОБТИСНЕНЬ, ЕНЕРГОСИЛОВІ ПАРАМЕТРИ, ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОКАТКИ

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1. Літературний огляд (аналіз стану питання).....	10
2. Технологічна частина (Технологія і обладнання стану тандем 1680).....	20
2.1. Загальна характеристика ЦХП №1 та стану ТАНДЕМ 1680.....	20
2.2. Підготовка металу до прокатки	22
2.3. Обладнання та технологія прокатки на чотирьохкільтовому стані ТАНДЕМ 1680.....	24
2.4. Обробка холоднокатаної смуги	28
3. Спеціальна частина	30
3.1. Вибір режимів обтиснень і розрахунок енергосилових параметрів процесу холодної прокатки.....	30
3.2. Розрахунок продуктивності стану.....	36
3.3. Розрахунки вузлів робочої кліті.....	39
3.3.1. Розрахунок вузла валків на статичну міцність.....	39
3.3.2. Розрахунок елементів гвинтової пари натискного механізму на статичну міцність.....	41
4. Удосконалення технологічних режимів обтиснення штаб автомобільної промисловості на стані тандем 1680 (науково - дослідницька частина).....	43
4.1. Оптимізація режимів обтиснень та аналіз результатів.....	43
4.2. Пропозиції з підвищення ефективності прокатки.....	47
5. ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ.....	51
5.1. Визначення економічної ефективності пропонованих заходів виробництва холоднокатаного прокату.....	51
5.2. Техніка безпеки та охорона праці.....	57

Висновки	62
Список використаних джерел.....	63
Додаток А Сортамент стану тандем 1680.....	65
Додаток Б Результати розрахунків енергосилових параметрів процесу прокатки.....	66
Додаток В Розподіли обтиснень, сили прокатки, потужності прокатки за існуючими і розрахунковими режимами.....	69
Додаток Г Публікація за темою роботи.....	75
Додаток Д Графічні матеріали.....	80

ВСТУП

Актуальність теми роботи. Холоднокатані смуги і листи з вуглецевих сталей товщиною 0,4 – 1,1 мм займають важливе місце на світовому ринку прокатної продукції. Вони широко використовуються для штампування різних складових і виробів в автомобільній промисловості. Виробництво такої продукції найбільш ефективно на чотирьох- та п'ятиклітьових неперервних станах холодної прокатки (НСХП). В результаті військової агресії в Україні лишився тільки один стан цього типу – чотирьохклітьовий стан ТАНДЕМ 1680 МК «Запоріжсталь». Це один із найстаріших НСХП і наразі не відповідає сучасним умовам виробництва практично за всіма показниками. Оскільки можливості реконструкції механічного обладнання стану майже вичерпані, підвищення ефективності його роботи можливе за рахунок вдосконалення технологічних режимів прокатки та оснащення стану система автоматизації з використанням сучасної мікропроцесорної бази. Таке спрямування даної кваліфікаційної роботи обумовлює її актуальність.

Постановка проблеми. Технологічні режими прокатки тонких холоднокатаних смуг в багатьох випадках не забезпечують рівномірного завантаження робочих клітей, що призводить до неефективного використання їхнього потенціалу і до порушень ходу процесу прокатки.

Мета дослідження. Удосконалити технологію процесу холодної прокатки смуг товщиною 0,5 – 1,0 мм за рахунок раціональних розподілів обтиснень по клітях неперервного стану.

Задачі дослідження: проаналізувати рівномірність навантаження робочих клітей прокатного стану для існуючих режимів обтиснень тонкої смуги з вуглецевих сталей

□ розробити технологічні режими обтиснень, які забезпечують рівномірне завантаження перших трьох клітей стану та допустимий прогин валків (поперечну різнотовщинність) у четвертій кліті;

□ виконати перевірку потужностей прокатки по приводах клітей та продуктивності за новими режимами обтиснень по сортаментах стану;

□ проаналізувати відповідність роботи стану сучасним вимогам та запропонувати заходи, спрямовані на вдосконалення технології прокатки та обладнання стану;

□ оцінити економічну ефективність розроблених заходів.

Об'єкт дослідження – неперервний стан холодної прокатки ТАНДЕМ 1680 МК «Запоріжсталь».

Предмет дослідження – технологія холодної прокатки смуг з вуглецевих сталей товщиною 0,5 – 1,0 мм.

Результати та обґрунтування їх новизни / інноваційності.
Для холоднокатаних смуг товщиною 0,5 - 0,65 мм розроблені технологічні режими обтиснень, які забезпечують у порівнянні з існуючими рівномірне навантаження силою прокатки перших трьох клітей неперервного чотирьохклітьового стану холодної прокатки ТАНДЕМ 1680. Різниця сили прокатки по клітях не перевищує 3 – 5%. Вибір обтиснень в четвертій кліті забезпечує одержання потрібної точності прокату за критерієм поперечної різнотовщинності внаслідок прогину валків. Відносні обтиснення в четвертій кліті не перевищують 15%. За новими режимами обтиснень досягнуто зниження сумарної потужності прокатки одного рулону в середньому на 0,2 МВт. Даний ефект має місце при оптимізації режимів саме для тонких смуг, у яких відносні обтиснення в першій кліті менші або незначно відрізняються від обтиснень у другій кліті. В той же час вирівнювання сил прокатки по

клітях для більших товщин (понад 0,8 мм), для режимів яких характерне суттєве перевищення відносного обтиснення у першій кліті у порівнянні з іншими, навпаки призводить до зростання сумарної потужності прокатки, що потребує вирішення питання про доцільність таких заходів. Нові режими обтиснень забезпечують задану продуктивність по досліджених сортаментах.

Запропоновано заходи з вдосконалення роботи стану ТАНДЕМ 1680, які відповідають сучасним фінансовим можливостям підприємства. Зокрема оснащення стану вдосконаленою автоматизованою системою автоматичного обтиснення смуги у складі систем автоматичного регулювання товщини та натяжінь смуги дозволить знизити на 6 м довжину потовщених некондиційних кінців смуги і на 0,18% збільшити коефіцієнт придатного.

1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД (АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ)

У зв'язку із перевагами листового й смугового прокату його виробництво в багатьох країнах випереджає виробництво сталевих виливків, сортового прокату й безшовних труб. На початку століття у загальному обсязі виробництва прокатки частка листового прокату в USA і Японії досягла 60-70%. У нашій країні ця частка до війни становила 36-40%. [1-4]

Одним з економічних видів прокату є холоднокатаний листовий або широкосмуговий. З холоднокатаного листового прокату можна виготовляти досить легкі й різноманітні штамповані й зварені конструкції. Застосуванням зварених конструкцій з листового прокату замість сталевих виливків досягається зменшення їхньої маси в середньому на 30-50%. Зварені труби й багато інших профілів, виготовлені зі смугового прокату, як правило, вдається виконувати більш тонкостінними в порівнянні з гарячекатаними, і їхнє застосування замість останніх знижує витрати металу на 10-15%. [1, 2, 4]

Структура світового попиту на холоднокатаний лист за товщинами має такий вигляд: менше 0,8 мм - 31%; 0,8-1,2 мм – 40%; 1,2-1,6 мм – 17%; більше 1,6 мм – 12%. Найбільший попит має лист товщиною 1,2 мм і менше, на який припадає 71% світового ринку. При цьому товщина, близька до 1,6 мм і більше, потрапляє до сегменту конкуренції з тонким гарячекатаним листом і стає менш конкурентноспроможною.

Найбільша частка у попиті на світовому ринку холоднокатаного листа приходить на автомобілебудування (близько 25%). Іншими значущими галузями споживання є будівництво і виробництво

металовиробів, частка яких становить близько 45% загального споживання холоднокатаного листа. Останнім часом у світі значно зріс попит на холоднокатаний прокат з металевим та полімерним покриттям, яке забезпечує високу корозійну стійкість[1, 2, 4] .

Холоднокатані смуги відрізняються властивостями, які неможна одержати іншими видами прокатки. До них треба віднести можливість одержання товщин в десяті долі міліметрів, високу точність геометричних параметрів, широкий діапазон механічних властивостей, високу якість поверхні [2, 3] .

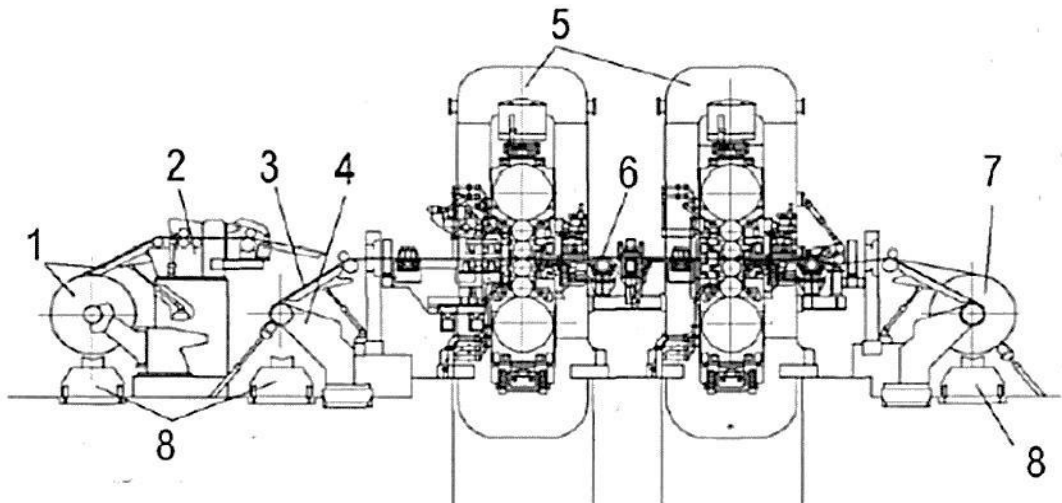
Холоднокатану металопродукцію виробляють в цехах холодної прокатки. Заготовкою є гарячекатані штаби. Повний цикл виробництва включає підготовку заготовки до прокатки, саму прокатку та обробку прокатаних смуг. Підготовку виконують на неперервних травильних агрегатах (НТА) , де з поверхні гарячекатаної штаби видаляють окалину. Далі проводять прокатку на неперервних або реверсивних прокатних станах до одержання смуги потрібних розмірів. Під час холодної прокатки відбувається деформаційне зміцнення металу, і він стає непридатним для подальшої обробки штампуванням, на яке іде більша частина холоднокатаного прокату. Тому на дільницях обробки його насамперед відпалюють у ковпакових печах або неперервних агрегатах відпалу для знеміцнення . Відпалений прокат, що призначений для штампування, підлягає дресируванню. Це прокатка з невеликими, 2-8% обтисненнями, для надання прокату штампувальних властивостей. На агрегатах поперечного і поздовжнього різання смугу ріжуть на листи потрібної довжини або стрічки потрібної ширини. Холоднокатані листи лише в окремих випадках одержують прокаткою, а переважну більшість одержують саме на агрегатах поперечного різання, це є більш економічно доцільним. Значна

частина холоднокатаних смуг підлягає нанесенню металевих та полімерних або комбінованих покриттів. Металеві покриття наносять в агрегатах гарячого або електролітичного цинкування, електролітичного лудіння, алюмінування, свинцювання. Нанесення останніх видів покриттів у гарячий спосіб (з розплаву) є непродуктивним і використовується обмежено. До нанесення неметалевих покриттів відносять фарбування, лакування, нанесення пластмас та полімерних плівок. Нанесення покриттів зазвичай виконують в неперервних агрегатах. Для виправлення дефектів площинності смуг та листів призначені правильні машини. Зазвичай їх встановлюють у лініях різних агрегатів обробки прокату і рідко використовують як окремі технологічні одиниці [2, 4].

Основним агрегатом цеху холодної прокатки, що визначає його сортамент, якість продукції й продуктивність, є стан холодної прокатки. Холоднокатані смуги та стрічки виробляють на неперервних (НСХП) та реверсивних (РСХП) станах холодної прокатки з клітьми кварто. Спеціальні види прокату виробляють на багатовалкових реверсивних станах. [4]

Реверсивні стани холодної прокатки встановлюють у цехах при невеликому обсязі виробництва (50—120 тис. т/рік) із широким сортаментом смуг та стрічок з вуглецевих, легованих і електротехнічних сталей. У ряді випадків реверсивні стани встановлюють у цехах холодної прокатки великої продуктивності на додаток до безперервних станів. Прокатку на цих станах здійснюють у кілька реверсивних проходів, тому на вихідній стороні стана встановлюють моталку, а на вхідній, - крім розмотувача, другу моталку. Більшість реверсивних станів одноклітьові, з продуктивністю 50 – 200 т/рік, однак зараз почали будувати

двохклітьові реверсивні стани з продуктивністю до 700 т/рік (рис. 1.1) .



1-розмотувач з відгиначем; 2 – задавальний пристрій; 3 – підйомний проводковий стіл; 4 – ліва моталка; 5 – робочі кліті; 6 – тензOMETричний ролик; 7 – права моталка; 8 – пристрої для знімання рулонів

Рисунок 1.1 – Двохклітьовий реверсивний стан

Особливу групу реверсивних станів становлять багатовалкові стани. Вони призначені для виробництва тонкої (товщиною 0,1—0,5 мм) і найтоншої (до 1,0 мкм) смуги (стрічки й фольги) із важкодеформуємих сплавів, у тому числі з високовуглецевих і корозійностійких сталей підвищеної твердості. Основною перевагою цих станів є малий діаметр робочих валків (3—50 мм), завдяки чому знижується необхідна сила прокатки й з'являється можливість досягти великого обтиснення за один прохід — до 40—50% і сумарного обтиснення (без проміжної термообробки) до 90%. Вперше такі стани були розроблені на початку 40-х років минулого сторіччя [4, 8].

Основною перевагою РСХП є відсутність обмеження кількості проходів на відміну від НСХП, де кількість проходів дорівнює

кількості робочих клітей. Єдиним обмеженням є наявність пристрою для знімання рулонів з моталок: якщо його мають обидві моталки, обмежень немає, якщо тільки вихідна моталка – кількість проходів непарна.

Неперервні стани холодної прокатки (НСХП) встановлюють у цехах великої продуктивності для випуску смуг і листів спеціалізованого сортаменту. Безперервні стани відрізняються від реверсивних більшим ступенем механізації й автоматизації й більш високими технічними параметрами по масі рулону, швидкості прокатки, потужності головних приводів; продуктивність цих станів вище, ніж у реверсивних і перевищує 0,8 млн. т/рік [4].

Процес «нескінченної» прокатки дозволяє підвищити якість смуги, що прокатується (тобто зменшити різновтовщинність по довжині через стабільність процесу прокатки без перенастроювань стана) і вихід придатного, скоротити витрату валків (по зношуванню) і число трудомістких операцій по заправленню смуги в стан і внаслідок цього збільшити продуктивність стана до 1,5 млн. т/рік, тому що прокатку смуги ведуть із постійною швидкістю й безупинно, знижують її тільки при прокатці зварених швів і при різанні на летучих ножицях.

Безперервні чотирьохклітьові стани кварто (рис. 1.2,а) застосовують для холодної прокатки тонких смуг (мінімальною товщиною 0,4-0,5 мм.) шириною 1370-2350 мм. і масою до 30-35 т; готова продукція призначається в основному для автомобільної промисловості [4].

Відповідно до необхідної ширини смуги довжину бочки валків станів приймають рівної 1525-2500 мм; швидкість прокатки досягає 20-25 м/с.

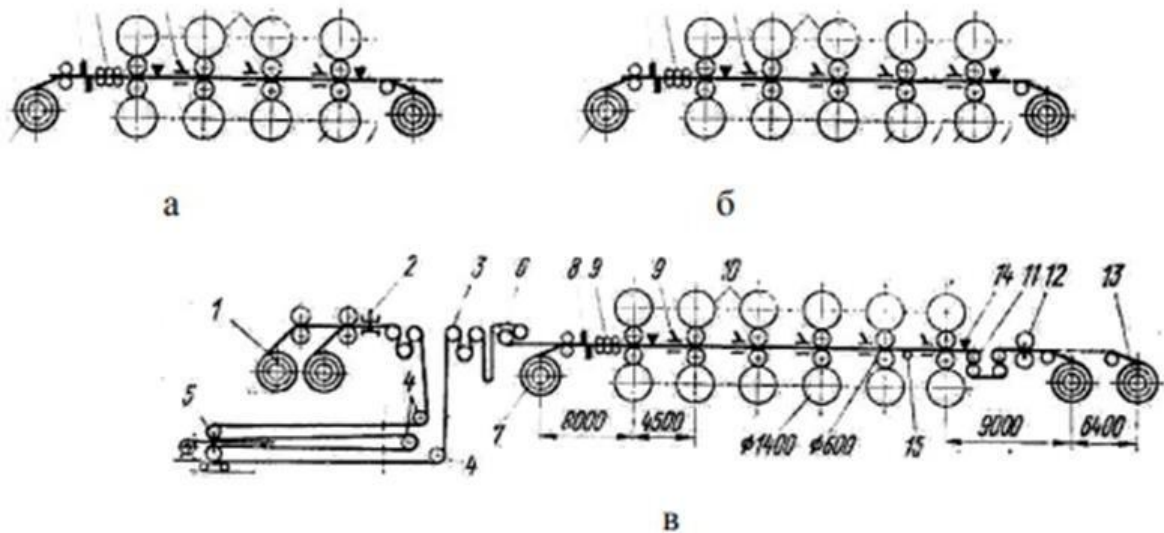


Рисунок 1.2 - Схеми безперервних станів холодної прокатки: чотирьохкільцевого (а), п'ятикільцевого (б), шестикільцевого безкінечної прокатки (в).

Безперервні п'ятикільцеві стани (рис. 1.2,б) застосовують як для прокатки тонких смуг (для автолистів та ін.) мінімальною товщиною 0,38-0,4 мм, шириною до 2150 мм і масою до 40-60 т зі швидкістю до 25-30 м/с при довжині бочки валків до 2000-2200 мм, так і для прокатки жерсті й смуг з електротехнічної (трансформаторної й динамної) сталі мінімальною товщиною 0,15-0,18 мм, шириною до 1300 мм і масою до 15 т зі швидкістю до 30-37 м/с при довжині бочки валків до 1200- 1420 мм [4].

Безперервні шестикільцеві стани (рис. 1.2,в) використовують для прокатки тонкої жерсті товщиною 0,08-1,0 мм, шириною 500-1300 мм і масою до 30-46 т (проектні дані) зі швидкістю до 30-40 м/с (довжина бочки валків-до 1320-1450 мм). Тонку жерсть застосовують у промисловості як готову продукцію (у консервній, хімічній і іншій галузях промисловості) або як підкат для одержання особливо тонкої жерсті товщиною 0,04-0,075 мм [4].

Однією з іноваційних тенденцій в розвитку цехів холодної прокатки є створення неперервних агрегатів шляхом об'єднання в одній технологічній лінії неперервного травильного агрегату та НСХП нескінченої прокатки.

Сучасні НСХП оснащені швидкодіючими гідравлічними натискними механізмами з реакцією на сигнал 0,05 с, що дозволяє зменшувати поздовжню різнотовщинність. Широко використовуються механізми профілювання міжвалкового зазору та їхні комбінації для запобігання виникненню поперечної різнотовщинності та неплочинності прокату [1,2,4].

Економічні розрахунки свідчать, що найбільш ефективними для виробництва холоднокатаної сталевий продукції є безперервні стани типу тандем, які в порівнянні зі станами інших типів вигідніші як за експлуатаційними витратами, так і за первісними питомими витратами. У зв'язку із цим рулонна сталь, тобто метал отриманий на станах типу тандем, звичайно на 7-10% дешевше в порівнянні з такою ж сталлю, але в окремих листах. До цього варто ще додати, що якість листів, прокатаних станах типу тандем, як за допусками, так і за чистотою поверхні вище, ніж на реверсивних станах. [2]

Переходячи до огляду технологій безпосередньо прокатки на неперервних станах з порулонним ритмом прокатки, можна вказати на типову послідовність операцій. Вона складається з подачі протравлених гарячекатаних рулонів до стану, розмотування смуги та задавання її в лінію стану розмотувачем, прокатку переднього кінця на заправній швидкості і задавання його на моталку. Після цього створюється необхідна величина натяжінь, розгін клітей до робочої швидкості і прокатка смуги до заданої товщини зі змотуванням на моталку. Наприкінці прокатки швидкість у клітях знижують до заправної і прокатують задній кінець. Прокатаний рулон

знімають з моталки, водночас наступний рулон завантажується на розмотувач і цикл повторюється. У разі наявності зварних швів швидкість у цих місцях знижують до 3-5 м/с.

Серед технологічних особливостей холодної прокатки слід вказати наступні. Основним є деформаційне зміцнення металу, яке призводить до зростання опору деформації по мірі обтиснення в клітях і зростання сили прокатки. З метою зниження сили прокатки її обов'язково ведуть з натягінням і з використанням технологічних мастил, які дозволяють знизити коефіцієнт тертя до 0,04...0,08 [5]. Причому в літературі є дані про суттєве зниження коефіцієнту тертя при збільшенні швидкості прокатки в діапазоні до 10 м/с, з подальшим зростанням швидкості цей ефект не спостерігається. З метою зниження розігріву металу і валків у якості мастил використовують переважно змащувально-охолоджувальну рідину у вигляді емульсій, хоча вони мають коефіцієнт тертя дещо більший, ніж, наприклад, бавовняна олія та деякі синтетичні мастила. Що стосується натягінь, то їх величину обмежують з метою запобігання розривам смуги. Напруження переднього σ_1 і заднього σ_0 натягінь зазвичай приймають (0,2...0,3) від напружень текучості матеріалу $2K_c$ при прокатці. [2,5].

Швидкості у клітях неперервних станів вибирають відповідно закону сталості секундних об'ємів, який за умов відсутності уширення має вигляд $h_1V_1 = h_2V_2 = \dots = h_nV_n = \text{const}$, де h – товщина металу на виході з кліті, V – швидкість прокатки. Це обумовлено тим, що час прокатки в усіх клітях неперервного стану однаковий [4-6].

Одним з основних завдань при розробці технологій холодної прокатки смуг є розподіл обтиснень по клітях стану. Загальне відносне обтиснення залежатиме від марки сталі (механічних властивостей підкату), числа клітей на НСХП, типу технологічного

мастила, що застосовується, вимог до точності прокату (поперечної та поздовжньої різнотовщинності). До вибору обтиснень існують різні підходи. На рис.1.3 зображені варіанти розподілу обтиснень по клітях для п'ятиклітьових станів [9,10].

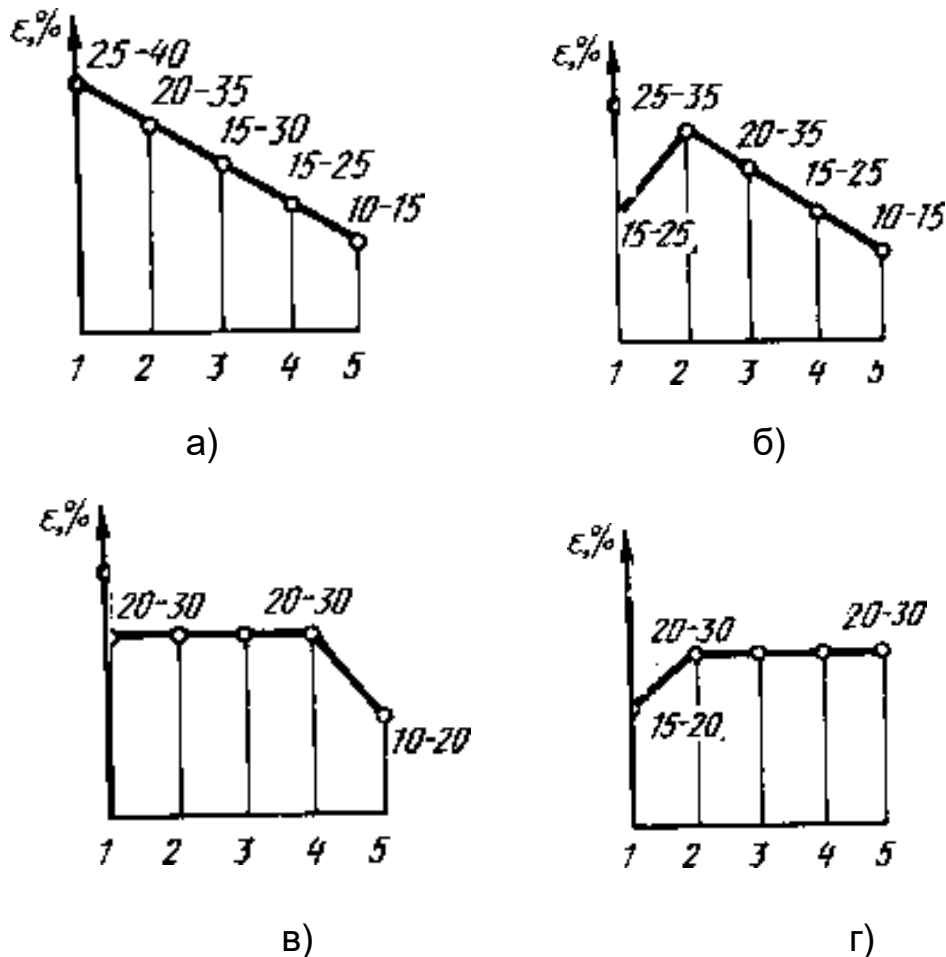


Рисунок 1.3 – Розподіл обтиснень по клітях неперервних станів

Варіант з послідовним зниженням обтиснень по клітях відповідно до зростання деформаційного зміцнення металу (рис. 1.3,а) широко використовується бо дозволяє рівномірно завантажувати кліті. Варіант на рис.1.3,б відрізняється зменшеним обтисненням у першій кліті для вирівнювання поздовжньої різнотовщинності і використовується для прокату мінімальних товщин. Варіанти на рис. 1.3,в,г з рівномірним розподілом обтиснень також іще використовуються, але не є раціональними, оскільки

останні кліті будуть перевантажені у порівнянні з першими. В усіх варіантах, окрім останнього, має місце невелике обтиснення в останній кліті з метою досягнення потребуємої точності прокату за рахунок зниження деформації валків під дією сили прокатки.

Таким чином, сортамент товщиною 0,5 мм з річною продуктивністю 0,5 млн.т/рік можна прокатувати на неперервних чотирьох- та п'ятиклітьових станах. Оцінюючи можливості виробництва в Україні, треба сказати, що з двох чотирьохклітьових станів, які могли прокатувати смугу шириною понад 1000 мм, через військову агресію та знищення стану 1700 у місті Маріуполь, залишається лише стан ТАНДЕМ – 1680 Запорізького металургійного комбінату, стосовно до якого і проведено вдосконалення технологій прокатки. Цей стан є застарілим і практично не відповідає тим сучасним тенденціям і вимогам до обладнання, які були тут розглянуті. Найбільш доцільним з точки зору підвищення ефективності його роботи є саме вдосконалення технологічних режимів прокатки

2 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

(ТЕХНОЛОГІЯ І ОБЛАДНАННЯ СТАНУ ТАНДЕМ 1680)

2.1 Загальна характеристика ЦХП №1 та стану ТАНДЕМ 1680

Безперервний 4-клітьовий стан ТАНДЕМ 1680 реконструйований в 1963р. на базі встановленого в 1939 р. 3-клітьового стана холодної прокатки. В процесі реконструкції була змонтована четверта кліть і збільшена потужність приводу, що дало змогу підвищити швидкість прокатки з 2,5 до 10 м,с.

Стан встановлений в цеху холодної прокатки ЦХП 1(рис. 2.1). Окрім нього в цеху встановлені також реверсивні одноклітьові стани 1680 та 1200 та два неперервні чотирьохклітьові вузькосмугові стани 650 та 450. В цеху також встановлені агрегати для підготовки та обробки прокату, а саме, неперервний травильний агрегат (НТА) для видалення окалини з поверхні гарячекатаного підкату, дільниця ковпакових печей для відпалу нагартованих холоднокатаних смуг, два одноклітьові дресирувальні стани 1700, агрегати поперечної та поздовжньої різки прокату, обладнання для обробки та лудіння жерсті, дільниці упаковки готового прокату. Обладнання цеху забезпечує повний цикл виробництва холоднокатаних листів і смуг без покриття [6].

Стан ТАНДЕМ 1680 має наступні характеристики [7]:

Матеріал що прокатується – вуглецева сталь:

Межа міцності перед прокаткою до 550 МПа

Межа текучості до 450 – 550 МПа

Зовнішній діаметр рулону – макс. 1600мм., мін 1150 мм.;

Внутрішній діаметр рулону – 750 мм.;

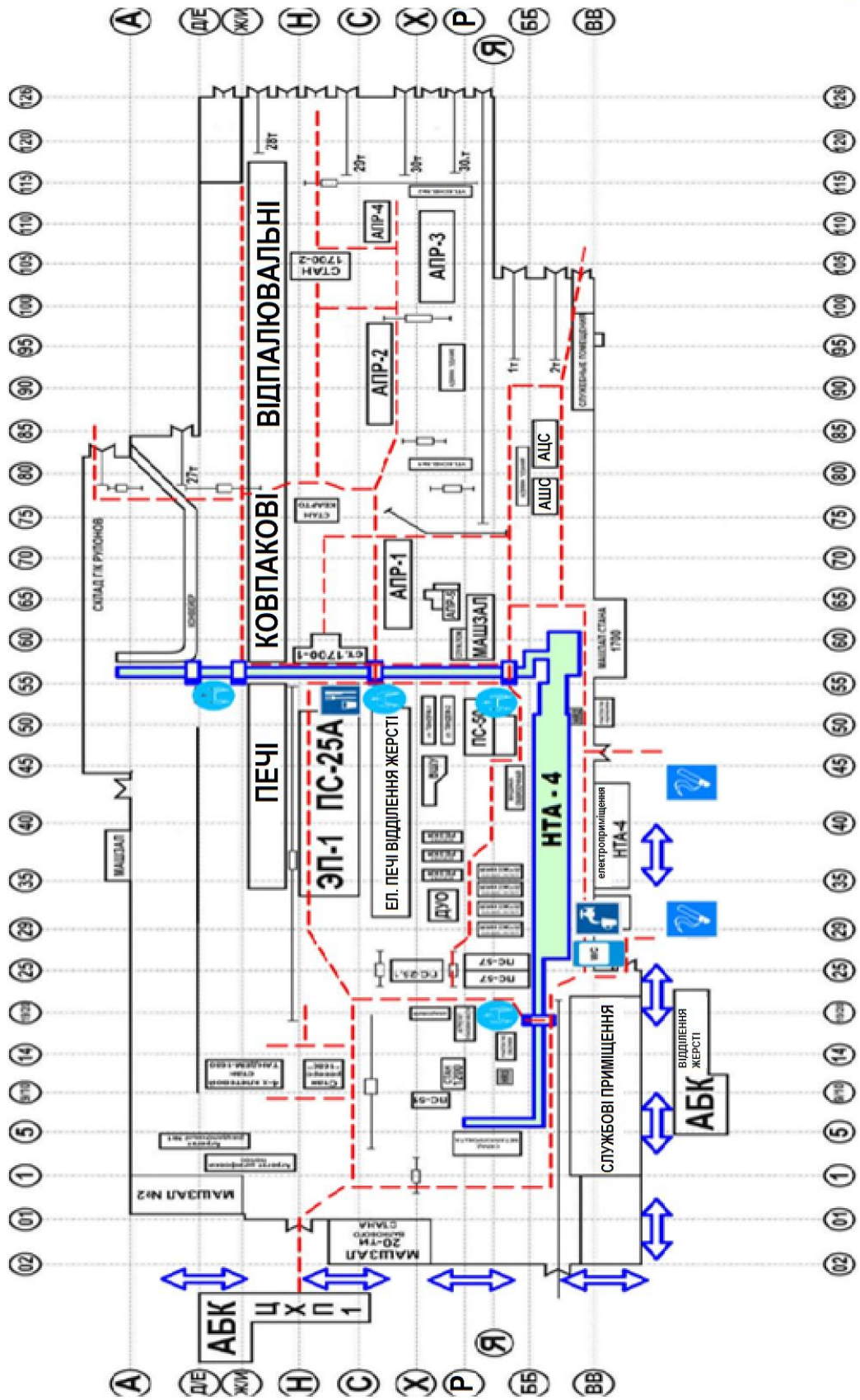


Рисунок 2.1 – Склад обладнання ЦХП №1 МК «Запоріжсталь»

Маса рулону – макс. 15 т.;

Товщина смуги:

до прокатки – 2,0 - 4,0 мм.; після прокатки – 0,5 – 2,0 мм.;

Діаметр робочих валків – 470 – 510 мм.;

Діаметр опорних валків – 1210 – 1300 мм.;

Довжина бочки валків – 1680 мм.;

Швидкість прокатки – макс. – 10 м/с., заправна – 0,5 м/с.;

Максимальна сила прокатки – 20 МН.;

Характеристика електродвигунів робочих клітей наведена в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Характеристика електродвигунів [7]

№ кліті	Потужність двигуна, кВт	Кількість обертів двигуна, об/хв	Струм якоря, А	Швидкість прокатки, м/с
1	3300	110/200	5610	2,75 – 5,0
2	3300	160/280	5580	4 - 7
3	3300/2800	220/330/380	5550/4700	5,0 – 8,3 – 9,5
4	2x1650	200/450	2x2820	5,0 – 10,0

2.2 Підготовка металу до прокатки

Підкатом для стану холодної прокатки є травлена гарячекатана смуга перерізом (2,0 – 4,0) x (783 – 1500) мм. з промасленою поверхнею, змотана в ≤15-т рулон внутрішнім діаметром 760 мм., зовнішнім ≤ 1800мм.

Рулони гарячекатаної смуги з неперервного стану 1680 гарячої прокатки по новому конвеєру гарячекатаних рулонів потрапляють на склад травильного відділення цеху холодної прокатки. Склад і травильне відділення обслуговують чотири електромостових крани

Q=20 т.. Перед прокаткою гарячекатані рулони вуглецевих сталей звичайної якості травлять в сірчаній кислоті на безперервному травильному агрегаті НТА-4.

Основні машини НТА: завантажувальний конвеєр з упором, розмотувач рулонів, чотирьохроликові машини для правки смуг, дресирувальна кліть, правильна машина, кислотна ванна, сушильний пристрій, тягнучі ролики, дискові ножиці з кромкоподрібнювачем, промаслююча машина, відвідний конвеєр.

Лінія НТА розрахована на травлення смуг перерізом (1,5 – 6,0) х (1000 - 2350) мм при внутрішньому діаметрі рулону 1000 мм, зовнішньому 1150-1700 мм, масою 10-25 т. Перед зварюванням у нескінченну заготовку смуги правлять на роликотправильній машині. Після зварювання і видалення ґрату, смуга подається спочатку у дресирувальну кліть для механічного руйнування окалини, а потім у травильні ванни, де відбувається повне хімічне видалення окалини. Протравлена смуга промивається у ваннах та висушується гарячим повітрям. На кінцевій ділянці агрегату нескінчену смугу розрізають промаслюють та змотують у рулони з внутрішнім діаметром 750 мм, зовнішнім ≤ 1950 на моталках.

Швидкість смуги регулюється в межах 75 – 150 м/хв. на вхідній ділянці, 25 - 200 м/хв. при проходженні через ванни, 25-250 м/хв. на кінцевій ділянці.

Від НТА рулони транспортуються відвідним цепним конвеєром в проліт прокатного відділення або до агрегату поперечного різання. Подуктивність НТА складає 130 – 135 т/год.

2.3 Обладнання та технологія прокатки на чотирьохклітьовому стані ТАНДЕМ 1680

Безперервний чотирьохклітьовий стан з послідовним розташуванням клітей має індивідуальні приводи робочих валків від двоякорних електродвигунів через редуктор і шпindelний пристрій. Швидкість прокатки ≤ 10 м/с. Всі кліті однотипні за конструкцією, але мають різні двигуни (див. табл. 2.1). Сумарна потужність головних електродвигунів (включно з моталкою) – 14700 кВт. Обладнання стану включає: приймальний пристрій, поворотний пристрій, скидувач ролонів, розмотувач, роликової преспроводки, робочі кліті, моталки, знімач ролонів, кантувач ролонів, ланцюговий транспортер, механізм перевалки опорних валків, пристрій індексації швів та кінця смуги (рис. 2.2, рис. Д.1 додатку Д).

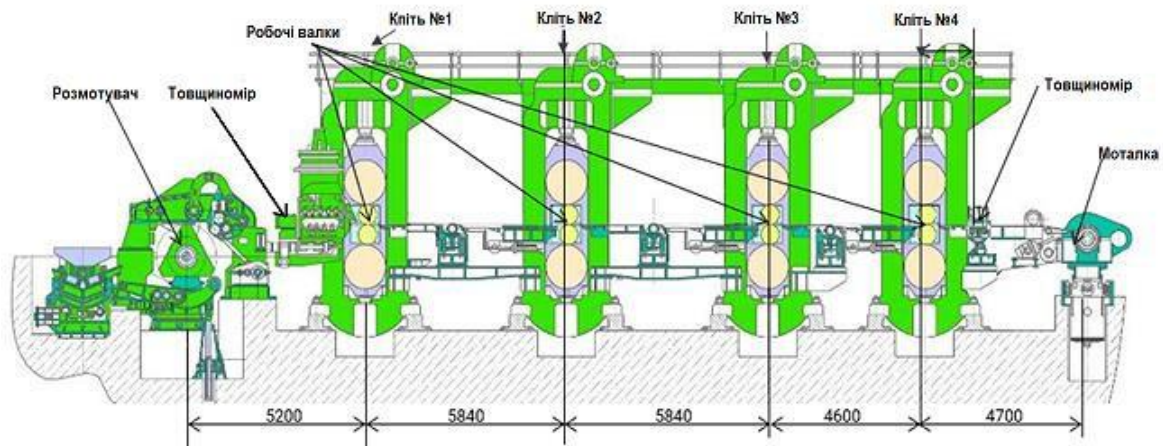


Рисунок 2.2 - Склад обладнання неперервного стану ТАНДЕМ 1680

Всі кліті стану чотирьохвалкові, станини закритого типу виконані за проектом фірми «ЮНАЙТЕД». Натискний механізм: електромеханічний, $N = 46$ кВт, $n = 625$ об/хв. з черв'ячно-гвинтовими передачами із загальним передатним числом 1026.

Швидкість при обтисненні 8 мм/хв., при зворотному ході 12,2 мм/хв .
[7]

Врівноваження робочих і опорних валків гідравлічне. Гідроциліндри плунжерні, розміщені в подушках нижніх робочого і опорного валків, по два у кожній подушці. Тиск у гідросмстемі врівноваження 10,5 МПа.

Гідроциліндри робочих валків кліті №4 виконують функцію протизгину. Мають окрему гідростанцію високого тиску. Величина тиску регулюється в діапазоні 0 – 30 МПа. Діаметр плунжерів 90 мм.

Діаметр бочки робочих валків 470 – 510 мм, довжина – 1680 мм, матеріал валків – сталь 9Х2МФ або 9Х2, міцність HSh 95–100, валки цільнокуті, встановлені на конічних чотирьохрядних підшипниках типу ЦКБ 1817 [7] .

Діаметр бочки опорних валків 1210 – 1300 мм, довжина бочки 1680 мм., валки цільнокуті або бандажировані, бандаж зі сталі 9ХФ твердістю HSh 60–85, вісь зі сталі 45ХНМ.

Робочі кліті оснащені системами змащування. У якості змащувально-охолоджувальної рідини використовують емульсії на основі базових емульсолів «Lubro DLZPS» або «Trenoil S740» з концентрацією 1,5 – 4%. Для подавання емульсії на валки перед кожною кліттю встановлено три секційні колектори з власним підводом емульсії до кожної секції. Розбризування емульсії відбувається через отвори в колекторних трубах. На першій і четвертій пристрої для подавання емульсії встановлені і поза клітями. В четвертій кліті для запобігання потрапляння емульсії на смугу при змотуванні в рулон встановлено спеціальний пристрій – відбійник емульсії у вигляді спеціального повітряного колектору з 12 форсунками [7].

Механізм перевалки опорних валків призначений для заміни опорних валків разом із подушками. Вага валків разом із подушками – 106,6 т., тягнуча сила – 168,8 кН швидкість руху каретки – 2 м/хв, електродвигун – $N = 11$ кВт, $n = 685$ об/хв [7].

Окрім робочих клітей в лінії стану встановлені допоміжні машини та механізми (див. рис.Д.1).

Приймальний пристрій призначений для прийому, накопичення та транспортування рулонів до поворотного столу.

Поворотний пристрій призначений для прийому рулонів з приймального пристрою та повороту осі на 180 градусів з подальшою подачею у скидач.

Скидач рулонів призначений для прийому рулонів та встановлення їх відносно повздовжньої осі розмотувача і скидання рулонів у люльку розмотувача.

Розмотувач призначений для правильного встановлення рулону відносно повздовжньої осі стану, повороту рулону в положення, яке забезпечує можливість захвату зовнішнього кінця смуги відгиначем і подачі його прес-проводку. На стані встановлений двохконусний розмотувач з голівками діаметром 710 мм, максимальна сила затискання рулонів 100 кН. Розмотувач оснащений електромагнітним відгиначем смуги з опорними роликами.

Роликова прес-проводка призначена для створення натяжіння смуги перед першою кліткою в процесі прокатки. Діаметр притискного пневмоциліндра – 1000 мм., хід штока – 150 мм., натяжіння, створюване прес-проводкою – 25-60 кН. Вертикальна роликова проводка призначена для центрування смуги по осі стану.

Моталка призначена для змотування прокатої полоси і створення натяжіння смуги при прокатці. Довжина бочки барабану –

1790 мм., діаметр барабану в розжатому стані – 760 мм., зменшення діаметру барабана при знятті рулону – 20 мм., електродвигун - $N = 2000$ кВт, $n = 200/550$ об/хв. Моталка створює натяжіння до 180 кН.

Знімач рулонів виконує знімання рулонів з барабану моталки і подавання його в приймальний жолоб. Максимальний зовнішній діаметр рулону – 1600 мм., швидкість переміщення візку – 0,25 м/с., швидкість підйому люльки – 0,25 м/с.

Кантувач рулонів виконує функцію прийому рулонів та кантування їх у вертикальне положення.

Ланцюговий транспортер призначений для передачі рулонів в термічне відділення цеху [7].

Стан оснащений системами автоматизації з супроводу шва, контролю товщини смуги, точної зупинки кінця смуги на розмотувачі, контролю профілю робочих валків та протизгину робочих валків, регулювання товщини смуги в поздовжньому напрямку, а також трьома системами приготування та подачі пальмової олії або емульсії на смугу в процесі холодної прокатки та системної подачі миючого розчину на всі кліті стану [7].

На стані є такі прилади технологічного контролю: месдозы для вимірювання тиску на валки, вимірювачі натяжіння смуги, товщини смуги, температури валків, тиску рідини в системі гідроприводів, швидкості прокатки та ін.

Технологічний процес на стані складається з наступних операцій. Рулони протравленої смуги подаються транспортером до лінії прокатного стану і краном встановлюються на приймальний пристрій. Далі за допомогою поворотного пристрою та скидача їх по черзі подають у люльку розмотувача стана. Люлька з рулоном підіймається на рівень конусів розмотувача. Конуси зводяться і затискають рулон. Рулон центрують конусами по осі стану,

електромагнітним відгиначем відокремлюють верхній виток смуги від рулону, і тягнучими роликами смуга подається на стаціонарний стіл і на заправній швидкості подається у валки стану. Із захопленням переднього кінця смуги валками на смугу опускається верхня рама прес-проводки. Валки всіх клітей спочатку обертаються із заправною швидкістю (0,5м/с). Смуга проходить кліті, при цьому контролюється її товщина, і задається в моталку.

З метою автоматичного регулювання товщини смуги між клітями встановлені ролики для виміру натяжіння смуги й летучі мікрометри (товщиновимірники за першою й останньою клітями). Між останньою кліттю й моталкою передбачений напрямний ролик. Після заправлення переднього кінця смуги на барабан моталки встановлюють робоче натяжіння (переднє – моталкою, заднє - розмотувачем) швидкість валків всіх клітей збільшують до максимальної робочої швидкості. Процес прокатки рулону триває 5—10 хв і більше залежно від маси рулону. Перед закінченням прокатки швидкість валків зменшують; на заправній швидкості прокатують задній кінець (заднє натяжіння при цьому створюють проводковими столами). Рулон прокатої смуги зіштовхують із барабана моталки на приймальний пристрій і передають на транспортер рулонів [7].

2.4 Обробка холоднокатаної смуги

Прокатана смуга внаслідок деформаційного зміцнення має в залежності від марки сталі межу текучості на рівні $\sigma_T = 650 - 800$ МПа і непридатна для штампування, для якого призначена. Знеміцнення смуги проводять шляхом відпалу у рулонах у ковпакових печах. На ділянці відпалу встановлені ковпакові печі

фірми «Ebneg», які призначені для світлого (безокислювального) відпалу в середовищі інертних газів (75 % H_2 + 25 % N_2 ; 5 % H_2 , 95 % N_2 или 100 % H_2). На дільниці встановлено 252 стенда, згрупованих у 16 блоків [6].

.Для кожної з марок сталей залежно від товщини смуги, якості поверхні та категорії витяжки існують різні програми відпалу. Спочатку на стенд встановлюється садка з трьох рулонів, яка накривається муфелем, що запобігає контакту металу з повітрям. Після перевірки герметичності під муфель подається інертний газ. Потім на стенд встановлюється нагрівальний ковпак та починається відпал, який проходить стадії нагрівання до необхідної температури та витримки при ній. Після завершення стадій нагрівання і витримки нагрівальний ковпак відключається, переноситься на інший стенд і починається процес комбінування повітряно-водяного охолодження до необхідної температури. При температурі $180^{\circ}C$ муфель знімається.

Відпалені рулони надходять на дільницю дресування для надання їм необхідних штампувальних властивостей та необхідної якості поверхні. На дільниці встановлено два дресувальні стани 1700-1 і 1700-2. Стани реверсивні, склад обладнання типовий для таких станів: розмотувач, дресувальна кліть, моталка. Діаметр робочих валків 500 мм, опорних – 1300, довжина бочки 1700 мм. Прокатка ведеться в один пропуск з обтисненням до 2,5% з розмотувача на моталку. Швидкість дресування до 20 м/с.

Холоднокатані листи довжиною 1400 – 3950 мм одержують на агрегатах поперечного різання АПР №1, АПР №2, АПР №3, АПР №4. Така кількість АПР забезпечує задану продуктивність цеху при швидкості різання 2,5 м/с. Агрегати мають типовий склад

обладнання: розмотувач, правильну машину, прмаслювальні ролики, барабанні летучі ножиці, листоукладальники [6] .

Зараз в цеху немає обладнання для нанесення металевого або полімерного покриття на смугу, що виробляється на станах 1680.

Підсумовуючи розгляд обладнання і технології на неперервному стані 1680, можна зазначити обмеженість стану за швидкістю, відсутність сучасних гідравлічних натискних механізмів, розміщення гідроциліндрів механізмів врівноваження у подушках валків, відсутність, окрім останньої кліті, механізмів профілювання міжвалкового зазору. Позитивним є наявність зазначених вище систем автоматизації процесу. Послідовність технологічних операцій є типовою для станів такого типу. Для існуючих режимів обтиснень характерні невелика різниця обтиснень у першій і другій клітях для товщин до 0,7 мм, значна їх різниця для більших товщин, невеликі ($\leq 15\%$) обтиснення у останній кліті [7]. Для виявлення резервів вдосконалення режимів обтиснень надалі проведено їхній розрахунок і аналіз за енергосиловими параметрами.

3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Вибір режимів обтиснень і розрахунок енергосилових параметрів процесу холодної прокатки

Вибір режимів обтиснень є найбільш важливим етапом розробки технології прокатки. Він включає вибір сумарного обтиснення, розбивання обтиснень по клітях, розрахунок енергосилових параметрів.

Вибір сумарного обтиснення при холодній прокатці виконують виходячи з вимог до готової смуги, а саме, структури металу, що обумовлює його механічні і технологічні властивості, а також з урахуванням потужності приводів робочих клітей, технологічних мастил, що використовуються і т.д. Крім того, слід враховувати наявність підкату необхідної товщини зі стану гарячої прокатки.

У таблиці А.1 Додатку А наведений сортамент холоднокатаних стрічок, що випускається на стані 1680 [7]. У якості об'єкту дослідження було обрано сталь 08ю, яка найбільш широко використовується при штампувальних операціях в автомобільній промисловості. Окрім того, вона має значний ступінь деформаційного зміцнення. Крива деформаційного зміцнення сталі 08ю наведена на рис. 3.1. Математичний опис механічних властивостей поліномом третього ступеню (коефіцієнти регресії) отриманий з використанням програми Excel.

Вибір товщин вихідної гарячекатаної заготовки виконували відповідно даних таблиці А.1.

Критерієм оптимальності режимів обтиснень обрано рівномірне завантаження перших трьох клітей по силі прокатки. Завантаження останньої кліті визначимо за умови допустимого прогину валків для

4 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ ОБТИСНЕННЯ ШТАБ ДЛЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ НА СТАНІ ТАНДЕМ 1680 (НАУКОВО - ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА)

4.1 Оптимізація режимів обтиснень та аналіз результатів

З метою рівномірного завантаження силою прокатки робочих клітей стану ТАНДЕМ 1680 були виконані розрахунки з оптимізації режимів обтиснень для декількох сортamentів, вказаних у підрозділі 3.1. Результати розрахунків графічно представлені у вигляді діаграм розподілів відносних обтиснень, сил прокатки та потужностей прокатки по клітях. Для сортamentу 0,65x1250мм (сталь 08ю) вони наведені на рис. 4.1, для сортamentів 0,5x1000 мм та 1,0 x1500мм – у Додатку В.

Слід вказати, що механічні властивості сталей, які прокатують на стані ТАНДЕМ 1680, зокрема, характер деформаційного зміцнення, досить близькі між собою, тому одержані для сталі 08ю результати можна вважати типовими, а їх аналіз характерним і для інших сталей.

У якості цільової функції при оптимізації режимів обтиснень було обрано рівномірний розподіл сили прокатки по перших трьох клітях. Режим обтиснень у четвертій кліті характеризується невеликими відносними обтисненнями, що не перевищують 15%, і обумовлений необхідністю мінімальної пружної деформації робочої кліті взагалі і прогину валків зокрема для одержання необхідних показників точності прокату. Відповідні розрахунки прогину валків для визначення припустимої для цієї деформації сили проведені у підрозд.3.1. Тому четверта кліть виключена з процедури оптимізації.

5 ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Визначення економічної ефективності пропонованих заходів виробництва холоднокатаного прокату

5.2 Техніка безпеки та охорона праці

Стан «ТАНДЕМ» розташований в цеху холодної прокатки №1. В даному цеху є наступне обладнання: прокатні стани, ковпакові печі, агрегати травлення, агрегати різання смуг, крани та транспортери, допоміжне обладнання для обслуговування машин та механізмів.

Всі виробничі фактори поділяються на небезпечні та шкідливі фактори. Небезпечний фактор – це фактор, який може привести до погіршення здоров'я або травматизму. Шкідливий фактор – це фактор, який може привести до погіршення працездатності або вплинути на організм [13].

Для оцінки ризиків робочого місця та кожної технологічної операції, на підприємстві розроблена система оцінки та зниження ризиків в охороні праці та промислової безпеки «Безпечний робочий простір». Організація ідентифікації небезпек та оцінки ризиків на робочих просторах полягає в плануванні процесу, призначенні відповідальних осіб, створенні робочих груп для оцінки ризиків на кожному робочому місці.

До небезпечних і шкідливих факторів стану «ТАНДЕМ» відносять:

1. Рухомі машини та механізми;
2. Рухомі матеріали;
3. Підвищена температура поверхонь;
4. Запиленість;
5. Підвищена температура повітря робочої зони;
6. Підвищене значення напруги в електричній мережі;
7. Відсутність або недостатнє освітлення робочої зони;
8. Підвищений рівень інфокрасної радіації (теплове випромінювання);
9. Гострі кромки, шорсткість поверхні заготовок, інструментів та приладів;
10. Розташування робочого місця на висоті відносно рівня підлоги.

Для цехів холодної прокатки важливими для перевірки умов охорони праці є норми аерації, рівня шуму (акустичний розрахунок) та норми електричної безпеки (занулення та заземлення).

Дотримання умов, що отримані в процесі атестації робочих місць, забезпечує належний рівень промислової гігієни та безпеки праці на робочих місцях [13,14].

Основне джерело шуму на ділянці прокатного стану – заправка смуги в валки і прокатка. Рівень звукової потужності джерела, що створює найбільший для робочого місця шум, визначаються за паспортними даними джерела шуму, та дорівнює 90 дБ. Характер шуму – широкосмуговий. Для кабіни управління прокатним станом з мовним зв'язком по телефону нормативний рівень звукового тиску по ГОСТ 12.1.003 – 83 дорівнює 83дБ.

Пил який потрапив до організму через органи дихання, осідаючи на шкірі, призводить до подразнення шкіри. Гранично

допустима концентрація певної шкідливої речовини в повітрі робочої зони приміщення 0,1 мг/м³, СО (500 мг/м³).

Гранично допустимі концентрації:

- для залізомісткого пилу ГДК = 6 мг/м³;
- для чадного газу ГДК = 20 мг/м³;
- для вуглекислого газу ГДК = 2000 мг/м³.

При виробництві однієї тонни смуги в прокатному цеху виділяється:

- залізомісткого пилу - 75 мг/т;
- чадного газу СО₂ - 50 мг/т;
- вуглекислого газу - 10000 мг/т.

Для створення необхідного повітрообміну передбачена загальнообмінна природна вентиляція.

Напруга, що наводиться в кабелях, залежить від конструкції кабелів, виду навантажень, конструкції роз'ємів, якості монтажу кабелю і зовнішніх умов при його експлуатації. З'єднувальні кабелі для захисту прокладають в земляних траншеях під цементною або бетонованою підлогою будівлі або розміщують в сталеві коробки, які заземляють. Раціональніше використати кабелі з високим коефіцієнтом екранування і з високою електричною і механічною міцністю. Для запобігання виходу з ладу електричних мереж, слід встановлювати прилади автоматичного відключення їх при утворенні перенапружень

Одним з методів захисту радіоелектронних систем від дії сильного електромагнітного випромінювання є застосування металевих екранів.

Велику увагу приділяють огороженню небезпечних зон. Зони з постійно діючими небезпечними факторами (ДБН А.3.2.2/НПАОП 45.2-7.02) огорожують захисними (запобіжними) огороженнями.

Зони з потенційно небезпечними факторами, огорожувати сигнальними огороженнями.

Оскільки окремі елементи системи можуть мати різні значення коефіцієнта безпеки, то стійкість системи в цілому характеризуватиметься мінімальним значенням коефіцієнта безпеки елементів, що входять до її складу.

Основні напрямки забезпечення безпечних умов праці:

1. Забезпечення відповідності чистоти повітря та параметрів мікроклімату наказу МОЗ від 14.07.2020 № 1596 «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони»
2. Забезпечення відповідності освітлення робочої зони вимогам ДБН В.2.5-28-2006 «Природне та штучне освітлення»;
3. Забезпечення відповідності рівня шуму на робочому місці ДСН 3.3.6.037-99 «Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку»;
4. Забезпечення відповідності рівня вібрації на робочому місці ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації»;
5. Дотримання ПУЕ «Правила улаштування електроустановок»;
6. Дотримання НПАОП 27.0-1.01-08 «Правила охорони праці в металургійній промисловості»;
7. Дотримання НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці в прокатному виробництві підприємств чорної металургії»;
8. Дотримання НПАОП 0.00-1.80-18 «Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв та відповідного обладнання»;

9. Забезпечення функціонування інтегрованої системи менеджменту якості, енергоефективності, охорони праці та екології, яка відповідає вимогам міжнародних стандартів ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001 и ISO 50001

ВИСНОВКИ

1. Вдосконалення технології прокатки тонких смуг на неперервному стані холодної прокатки ТАНДЕМ 1680 можливе шляхом впровадження раціональних розподілів обтиснень по клітках стану.
2. Величина обтиснення в останній клітці повинна забезпечувати точність готового прокату за рахунок мінімізації прогину валків. Існуючі режими прокатки відповідають цій вимозі.
3. Оптимізовано режими обтиснень у перших трьох клітках за критерієм рівномірного завантаження силою прокатки. Різниця сил прокатки між клітками за розробленими режимами не перевищує 3-5%. Зниження сумарної потужності при прокатці смуг товщиною 0,5 мм склало 0,37 МВт на рулоні, смуг товщиною 0,65 мм – 0,03 МВт на рулоні.
4. Впровадження автоматизованої системи керування натискними механізмами та натяжіннями на базі сучасної мікропроцесорної техніки дозволить окрім загального підвищення точності прокатки зменшити довжину некондиційних потовщених кінців смуги з 33 м до 27 м, що для діапазону товщин 0,5 – 1,1 мм складає у середньому 46 кг придатного на рулон.
5. Очікуваний економічний ефект від впровадження розроблених у роботі заходів складе 21,3 млн. грн. у цінах 2022 р.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. [Jingwei Zhao](#), [Zhengyi Jiang](#) Rolling of Advanced High Strength Steels: Theory, Simulation and Practice/ Taylor & Francis: Routledge and CRC Press, 2021, 644 p
2. William L. Roberts Cold Rolling of Steel.- New York and Basel: CRC Press, 1978. -808 p.
3. <https://metal-holding.ua/ua/blog/holodnokatanye-listy-osobennosti-metalloprokata>
4. Ніколаєв В. О. Технологія виробництва сортового та листового прокату : підручник. Частина II / В. О. Ніколаєв, В. Л. Мазур. – Запоріжжя : ЗДІА, 2000. – 220 с.
5. Іванченко Ф.К. Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів / Ф.К. Іванченко, В.М.Гребеник, В.І.Ширяєв . – К.: Вища шк., 1995. – 455с
6. <https://zaporizhstal.com/ru/press-centr/novosti/ceh-holodnoj-prokatki1/>
7. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни “Технологічні лінії и комплекси металургійних цехів”. /Укл.: В.А. Федорінов, Е.П. Грибков. – Краматорськ: ДДМА, 2014. -
8. Analysis of rolling force in cold rolling mill / Li Y., Jiang Z., Li F. Revue de Metallurgie. СІ. 2009. № 2. P. 69–73.
9. Беняковский М. А. Производство автомобильного листа/ М.А. Беняковский, В.Л. Мазур, В.И. Мелешко - М.: Металлургия, 1979 – 256 с.
11. Ёрфорт І. Ю. Оцінювання ефективності проектних рішень : навчальний посібник [для студентів спеціальностей: 122

"Комп'ютерні науки та інформаційні технології", 131 "Прикладна механіка", 133 "Галузеве машинобудування", 136 "Металургія", 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка", 151 "Автоматизація та комп'ютерноінтегровані технології"] / І. Ю. Єрфорт, Ю. В. Дегтярьова, О. Ю. Єрфорт. – Краматорськ : ДДМА, 2017. – 211 с

12 <https://minfin.com.ua/currency/usd/>

13 Чижиков Г. І. Охорона праці в галузі : курс лекцій для студентів спеціальності "Металургійне обладнання" / Г. І. Чижиков, С. А. Гончарова, Ю. К. Доброносів. - Краматорськ : ДДМА, 2004. - 140 с.

14. НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці в прокатному виробництві підприємств чорної металургії»;

СОРТАМЕНТ СТАНУ ТАНДЕМ 1680

Таблиця А.1 Марки сталі, початкові та кінцеві розміри смуг, що прокатуються на стані Тандем 1680 [7]

Група сталей	Марка сталі	Розміри холоднокатаних смуг, мм		Товщина підкату, мм	Документи, що регламентують хімічний склад
		товщина	ширина		
I	08ю, 08пс, 08кп, 10пс 10кп, DS 01 DS 51D Ст1пс Ст1кп	0.5	1000-1030	2,0	ДСТУ 7809.2015
		0.6	1000-1250	2.2	ДСТУ 2651.2005
		0.65	1000-1250	2.3	(ГОСТ 380.2005)
		0.7	1000-1250	2.5	ГОСТ 9045-93
		0.8...0.9	1000-1500	2,7	EN 10130.2006
		1.0...1.3	1000-1500	3.0	EN 10346.2015
		1.4...1.6	1000-1500	3,5	
		1.7...2.0	1000-1500	3,8	
II	15пс,15кп Ст0,Ст2пс Ст2кп, Ст3пс Ст3кп	0.8...0.9	1000-1250	2.5	ДСТУ 7809.2015
		1.0...1.3	1000-1250	2,7	ДСТУ 2651.2005
		1.4...1.6	1000-1500	3.0	(ГОСТ 380.2005)
		1.7...2.0	1000-1500	3,5	
III	10, 15, 20кп,20пс 20,25 Ст3сп	0.7	1000-1250	2.0	ДСТУ 7809.2015
		0.8...0.9	1000-1250	2.3	ДСТУ 2651.2005
		1.0...1.3	1000-1450	2.5	(ГОСТ 380.2005)
		1.4...1.6	1000-1500	2,7	
		1.7...2.0	1000-1500	3.0	
		Ст5пс	1,5	1000-1250	3.0
	1,6	1000-1250	3.2		
IV	09Г2 09Г2Д	1.0...1.2	1000-1250	2,7	ДСТУ 8541.2015
		1.3...1.5	1000-1250	3.0	
		1.6...2.0	783-1250	3,5	
	10ХНДП	1.0...1.2	1000-1200	2,7	
		1.3...2.0	982-1250	3.0	
V	10Г2	1.5	1000-1200	2,7	ДСТУ 7806.2015
		2.0	1000-1200	3.2	

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ ЕНЕРГОСИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ
ПРОЦЕСУ ПРОКАТКИ

Матеріал – сталь 08ю Сортамент 0,5x1000 мм

Таблиця Б.1 - Існуючий режим прокатки

	Кліть №1	Кліть №2	Кліть №3	Кліть №4	
	1	2	3	4	
h_0	2,00	1,30	0,82	0,58	
h_1	1,3	0,82	0,58	0,5	
ε	35,0	36,9	29,3	13,8	
P_{cp} , МПа	573,7	914,4	1115,0	999,4	
P , МН	8,65	12,74	12,90	8,13	
M , кНм	102	159	95	40	
N , МВт	1,37	3,39	2,85	1,38	8,98
V , m/sec	3,08	4,88	6,90	8,00	

Таблиця Б.2 - Оптимізований режим прокатки

	Кліть №1	Кліть №2	Кліть №3	Кліть №4	
	1	2	3	4	
h_0	2,00	1,10	0,79	0,58	
h_1	1,1	0,79	0,58	0,5	
ε	45,0	28,2	26,6	13,8	
P_{cp} , МПа	644,8	931,7	1027,6	999,4	
P , МН	11,01	11,08	11,06	8,13	
M , кНм	162	103	80	40	
N , МВт	2,57	2,27	2,39	1,38	8,61
V , m/sec	3,64	5,06	6,90	8,00	

Матеріал – сталь 08ю Сортамент 0,65x1250 мм

Таблиця Б.3 - Існуючий режим прокатки

	Кліть №1	Кліть №2	Кліть №3	Кліть №4	Σ
	1	2	3	4	
h_0	2,30	1,50	1,05	0,75	
h_1	1,5	1,05	0,75	0,65	
ε	34,8	30,0	28,6	13,3	
P_{cp} , МПа	619,6	797,9	897,7	876,4	
P , МН	10,00	10,53	10,44	7,09	
M , кНм	135	123	94	44	
N , МВт	2,03	2,65	2,85	1,52	9,05
V , m/sec	3,47	4,95	6,93	8,00	

Таблиця Б.4 - Оптимізований режим прокатки

	Кліть №1	Кліть №2	Кліть №3	Кліть №4	Σ
	1	2	3	4	
h_0	2,30	1,47	1,05	0,76	
h_1	1,47	1,05	0,76	0,65	
ε	36,1	28,6	27,6	14,5	
P_{cp} , МПа	631,5	795,7	888,3	882,4	
P , МН	10,38	10,21	10,18	7,35	
M , кНм	145	114	90	47	
N , МВт	2,23	2,46	2,68	1,64	9,01
V , m/sec	3,54	4,95	6,84	8,00	

Матеріал – сталь 08ю Сортамент 1,0х1500 мм

Таблиця Б.5 - Існуючий режим прокатки

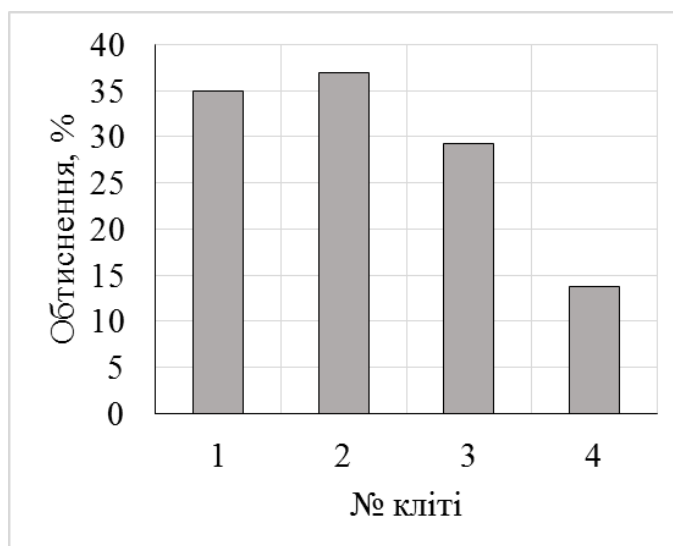
	Кліть №1	Кліть №2	Кліть №3	Кліть №4	Σ
	1	2	3	4	
h_0	3,00	1,90	1,42	1,13	
h_1	1,9	1,42	1,13	1	
ε	36,7	25,3	20,4	11,5	
P_{cp} , МПа	600,2	718,7	750,3	757,5	
P , МН	16,68	14,31	12,34	9,40	
M , кНм	261	168	105	78	
N , МВт	3,41	3,60	2,83	2,38	12,24
V , m/sec	3,00	4,93	6,19	7,00	

Таблиця Б.6 - Розрахунковий режим прокатки

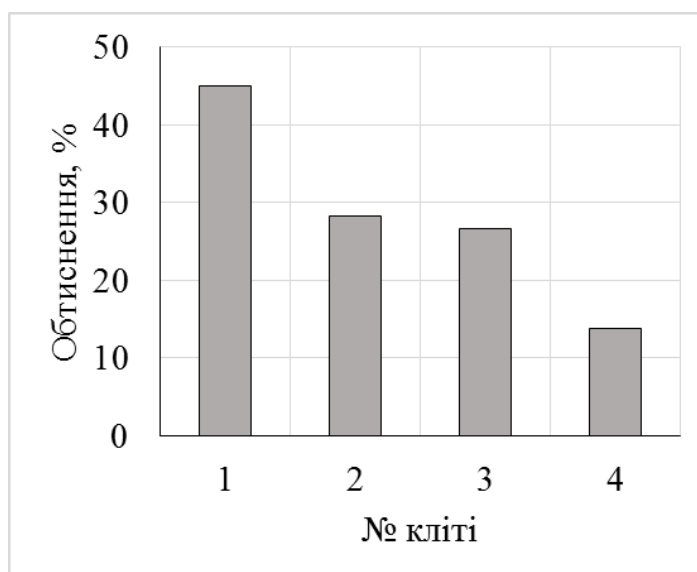
	Кліть №1	Кліть №2	Кліть №3	Кліть №4	Σ
	1	2	3	4	
h_0	3,00	2,00	1,52	1,17	
h_1	2	1,52	1,17	1	
ε	33,3	24,0	23,0	14,5	
P_{cp} , МПа	573,7	690,0	745,1	758,5	
P , МН	15,20	13,64	13,16	10,30	
M , кНм	217	159	126	97	
N , МВт	3,32	3,19	3,29	2,95	12,74
V , m/sec	3,50	4,61	5,98	7,00	

РОЗПОДІЛИ ОБТИСНЕНЬ, СИЛИ ПРОКАТКИ, ПОТУЖНОСТІ
ПРОКАТКИ ЗА ІСНУЮЧИМИ І РОЗРАХУНКОВИМИ РЕЖИМАМИ

Сортамент 0,5x1000 мм, сталь 08ю

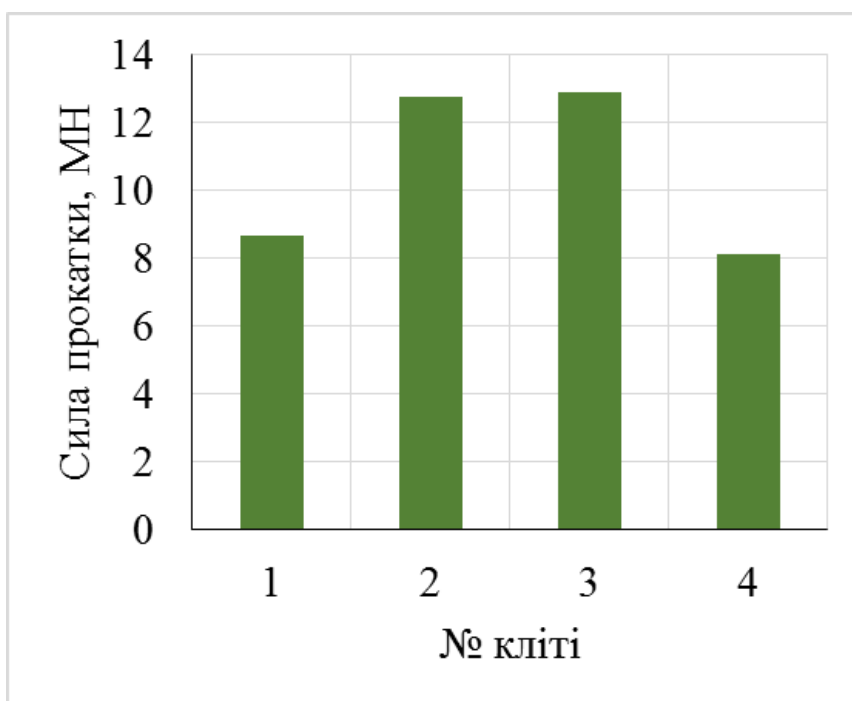


а)

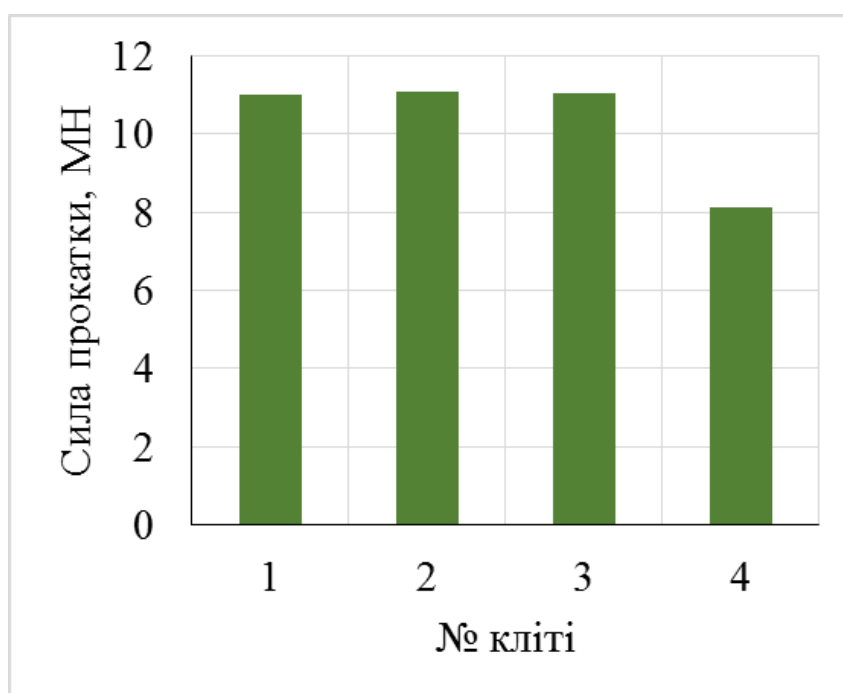


б)

Рисунок В.1 – Розподіли обтиснень за існуючим (а) і розрахунковим (б) режимами



а)

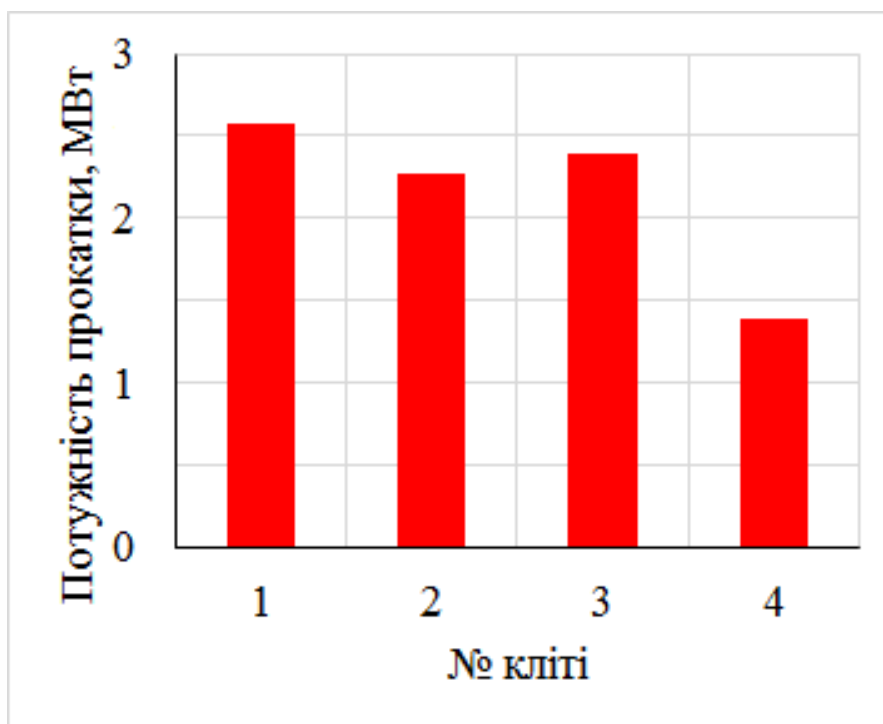


б)

Рисунок В.2 – Розподіли сили прокатки по клітях за існуючим (а) і розрахунковим (б) режимами



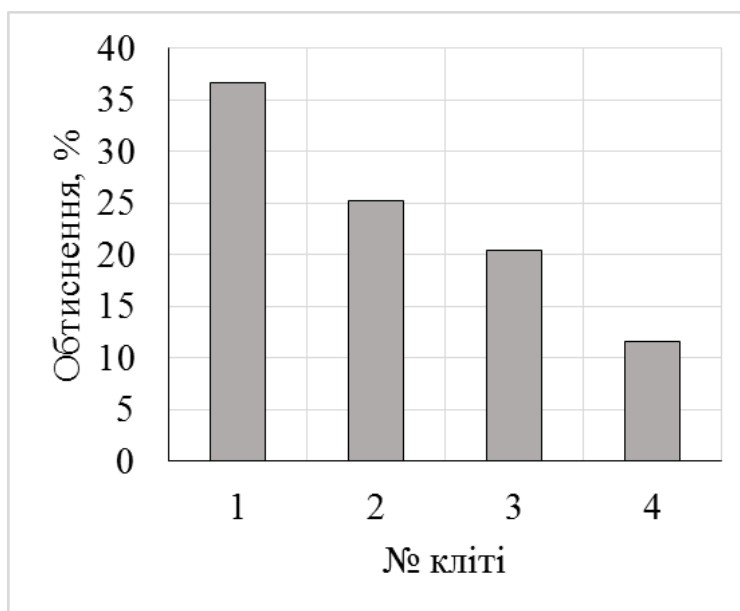
а)



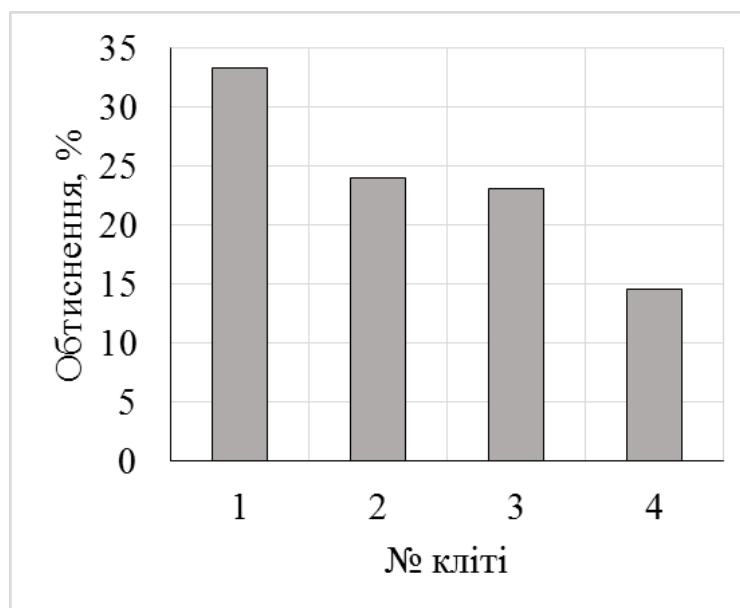
б)

Рисунок В.3 – Розподіли потужності прокатки по клітях за існуючим (а) і розрахунковим (б) режимами

Сортамент 1,0x1500 мм, сталь 08ю

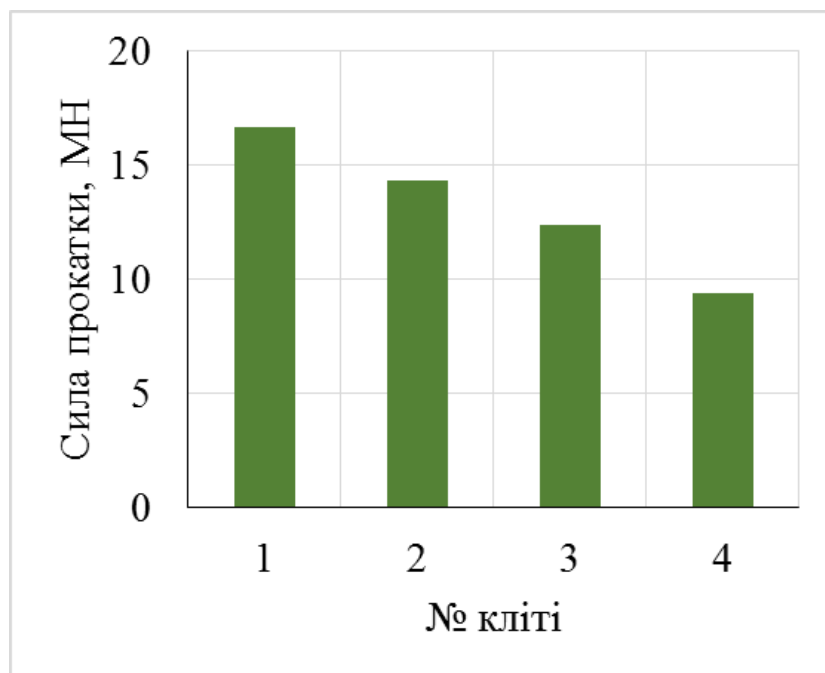


а)

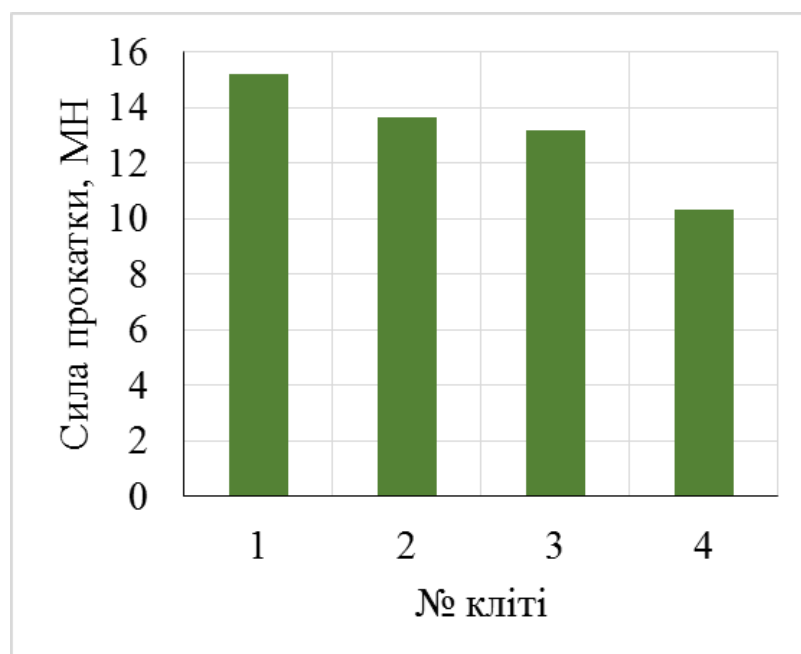


б)

Рисунок В.4 – Розподіли обтиснень за існуючим (а) і розрахунковим (б) режимами



а)

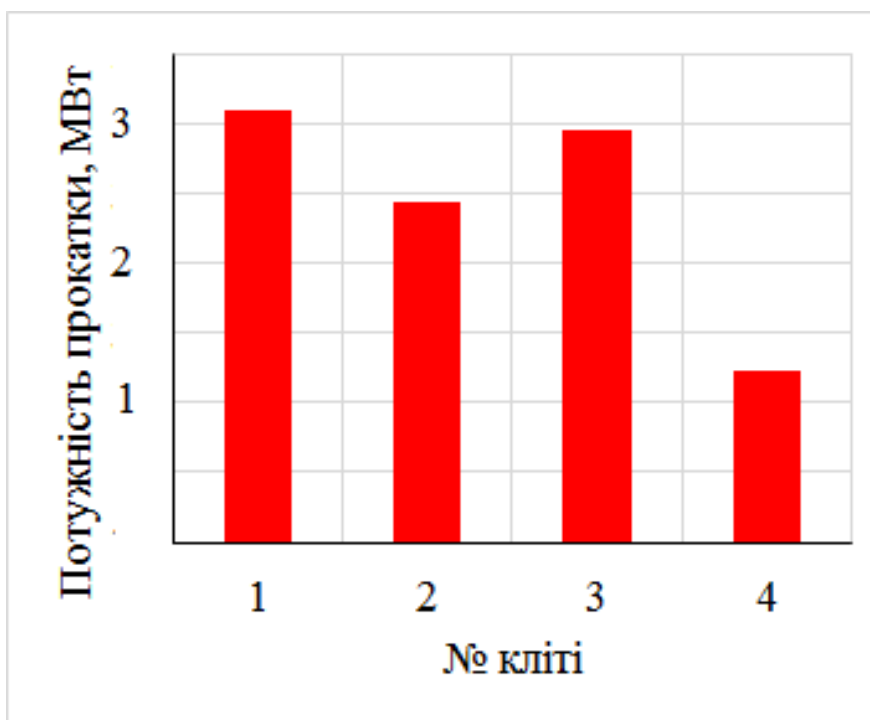


б)

Рисунок В.5 – Розподіли сили прокатки по клітях за існуючим (а) і розрахунковим (б) режимами



а)



б)

Рисунок В.6 – Розподіли потужності прокатки по клітях за існуючим (а) і розрахунковим (б) режимами

Додаток Г

ПУБЛІКАЦІЯ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ



International scientific conference

**MININGMETALTECH 2023 – THE MINING
AND METALS SECTOR: INTEGRATION
OF BUSINESS, TECHNOLOGY
AND EDUCATION**

November 29–30, 2023

Volume 1



CONTENTS

PROSPECTS OF METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE

Theoretical aspects of the causes of the formation of a slag floor
on the surface of the refresh

Bohdan D.S., Malli Kh.V., Stolanov O.M. 12

Power consumption analysis of rutile-cellulose electrodes

Boyko I.O., Pashlinsky V.V., Pashlinska O.G. 14

Organization of energy-efficient blast furnace production with reduced
environmental impact

Boiko M.M., Petrenko V.O. 17

Unified blast furnace air tuyere

Vereshchak V.I., Vereshchak D.V. 20

Improvement of technological conditions for rolling especially thin strips
on the continuous plate mill 1680

Gribkov E.P., Pozhidayev A.V. 24

Physico-chemical characteristics of carbidothermal recovery of chromite
and magnetite concentrates

Hryshyn O.M., Nadtochil A.A., Petrenko V.O. 26

Improvement of the rolling technology of cold-rolled strips
on the plate mill Tandem 1680

Dobronosov Yu.K., Los S.G. 29

Increasing the operational characteristics of equipment for the production
of firebricks aluminum-silicate raw

Dlachenko A.S., Boyko I.O. 31

Refining metal in a tundish from non-metallic inclusions
when blowing it with argon

Yefimova V.G. 34

Evaluation of the efficiency of thermal work of metal receivers
of blast furnaces of different designs

Zhabrovets P.M., Chalka O.L., Kornilov B.V., Lebid V.V. 37

Відновлення обох оксидів у початковому періоді йде одночасно, тоді як за умов змінного температурного режиму спостерігається послідовне відновлення.

Перелік використаних джерел

1. Grishin A.M., Ivashchenko V.P., Nadochiy A.A., Sheheglova I.S. Thermodynamic regularities of obtaining spongy ligatures with low carbon content *Теорія та практика металургії*. № 3-5. 2018. С.10-15.
2. Grishin A.M., Simonov V.K., Sheheglova I.S. Physical and chemical background of solid-phase obtaining of Fe-Cr ligature by gas-carbothermic reduction. INFACON XIV – the fourteenth international ferroalloys congress, Ukraine, Kiev, 1-4 June 2015. V. 2. P. 429-435.
3. Simonov V.K., Grishin A.M. Thermodynamic Analysis and the Mechanism of the Solid-Phase Reduction of Cr_2O_3 with Carbon. Part 1. *Russian metallurgy (Metally) Theory of metallurgical Processes*. Vol. 2013. № 6. 2013. С. 425-429. <https://doi.org/10.1134/S0036029513060153>
4. Simonov V.K., Grishin A.M. Thermodynamic Analysis and the Mechanism of the Solid-Phase Reduction of Cr_2O_3 with Carbon. Part 2. *Russian metallurgy (Metally) Theory of metallurgical Processes*. Vol. 2013. № 6. 2013. С. 430-434. <https://doi.org/10.1134/S0036029513060165>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-7>

IMPROVEMENT OF THE ROLLING TECHNOLOGY OF COLD-ROLLED STRIPS ON THE PLATE MILL TANDEM 1680

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОКАТКИ ХОЛОДНОКАТАНИХ СМУГ НА СТАНІ ТАНДЕМ 1680

Dobronosov Yu.K.

*PhD (Engineering),
Associate Professor,
LLC "Technical university "Metinvest
polytechnic", Zaporizhzhia, Ukraine*

Доброносів Ю.К.

*к.т.н., доцент,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Los S.G.

*student (group 136C-22-1st),
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Лось С.Г.

*студент гр. 136П-22-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Підвищення ефективності роботи устаткування є актуальним завданням для прокатного виробництва. Для застарілого обладнання,

для якого вичерпані резерви модернізації, вирішення цього завдання можливе за рахунок вдосконалення режимів обтиснень. Це безпосередньо відноситься і до безперервного стану холодної прокатки Тандем 1680 Запорізького металургійного комбінату.

Слід вказати, що на деяких станах холодної прокатки досі зустрічаються технологічні режими прокатки з рівномірним розподілом обтиснень по клітках і навіть з меншим обтисненням у першій клітці, хоча давно відомо, що при холодній прокатці внаслідок деформаційного зміцнення металу доцільно зменшувати обтиснення від максимуму у першій до мінімуму у останній клітці [1–3]. Однак і в цьому випадку слід раціонально підходити до розподілу обтиснень по клітках, щоб забезпечити рівномірне навантаження на конструкцію та приводи робочих клітей.

Метою роботи була оптимізація режимів обтиснень при прокатці холоднокатаних смуг на безперервному чотирьохклітьовому стані Тандем 1680. Для цього було розроблено програму на основі скінченно-різницевої моделі холодної прокатки. При цьому для опису механічних властивостей матеріалу використовували поліноміальну залежність опору деформації від обтиснення, а значення коефіцієнтів тертя вибирали на основі досвіду експлуатації обладнання.

У якості цільової функції було обрано рівномірне навантаження робочих клітей силою прокатки. В результаті реалізації програми були розраховані оптимальні режими обтиснень. В якості прикладу наведемо результати для прокатки найтоншого для даного стану сортаменту смуги товщиною 0,5 мм, шириною 1000 мм зі сталі 08лс. В цьому випадку оптимальний розподіл обтиснень по клітках склав $\varepsilon_1=0,34$; $\varepsilon_2=0,29$; $\varepsilon_3=0,27$; $\varepsilon_4=0,25$. Сила прокатки склала 12,5 МН у першій і останній і 12,4 МН у другій і третій клітках при допустимій силі 20 МН, тобто є резерви для додаткової інтенсифікації режимів обтиснень за рахунок, наприклад, збільшення товщини заготовки.

Для порівняння було виконано розрахунки для режимів з довільним розподілом обтиснень ($\varepsilon_1=0,4$; $\varepsilon_2=0,3$; $\varepsilon_3=0,25$; $\varepsilon_4=0,21$) і з рівномірним розподілом обтиснень ($\varepsilon_1=\varepsilon_2=\varepsilon_3=\varepsilon_4=0,291$). У першому випадку розподіли сил прокатки по клітках склала $P_1=15,6$ МН; $P_2=13$ МН; $P_3=11,2$ МН; $P_4=9,8$ МН, а у другому $P_1=10,1$ МН; $P_2=12,3$ МН; $P_3=12,8$ МН; $P_4=14$ МН, тобто різниця у силі прокатки між максимально і мінімально навантаженими клітками склала відповідно 37% та 27%, що свідчить про правильність рішення проведення заходів з оптимізації режимів прокатки. При цьому в усіх випадках потужність зростала від першої до останньої клітки внаслідок збільшення швидкостей прокатки, але не перевищувала допустимі.

Аналогічні рішення доцільно провести для всього сортаменту стану Тандем 1680. Розрахунок техніко-економічних показників виробництва

холоднокатаних смуг показав, що запропоновані деформаційно-швидкісні режими забезпечують задану по сортаменту продуктивність.

Перелік використаних джерел

1. V.L. Mazur Theory and Technology of Sheet Rolling: Numerical Analysis and Applications V.L. Mazur, O.V. Nogovitsyn – CRC Press, 2018. 479 p.
2. Ніколаєв В. О. Технологія виробництва сортового та листового прокату : підручник. Частина II / В. О. Ніколаєв, В. Л. Мазур. Запоріжжя : ЗДІА, 2000. 220 с.
3. Analysis of rolling force in cold rolling mill / Li Y., Jiang Z., Li F. *Revue de Metallurgie*. СІ. 2009. № 2. P. 69–73.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-8>

INCREASING THE OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF EQUIPMENT FOR THE PRODUCTION OF FIREBRICKS ALUMINUM-SILICATE RAW

ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОСНАСТКИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВОГНЕТРИВІВ АЛЮМІНО-СИЛІКАТНОЇ СИРОВИНИ

Dlachenko A.S.

*Student (group 132-22-1st),
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Д'яченко А.С.

*студент гр. 132-22-1ст,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Boyko I.O.

*PhD (Engineering),
Associate Professor, LLC "Technical
university "Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Бойко І.О.

*к.т.н., доцент,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

До вогнетривких відносяться матеріали та вироби, здатні витримувати температуру більше 1580 градусів. В більшості своїй

ГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ

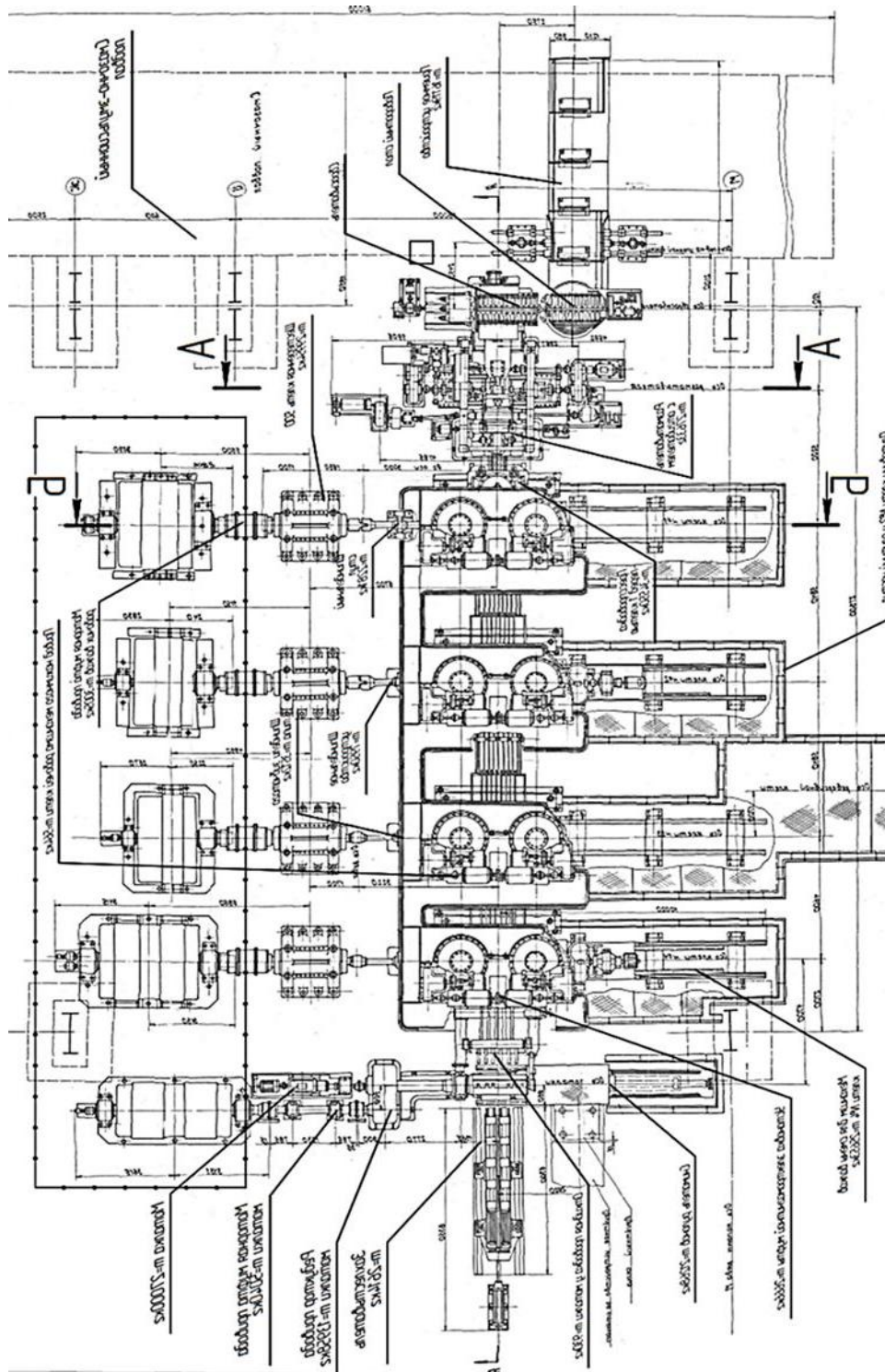


Рисунок Д.1 – План обладнання прокатного стану

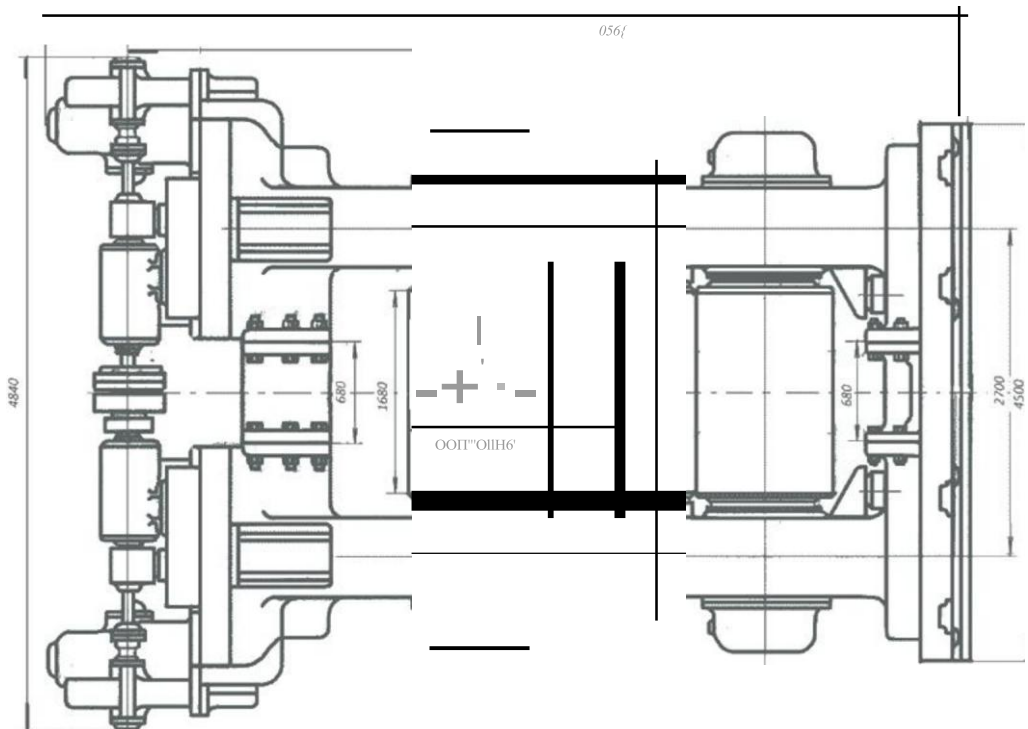
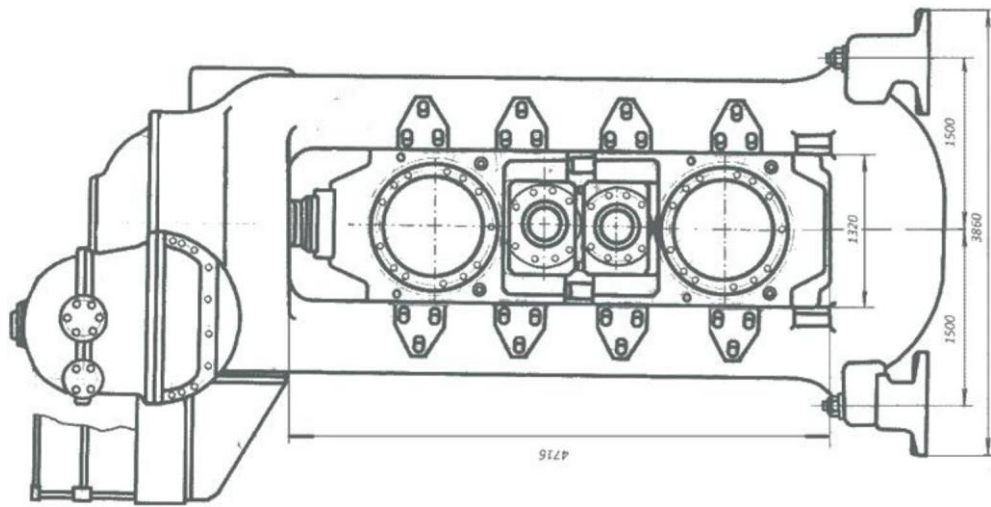


Рисунок Д.2 - Кліть робоча

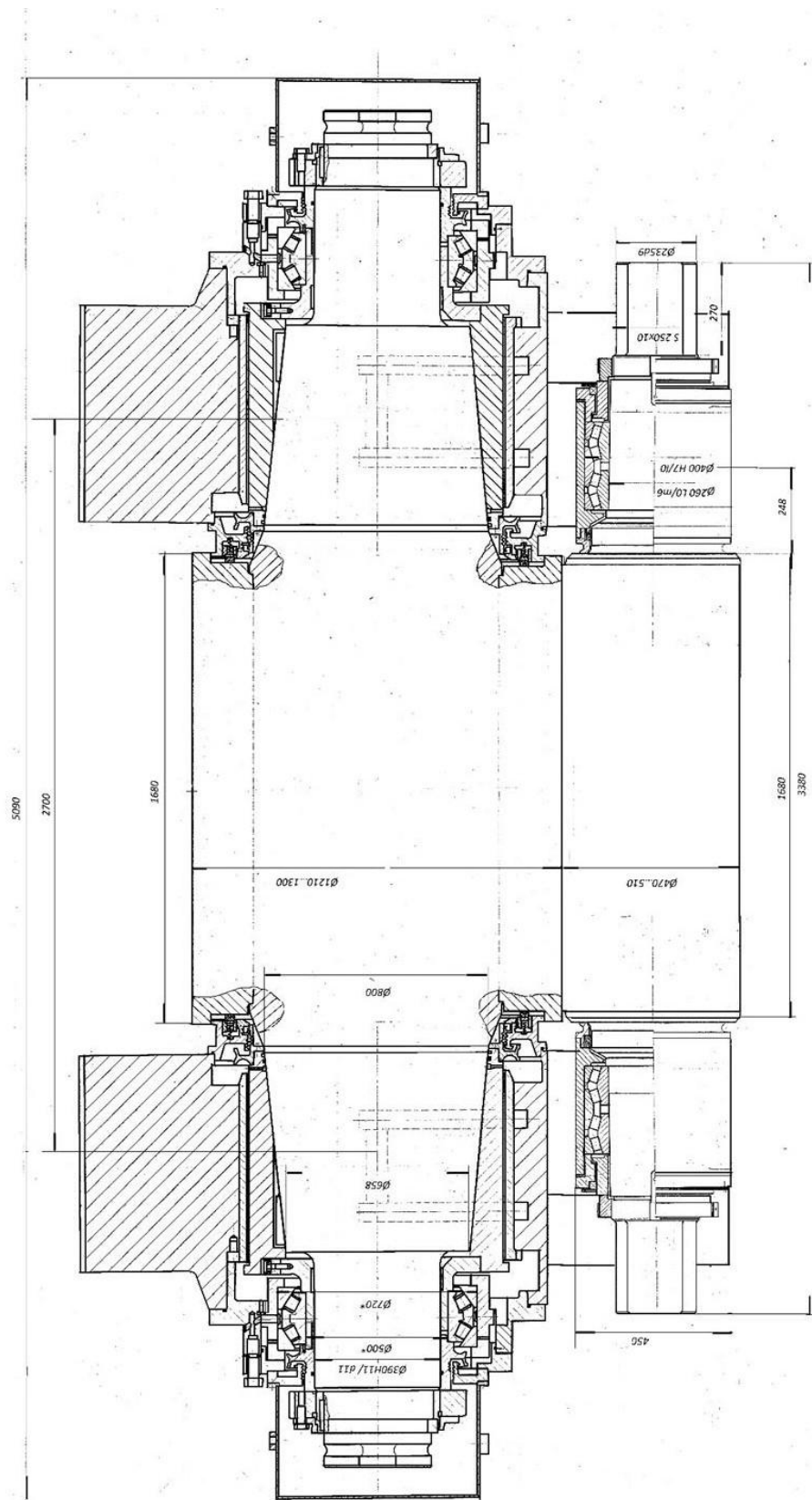


Рисунок Д.3 – Вузол валків верхній

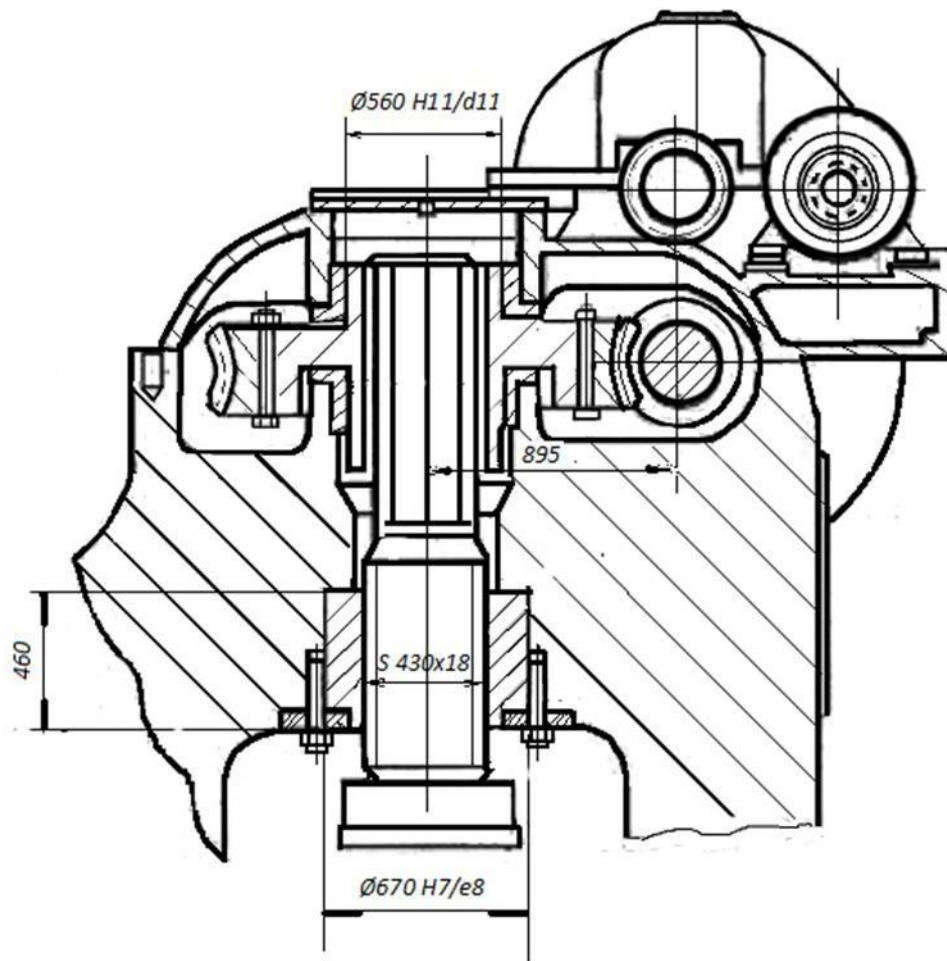


Рисунок Д.4 – Розріз по гвинту натискного механізму