

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Гірничо-металургійний факультет
Кафедра металургії, матеріалознавства та організації виробництва

«Допущено до захисту»
Гарант ОПП

Максим ШТОДА

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра

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

на тему «Розробка технології прокатки особливо тонких полос на
стані НТЛС 1680»

Керівник роботи

Едуард ГРИБКОВ

Консультант від
бази практики

Артем КАЛІНЕВИЧ

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

Здобувач

Андрій ПОЖИДАЄВ

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

Голова ЕК

Олександр КУРПЕ

Запоріжжя 2024

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

| | |
|----------------------|---|
| Факультет | <u>Гірничо-металургійний факультет</u> |
| Кафедра | <u>Металургії, матеріалознавства та організації виробництва</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**

Пожидаєва Андрія Вікторовича

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи Розробка технології прокатки особливо тонких полос на стані НТЛС 1680

керівник роботи Грибков Едуард Петрович, професор, док. 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 Навчальна література, державні стандарти, методична література зі спеціальних дисциплін та дипломування, науково-дослідницькі роботи з тематики прокатка особливо тонких полос, літературні джерела, технологічні інструкції, дані ПАТ «Запоріжсталь» м. Запоріжжя, результати власних експериментів та досліджень тощо.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Анотація. Реферат. Зміст. Вступ. 1. Аналітичний розділ (літературний огляд, недоліки існуючих систем, сучасні тенденції). 2. Технологічний розділ (2.1 Структура виробництва ПАТ «Запоріжсталь 2.2 Опис обладнання 2.3 Склад обладнання 2.4 Технологія нагріву та прокатки 2.5 Прокатка штаб товщиною 1,5 мм 2.6 Відповідність міжнародним стандартам 2.7 Ступінчастий контроль якості, 2.8 Метрологічне забезпечення, 2.9 Обмеження існуючої технології, 2.10 Рекомендації з модернізації технології прокатки. 3. Розрахунковий розділ. 3.1 Вибір режимів обтиснень 3.2 Розрахунок продуктивності, 3.3 Розрахунок станини на міцність, 3.4 Розрахунок валків, 3.5 Розрахунок натискного пристрою 4. Охорона праці. 5. Організаційно-економічна частина. 5.1 Технічна частина, 5.2 Ціна реалізації базової та нової машини, 5.3 Вартість капіталовкладень, 5.4 Фонд часу, 5.5 Річний обсяг продукції, 5.6 Розрахунок прибутку. Висновки, Перелік посилань. Додатки.

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

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 | Реферат, зміст, вступ | 07-08.01.2024 |
| 2 | Розділ 1. Теоретичний розділ (аналітико-пошуковий) | 25-28.12.2023 |
| 3 | Розділ 2. Дослідницький розділ (аналітично-розрахунковий) | 25-28.12.2023 |
| 4 | Розділ 3. Технологічний розділ | 28.01.2023-02.01.2024 |
| 5 | Розділ 4. Охорона праці | 03-07.01.2024 |
| 6 | Розділ 5. Економічний розділ | 03-07.01.2024 |
| 7 | Висновки, перелік посилань | 07-08.01.2024 |
| 8 | Оформлення роботи, презентаційного матеріалу, автореферату | 08-10.01.2024 |
| 9 | Подання завершеної роботи. Перевірка на відсутність академічного плагіату | 10-16.01.2024 |

Здобувач

(Андрій ПОЖИДАЄВ)

Керівник роботи

(Едуард ГРИБКОВ)

АНОТАЦІЯ

Пожидаєв А.В. Розробка технології прокатки особливо тонких штаб на стані НТЛС 1680. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр за спеціальністю 136 Металургія. – ТОВ. «Технічний університет «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Запоріжжя 2024.

В роботі виконано літературний огляд технологічних режимів та обладнання виробництва листового прокату на широкоштабових станах.

Було удосконалено технологію та виконано модернізацію НТЛС 1680 Запорізького металургійного комбінату.

Адекватність розроблених заходів підтверджена розрахунками енергосилових параметрів за допомогою програмного продукту Microsoft Excel також проведені розрахунки на міцність станини, валків та натискного пристрою. Розрахована економічна доцільність модернізації у економічному розділі.

Ключові слова: прокатка, прокатний стан, математична модель, енергосилові обтиснення, гарячекатаний прокат, різнотовщинність, технологія прокатки особливо тонких штаб

ABSTRACT

Pozhidaev A.V. Developing the technology for rolling ultra-thin strips at the 1680 strip mill. – Qualification work on manuscript rights.

Qualification work for obtaining a master's degree in the specialty 136 Metallurgy. - LLC. "Metinvest Polytechnic Technical University", Zaporizhzhia 2024.

In the work, a literature review of technological modes and equipment to produce rolled products on plate mills is performed.

For NTLS 1680 of the Zaporizhzhia Metallurgical Plant, the technology was improved, and modernization was carried out.

The adequacy of the developed measures is confirmed by calculations of power parameters using Microsoft Excel software. Calculations were also made for the strength of the stand, rolls and pressure device. Calculated economic feasibility of modernization in the economic section.

Keywords: rolling, rolling mill, mathematical model, power-energy parameters, hot-rolled steel, variation in thickness, technology of thin sheet rolling

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на тему «Розробка технології прокатки особливо тонких полос на стані НТЛС 1680» складається з 6 розділів, висновків, переліком посилань.

Пояснювальна записка складається з 118 сторінок, містить 25 рисунків, 16 таблиць, 1 додаток. Список використаних джерел складається з 13 джерел.

Актуальність теми роботи. Розширення сортаменту є актуальним напрямом розвитку підприємства. Основна маса споживачів металопродукції вимагають гарячекатану сталь товщиною 1,5 мм та шириною 1500 мм. При цьому достатньо високі вимоги висуваються до отримання рівномірності властивостей по довжині та ширині прокату, по витриманні умов мінімізації одержання різнотовщинисті прокату по всьому рулону. Але в умовах стану 1680 це неможливо через те що він був побудований у 1938 року, та не був розрахований на таку номенклатуру, має застарілі конструкції натискних механізмів, недосконалу конструкцію чорноюю групи (неможливість забезпечення безперервної прокатки), в той час як чистові кліті мають недостатньо міцні натискні механізми електромеханічної конструкції з пониженим коефіцієнтом мультиплікації.

Тому для забезпечення конкурентоспроможності продукції стану та підприємством загалом, для розширення номенклатури та ринків збуту актуальним є удосконалення режимів обтиснень для досягнення розмірів кінцевої продукції 1,5x1400 мм із забезпечення належного рівня різнотовщинності та розподілу механічних властивостей по ширині та довжині прокату. Треба забезпечити рівномірне температурне поле у між клітьовому просторі що буде впливати на рівномірність якісних показників кінцевого продукту.

Потрібно проаналізувати більш сучасні матеріали валків, тому що при зменшенні товщини прокату навантаження на валки непомірно зростає, актуальним є розробка технології та встановлення САПР.

Мета дослідження. Розширення розмірного сортаменту НТЛС 1680 ПАТ «Запоріжсталь» за рахунок розробки технології виготовлення тонких штаб з конструкційних марок сталей із забезпечення допустимі режимів обтиснень.

Завдання дослідження.

1. Виконати оцінку технологічних обмежень при виробництві гарячекатаних штаб НТЛС 1680.

2. Розробити методологію проектно-технологічних розрахунків та проаналізувати склад основного та допоміжного технологічного устаткування цеху.

3. Розробити методологію дослідження геометричних параметрів прокату, енергосилових параметрів, спрогнозувати профіль бочки валків. Розробити математичну модель енергосилових параметрів прокатки з урахуванням явищ зміцнення-розміцнення при певних термомеханічних умовах прокатки.

Об'єкт дослідження. Технологія гарячої прокатки штаб на стані 1680.

Предмет дослідження. Закономірність впливу технологічних умов прокатки на стані 1680 на показники якості рулонів, різнотовщинності та енергосилові параметри прокатки, механічні властивості, рівномірність показників різнотовщинності по довжині рулону.

Методи дослідження. Розвиток науково-методологічних основ визначення енергосилових параметрів прокатки інженерними методами з врахування технологічних особливостей стану 1680 з врахуванням сталі 08пс товщиною 1,5 мм та шириною 1400 мм.

Наукова новизна роботи. Отримало подальший розвиток закономірні зв'язки між технологічними факторами прокатки полос товщиною 1,5 мм та шириною 1400 мм для сталі 08пс в залежності від термомеханічних умов, швидкостей прокатки, умов попереднього підігріву та умов підстижування у між клітьовому інтервалі.

Практичне значення результатів роботи. Були розроблені технологічні передумови освоєння прокатки штаби розміром 1,5 мм x 1400 мм зі сталі 08пс та продуктивністю за даним сортаментом 1,5 млн. т/рік на комбінаті «Запоріжсталь».

Ключові слова: прокатка, прокатний стан, математичне моделювання енергосилових параметрів, технологія прокатки особливо тонких штаб.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП..... | 11 |
| РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБМЕЖЕНЬ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ГАРЯЧЕКАТАНИХ ШТАБ..... | 14 |
| 1.1 Розвиток технології гарячої прокатки штаб | 14 |
| 1.2 Технологія прокатки на ШСГП першого покоління | 15 |
| 1.3 Технологія прокатки смуг на ШСГП другого покоління..... | 21 |
| 1.4 Технологія прокатки смуг на ШСГП третього покоління..... | 23 |
| 1.5 Технологія прокатки смуг на ШСГП четвертого покоління..... | 27 |
| 1.6 Виробництво смуг на ЛПМ | 29 |
| 1.7 Технологічні рішення по реалізації технології прокатки особливо тонких полос..... | 31 |
| РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕМАТИЧНИХ РЕЖИМІВ ПРОКАТКИ..... | 36 |
| 2.1 Автоматизоване проектування кінематичних режимів роботи останньої чистової кліті НТЛС 1680..... | 36 |
| 2.2 Автоматизоване проектування обліку низькочастотних механічних та геометричних характеристик по довжині смуги, що прокочується, за допомогою застосування кінематичних режимів процесу прокатки..... | 39 |
| РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИРОБНИЦТВА..... | 46 |
| 3.1 Структура виробництва ПАТ «Запоріжсталь» | 46 |
| 3.2 Опис обладнання НТЛС 1680 Запоріжсталь..... | 50 |
| 3.3 Склад обладнання стану 1680 | 55 |
| 3.4 Технологія нагріву слябів та прокатки гарячекатаних смуг | 60 |
| 3.5 Прокатка штаб товщиною 1.5 мм | 68 |
| 3.6 Відповідність міжнародним стандартам | 71 |

| | |
|--|------------|
| 3.7 Ступінчастий контроль якості | 72 |
| 3.8 Метрологічне забезпечення..... | 73 |
| 3.9 Обмеження існуючої технології..... | 77 |
| 3.10 Рекомендації з модернізації технології прокатки..... | 78 |
| РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ПРОКАТКИ ТА | |
| ОБЛАДНАННЯ | 79 |
| 4.1 Вибір режимів обтиснень та розрахунок енергосилових параметрів гарячої прокатки на стані 1680 | 79 |
| 4.2 Розрахунок продуктивності стану | 81 |
| 4.3 Розрахунок станини на міцність та визначення її жорсткості | 85 |
| 4.4 Розрахунок валків кліті кварто на міцність та деформацію..... | 93 |
| 4.5 Розрахунок електромеханічного натискного пристрою [12]..... | 99 |
| РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ | 102 |
| 5.1 Охорона праці та захист навколишнього середовища в умовах підприємства ПАТ «Запоріжсталь»..... | 102 |
| РОЗДІЛ 6. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА..... | 105 |
| 6.1 Організаційно-технічна частина | 106 |
| 6.2 Ціна реалізації базової та нової машини | 107 |
| 6.3 Вартість капіталовкладень до основних виробничих фондів підприємства, де буде встановлена машина | 109 |
| 6.4 Фонд часу нової машини | 110 |
| 6.5 Обсяг річного випуску продукції | 111 |
| 6.6 Розрахунок ціни та чистого прибутку річного випуску продукції | 113 |
| ВИСНОВКИ..... | 118 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ..... | 119 |
| Додаток А | 121 |

ВСТУП

Актуальність теми: Розширення сортаменту є актуальним напрямом розвитку підприємства. Основна маса споживачів металопродукції вимагають гарячекатану сталь товщиною 1,5 мм та шириною 1500 мм. При цьому достатньо високі вимоги висуваються до отримання рівномірності властивостей по довжині та ширині прокату, по витриманні умов мінімізації одержання різновтовщинності прокату по всьому ролону. Але в умовах стану 1680 це неможливо через те що він був побудований у 1938 року, та не був розрахований на таку номенклатуру, має застарілі конструкції натискних механізмів, недосконалу конструкцію чорною групу (неможливість забезпечення безперервної прокатки), в той час як чистові кліті мають недостатньо міцні натискні механізми електромеханічної конструкції з пониженим коефіцієнтом мультиплікації.

Тому для забезпечення конкурентоспроможності продукції стану та підприємством загалом, для розширення номенклатури та ринків збуту актуальним є удосконалення режимів обтиснень для досягнення розмірів кінцевої продукції 1,5x1400 мм із забезпечення належного рівня різновтовщинності та розподілу механічних властивостей по ширині та довжині прокату. Треба забезпечити рівномірне температурне поле у між клітьовому просторі що буде впливати на рівномірність якісних показників кінцевого продукту.

Потрібно проаналізувати більш сучасні матеріали валків, тому що при зменшенні товщини прокату навантаження на валки непомірно зростає, актуальним є розробка технології та встановлення САРТ.

Мета дослідження: Розширення розмірного сортаменту НТЛС 1680 ПАТ «Запоріжсталь» за рахунок розробки технології виготовлення тонких штаб з конструкційних марок сталей із забезпечення допустимі режимів обтиснень.

Завдання дослідження:

1. Виконати оцінку технологічних обмежень при виробництві гарячекатаних штаб НТЛС 1680.

2. Розробити методологію проектно-технологічних розрахунків та проаналізувати склад основного та допоміжного технологічного устаткування цеху.

3. Розробити методологію дослідження геометричних параметрів прокату, енергосилових параметрів, спрогнозувати профіль бочки валків. Розробити математичну модель енергосилових параметрів прокатки з урахуванням явищ зміцнення-розміцнення при певних термомеханічних умовах прокатки.

Об'єкт дослідження: Технологія гарячої прокатки штаб на стані НТЛС 1680.

Предмет дослідження: Закономірність впливу технологічних умов прокатки на стані НТЛС 1680 на показники якості рулонів, різнотовщинності та енергосилові параметри прокатки, механічні властивості, рівномірність показників різнотовщинності по довжині рулону.

Методи дослідження: Розвиток науково-методологічних основ визначення енергосилових параметрів прокатки інженерними методами з врахування технологічних особливостей стану НТЛС 1680 з врахуванням сталі 08пс товщиною 1,5 мм та шириною 1400 мм.

Наукова новизна роботи: Отримало подальший розвиток закономірні зв'язки між технологічними факторами прокатки полос товщиною 1,5 мм та шириною 1400 мм для сталі 08пс в залежності від термомеханічних умов, швидкостей прокатки, умов попереднього підігріву та умов підстужування у між клітьовому інтервалі.

Практичне значення результатів роботи: Були розроблені технологічні передумови освоєння прокатки штаби розміром 1,5 мм х 1400 мм зі сталі 08пс та продуктивністю за даним сортаментом 1,5 млн. т/рік на комбінаті «Запоріжсталь».

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБМЕЖЕНЬ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ГАРЯЧЕКАТАНИХ ШТАБ

1.1 Розвиток технології гарячої прокатки штаб

Гарячу прокатку широких штаб час здійснюють на широкосмугових станах (ШСГП) з використанням товстих слябів (ШСГП 1–4 покоління) [2,3]. При прокатці на цих станах при відсутності спеціальних регулюючих пристроїв поперечна різнотовщинність штаб доходить до 0,08 ... 0,10 мм, а поздовжня різнотовщинність досягає 0,15 ... 0,3 мм (на задніх кінцевих ділянках штаб). На ШСГП 5го покоління (із стиковим зварюванням торців суміжних проміжних розкатів, Японія) помітне потовщення заднього кінця складової штаби має місце при прокатці тільки останнього розкату. Насьогодні, отримання якісного профілю гарячекатаної штаби вирішується створенням в кінці 20- го століття ливарно-прокатних модулів (ЛПМ) [4], оснащених технологією і пристроями, що забезпечують отримання точного поперечного та поздовжнього профілів гарячекатаних смуг.

Таким чином доречно розглянути деякі пропозиції щодо вдосконалення технологічного процесу і використання пристроїв впливу на процес прокатки штаби. Розглянемо причини формування поперечного та поздовжнього профілів штаби, які є загальними для широкосмугових станів будь-якого типу. До основних факторів, що впливає на точність профілю та не площинність штаб (при відсутності динамічного впливу на форму осередку деформації) слід вважати:

- нерівномірність розподілу температури сляба і проміжного розкату перед чистової групою по ширині і довжині;

- відсутність переднього і заднього натягнення кінцевих ділянок штаби в чистовий групі ШСГП;
- нерівномірність вироблення по довжині бочок робочих і опорних валків
- невідповідність профілювання робочих (опорних) валків формі поперечного перерізу гарячекатаного підкату, величиною і характером вироблення валків;
- відсутність раціональної системи охолодження валків і швидкохідних гідравлічних натискних пристроїв;
- неточність попереднього теоретичного визначення форми і величин профілювання бочок валків в зв'язку з відсутністю даних про закономірності (нерівномірності) розподілу погонних сил на між валкового контакті і на контакті штаби з валками, що визначають величину власного прогину робочого валка.

В даний час широкосмугову сталь в гарячому стані прокатують в основному за трьома технологічним способами:

- злиток → катаний сляб (транзитний сляб) → гаряча прокатка смуг на ШСГП (рис.1.1);
- МБЛЗ → литий товстий сляб → пряме прокатування (або підігрів слябів) → гаряча прокатка смуг на ШСГП (рис.1.1, 1.2);
- гаряче прокатування штаб з тонких слябів на ЛПМ (рис.1.2).

1.2 Технологія прокатки на ШСГП першого покоління

Безперервний широкосмуговий стан гарячої прокатки НТЛС 1680 відноситься до станів першого покоління і має в складі методичні нагрівальні печі, стан 1680, ділянка підготовки валків.

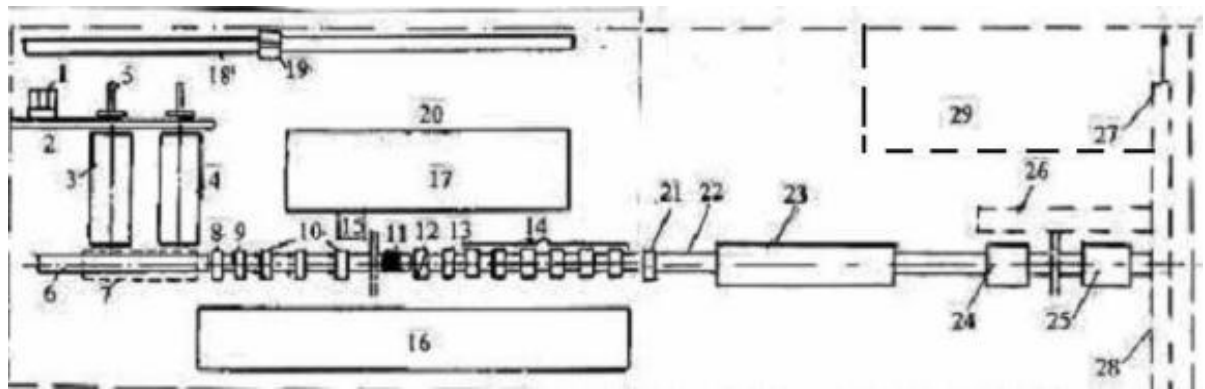


Рисунок 1.1 – Схема розташування обладнання НТЛС 1680: 1- завантажувальний стіл; 2- завантажувальний рольганг; 3,4- нагрівальні пічі; 5- штовхачі слябів; 6- транзитний рольганг від слябінга; 7- теплові екрани; 8- двухвалковий окалиноломатель; 9,10- чорнові кліті кварто; 11- ППУ; 12- летючі ножиці; 13- чистовий окалиноломатель; 14- шість клітей кварто (№№5-10) чистової групи; 15- індукційна установка для підігріву робочих валків; 16- машинний зал; 17- вальцешліфовальна майстерня; 18- рейковий шлях від слябінга; 19- візок; 20- ділянка для зачистки поверхонь слябів; 21- вимірювач розмірів штаби; 22- відвідний рольганг; 23- душюча установка; 24,25- моталки; 26- конвеєр прибирання рулонів; 28- конвеєр рулонів в ЦХП; 29- ділянка обробки рулонів.

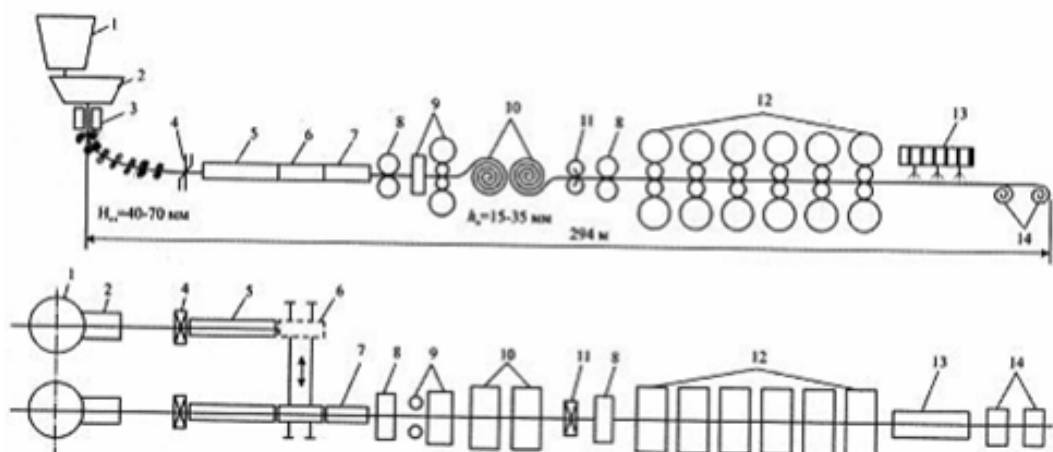


Рисунок 1.2 - Схема розташування основного обладнання ЛПМ фірми Даніелі

Печі чотири зонні з двостороннім нагріванням, дворядні з торцевою посадкою та вдачею, рекуперативні. Опалюються сумішшю доменного, коксового та природного газів, калорійністю 1070 – 1260 ккал/м³ за допомогою 21-го інжекційного пальника. Ширина печі 5220 мм довжина печі 31,5 м. Продукти горіння від усіх печей відводяться по бровах у дві димові труби заввишки 85 м. Посадка слябів у печі проводиться поплавочно з відділенням слябів різних плавок та розмірів спеціальними прокладками. Сляби садять як у гарячому, так і в холодному стані, за винятком окремих марок низьколегованих сталей, а також усіх високолегованих та нержавіючих сталей, які садять у печі тільки в холодному стані. Регулювання температури в зонах печі проводиться за допомогою контрольно-виміральної апаратури [1].

Широкоштабовий безперервний стан 1680 призначений для виготовлення штаб з вуглецевих та низьколегованих марок сталі товщиною 1,5-8 мм, шириною 850-1500 мм довжиною 1400-6000 в залежності від сортаменту, в рулонах вагою до 16 т та в листах. Прокат для холоднокатаного листа – рулони перетином: (2 - 4) X (850 - 1500) мм [3].

В залежності від вимог замовників та стандартів, стан 1680 виробляє продукцію в гарячекатаному стані та з додатковим прискореним охолодженням.

В якості заготовки на стані 1680 використовуються власні катані сляби розміром (105-165)x(850-1500)x(2000x4700), які вироблені зі злитків мартенівського виробництва та прокатані в сляби на слябінгу. 95% слябів зі слябінгу передаються на стан 1680 транзитом, тобто без проміжного нагрівання, 5% слябів йдуть на повторне нагрівання у методичну піч. З точки зору економії ресурсів існуюча концепція роботи стану 1680 є найефективнішою. Але з точки зору якості, поточного рівня технології та сортаменту, що виробляє стан, існуюча схема є суттєво застарілою та має багато обмежень. Також слід зазначити, що більшість

міжнародних стандартів забороняють використовувати мартенівську сталь, для виробництва продукції [6].

Схема розташування основного устаткування стану наведена на рис.1.3

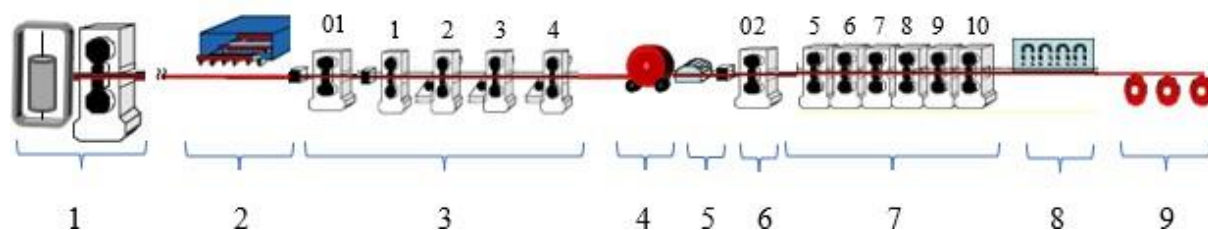


Рисунок 1.3 - Поточна схема розташування основного устаткування стану НТЛС 1680 МК «Запоріжсталь».

Чорновий і чистовий окалиноломателі «зламують» окалину, яка потім видаляється водою високого тиску. Крім того, чорновий окалиноломатель використовується також і як робоча кліть, виробляючи обтискання до 25%.

Кліті з вертикальними валками повинні забезпечити зняття розширень, що отримується при деформації розкату горизонтальними валками. Обтискання у вертикальних валках 15 – 25мм.

Розкат після прокатки в чорновій групі надходить до проміжного перемотувального пристрою «CoilBox» для вирівнювання температури по повжині розкату, далі до летючих ножиць для обрізки переднього і заднього кінців, потім захоплюється валками чистового окалиноломателя і першої кліті чистової групи (кліть №5) і далі - всіма іншими клітями [6].

Технологічний процес прокатки штаби на станах першого (другого) покоління має такі недоліки.

1. Прокатування із злитків супроводжується великою витратою металу на кінцеву обріз (коефіцієнт витрати металу 1,12 ... 1,25) внаслідок необхідності видалення усадочної рихлості і прибуткової частини слябів. Крім того, структура злитка характерна наявністю

стовпчастих кристалів, газових бульбашок, неметалевих включень, нерівномірністю розподілу хімічних елементів в об'ємі злитка. Усе зазначене погіршує пластичні властивості готової штаби.

2. Перед прокатуванням на обтискному стані (слябінгу) злитки нагрівають в нагрівальних колодязях до температури $t_{наг} \approx 1220 \dots 1250$ С ° , що вимагає значної витрати газу і підвищує вартість прокату. Застосування останнім часом посадки злитків в колодязі з підвищеним вмістом тепла (з рідкою серцевиною) забезпечує скорочення витрат природного газу, часу нагрівання злитків в колодязях, витрати електроенергії на прокатку зливків в сляби. Енерговитрати істотно зростають при нагріванні злитків холодного посаду

3. Транспортування слябів по транзитному рольгангу від слябінга до ШСГП без теплосберігаючих екранів призводить до зниження температури сляба на $20 \dots 30$ С ° , що викликає підвищення контактних напружень в осередках деформацій клітей НТЛС 1680, підвищення енергосилових параметрів, додатковий знос поверхонь валків.

4. До підвищеної втрати температури розкату призводить також значні відстані між клітями чорнової групи і, отже великий час проходження розкатом по рольгангу чорнової групи. Застосування напівбезперервного процесу прокатування в чорновій групі клітей не покращує тепловміст розкату, але дозволяє збільшити масу сляба (рулону).

5. Відстань між останньою кліттю чорнової групи і першої кліттю чистової групи становить ~ 65 м. На цій ділянці проміжного рольганга температура розкату товщиною $h_{пр} \leq 28$ мм, що переміщається зі швидкістю $v_{пр} \approx 2,23$ м/с, знижується на $60 \dots 90$ С ° , а при прокатці в чистовій групі швидкість заднього гуркоту зменшується з $v=5$ до $\approx 0,8 \dots 1,0$ м/с ($h_{10} = 2,5$ мм). При цьому температура заднього кінця розкату при вході в кліть №5 виявляється на $\Delta t_i \approx 55 \dots 65$ С ° менше, ніж переднього кінця (Δt_i - температурний градієнт по довжині розкату).

Абсолютне зниження температури на проміжному рольгангу з $t_4 = 1040 \dots 1120 \text{ C}^\circ$ до $t_5 = 960 \dots 1030 \text{ C}^\circ$ перед кліттю №5 викликає підвищення енергосилових параметрів прокатки штаби в клітках чистової групи, підвищення зносу поверхонь валків і їх витраті. Зменшення температури по довжині штаби в процесі прокатки (Δt_{id}) призводить до монотонного збільшення товщини штаби до заднього кінця.

Наявність на проміжному рольгангу пристрою Coilbox (ППУ) дозволяє розкат, що виходить з останньої кліті чорнової групи, змотувати в рулон з подальшою зміною напрямку прокатки розкату в чистовий групі НТЛС. Новий процес прокатки на НТЛС 1680 забезпечує градієнт температур по довжині розкату $\Delta t_{id} \approx 10 \dots 30 \text{ C}^\circ$ [13] (менша температура на задньому кінці розкату).

6. На станах першого покоління недостатня потужність головних приводів, невеликі діаметри валків, порівняно низька твердість робочих валків, кліті оснащені електро-механічними нажимними пристроями, які не мають високої швидкості вертикального переміщення натискних гвинтів для точного і швидкого регулювання між валкового зазору і товщини штаби (в подальшому потужності головних приводів збільшені).

7. На безперервних станах кінцеві ділянки смуг прокочують без натягіння, що призводить до додаткового потовщення кінців. Особливо це відноситься до заднього кінця, прокочується без заднього натягу. Відсутність заднього натягу і, внаслідок цього, збільшення сили прокатки, викликає появу додаткового потовщення штаби на задньому кінці штаби. У сумі, з урахуванням впливу температурного градієнта, це потовщення на задньому кінці штаби може складати $\delta h \approx 0,12 \dots 0,25 \text{ мм}$

1.3 Технологія прокатки смуг на ШСГП другого покоління.

У більшості широкосмугових станів другого «покоління» чорнова група складається із шести послідовно розташованих горизонтальних клітей і чотирьох еджерів з розрахунку на застосування слябів товщиною до 300 мм.

При сучасній масі рулону, а отже, і розкату, чорнова група в її класичному вигляді, коли відстань між її клітями більше довжини розкату, виявляється надмірно розтягнутою. Частково цей недолік усунуто у стана 2235, введеного в експлуатацію на заводі Оіта (Японія) в 1971 р.: розтягнутість чорнової групи зменшена завдяки скороченню числа клітей із шести до чотирьох, причому кліть № 2 зроблена реверсивною. При такій схемі кліті вдалося не тільки знизити капіталовкладення, але й без скорочення продуктивності стана застосувати сляби однієї товщини для всього сортаменту смуг, що прокатуються [1].

Введення реверсивної кліті замість трьох нереверсивних до складу чорнової групи варто визнати доцільним, тому що це підвищує маневреність стана (при ритмі прокатки в середньому близько 60-90 сек. реверсивна кліть устигає зробити навіть не три, а п'ять проходів) і скорочує капіталовкладення.

Техніко-економічні розрахунки свідчать, що на широкосмугових станах доцільне застосування безперервно-литих слябів не тільки постійної товщини, як це зроблено на стані 2235 заводу в Оіта, але й обмеженої ширини (одним або двома розмірами).

При виборі розміру безперервно-литих слябів необхідно завжди мати на увазі, що при переході з лиття слябів одного перетину на інший треба замінити або перебудувати декілька кристалізаторів і вторинних зон кристалізації. Цей перехід значно складніше, ніж при прокатці слябів на слябінгу з одного розміру на іншій. Крім того, при перестановці

кристалізаторів на лиття більш вузьких слябів знижується продуктивність машини для безперервного лиття й порушується ритм подачі ківшів від конвертерів.

Тому в реверсивної кліті чорнової групи повинні бути передбачені потужні вертикальні валки з калібром, які за п'ять проходів могли б значно зменшити ширину сляба залежно від ширини смуг, що прокатуються. Для скорочення розтягнутості чорнової групи варто врахувати досвід пущених ще в 1969 р. станів: 1780 заводу в Касіма (Японія), 2135 заводу в Індіана Харбор і 2235 заводу в Еймейдені (Нідерланди). У цих станів дві останні кліті чорнової групи розташовані поруч, так що вони утворюють двуклітьову безперервну групу й тому загальну довжину чорнової групи вдалося скоротити на 80–100 м.

Для станів «другого покоління», для яких характерні наступні вдосконалення:

1) введений новий режим роботи із прискоренням чистової групи після захоплення моталкою переднього кінця смуги, що є головною відмінною рисою цих станів. Завдяки розробленій системі швидкого спільного прискорення безперервної групи чистових клітей і моталок без порушення петлеутворення між клітями вдалося підвищити швидкості прокатки до 15–20 м/с і більше. У результаті стала можливою прокатка рулонів збільшеної маси. При цьому режимі смуга захоплюється моталкою зі швидкістю 10–12 м/с, а потім стану передається прискорення 0,25–1 м/с² до припустимої швидкості;

2) збільшені розміри вихідних слябів і відповідно маса рулонів, що прокатуються, до 35–40 т і вище або більше 20 т на 1 м ширини смуги;

3) застосовані печі із крокуючим подом або балками, що виключило появу на слябах зон зі зниженою температурою й з дефектами поверхні, що виникають внаслідок зіткнення із глісажними трубами. Печі цієї конструкції можуть мати практично необмежену продуктивність.

- 4) товщина смуг, що прокатуються, збільшена до 12–16 мм;
- 5) значно підвищена річна продуктивність стану (більш ніж 3–4 млн. т);
- 6) введені системи автоматичного регулювання профілю смуги, що, прокатується, із противигином валків і керування всім станом за допомогою комп'ютерів [1].

До числа перших конструкцій описуваного типу широкосмугових станів можна віднести стан 2030 заводу «Бетлехем Стіл» в Уест-Честері (Англія), встановлений в 1966 р., і стани 2135 заводів «Юнайтед Стейтс Стіл» у Гері й «Янгстаун Шіт енд Тюб» в Іст-Чикаго (USA), пущені в 1968р [1].

1.4 Технологія прокатки смуг на ШСГП третього покоління

При проектуванні стана 2000 для Новолипецького металургійного заводу було докладно вивчено питання про можливість об'єднання всієї чорнової групи, за винятком перших двох клітей, у безперервну групу. У результаті цього вдосконалення досягається скорочення довжини будівлі й рольгангів, зниження втрат тепла й зменшення окалиноутворення.

У зв'язку із цією перевагою при проектуванні широко-смугового стану 2000 для Череповецького металургійного заводу, уведеного в дію в 1975 р., було прийнято сміливе рішення про установку трьох останніх клітей чорнової групи одна поблизу іншої (рис. 14.3). Завдяки цьому вперше у світовій практиці вдалося здійснити безперервну прокатку в чорновій групі.

Об'єднання чорнових клітей в одну загальну безперервну групу різко скоротило довжину стана, знизило капіталовкладення й відповідно зменшило втрати тепла сляба, що прокатується, що дозволило регулювати температуру кінця прокатки в більш широких межах.

Можна вважати, що спорудження й успішне освоєння цього стану відкрили нову сторінку в створенні широкосмугових станів третього покоління.

Отже, чорнова група нових широкосмугових безперервних станів повинна складатися з реверсивної кліти з потужними вертикальними валками й трьохклітьової безперервної групи з еджерями.

Для скорочення занадто великої відстані між чорною й чистою групами стана, що отримується у зв'язку зі збільшеною відносною масою рулону (до 30 т/м), можна рекомендувати переміщення останньої чорної кліти із складу чорної групи до складу чистої, передбачивши в чистовій групі вісім клітей, що дозволить не віддаляти чистову групу занадто далеко від чорної [1].

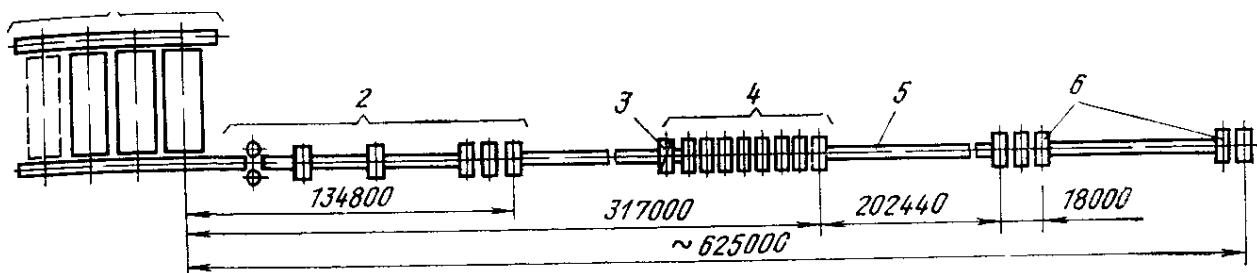


Рисунок 1.4 – Схема широкосмугового стана 2000 з безперервною чорною групою:

1 – методичні печі; 2 – чорнова група клітей (три останні – безперервні); 3 – летючі ножиці; 4 – чистова група клітей; 5 – душуючий рольганг; 6 – перша й друга групи моталок.

Моталки для змотування тих смуг, які прокатують із прискоренням стана, повинні бути розташовані якнайближче до чистої групи клітей, щоб скоротити час роботи стана на заправній швидкості.

Ця відстань визначається залежно від часу, необхідного для охолодження смуги від температури кінця прокатки (830–950°C) до максимально допустимої температури змотування (500–600°C). При досить інтенсивній подачі води для охолодження згадана відстань може

бути досить скорочена, однак для охолодження товстих смуг (8-16 мм) цієї скороченої відстані не вистачить.

Оскільки товсті смуги прокатують зазвичай на заправній швидкості без переведення стану на режим прискорення, моталки для них варто встановлювати можливо далі від чистової групи, тобто смугу необхідно остудити до досить низької температури змотування.

Головну увагу в цей час приділено вдосконалюванню систем установлювання валків. При роботі із прискоренням, оскільки від зміни швидкості залежить температура смуги, що прокатується, і товщина масляної плівки в підшипниках опорних валків, будь-яка жорсткість робочих клітей без безперервної корекції положення валків не може забезпечити необхідну точність розмірів смуги, що прокатується.

По суті основна вимога, пропонована до систем установлювання валків, сформулюється двома умовами:

1) відстань між валками повинна визначатися не тільки показаннями товщиноміра, встановленого на стані. При сучасних високих швидкостях цей метод автоматизації не може дати задовільних результатів як би швидко не реагувала система переміщення валків на показання товщиноміра. Основою регулювання повинен бути метод обліку збурювань, тобто безперервна корекція міжвалкової відстані залежно від факторів, які можуть вплинути на положення валків;

2) переміщення валків повинно здійснюватися в міру одержання відповідного імпульсу з максимальною швидкістю й точністю.

Перша умова може бути виконана із застосуванням відповідних датчиків, що вказують значення окремих факторів, що впливають на положення валків, і наступною передачею отриманої інформації через комп'ютер для керування механізмом переміщення валків. Наприклад, на положення валків сильно впливає пружна деформація кліті, яка у свою чергу залежить від температури прокатки, товщини вихідної смуги, швидкості прокатки, натягу й т.п.

Найбільш надійним методом виключення впливу пружної деформації є установлення в станині надійної месدوزи (пресдуктора). Зміна показань месدوزи повинна відповідно змінювати положення валків.

Одночасно сигнал повинен надходити й на систему противигину валків. Тому що стріла прогину валків при такій їхній перестановці повинна зберегтися сталою, зусилля противигину у зв'язку зі збільшенням зусилля прокатки повинно відповідно зменшитися. Залежність зусилля противигину від зусилля прокатки при переході на прокатку смуг іншої ширини повинно коректуватися.

Використовуючи автоматизацію переміщення валків залежно від показання месдоз, варто мати на увазі, що при цій системі з'являється велика різниця в зусиллях на станинах і валках.

На підставі сказаного можна зробити наступні висновки:

- 1) нові широкосмугові стани треба будувати, докорінно вдосконалюючи їхню конструкцію в порівнянні з діючими станами;
- 2) можливо й доцільно застосування швидкостей виходу металу з валків 30–35 м/с і вище з водяним охолодженням смуги в чистовій групі;
- 3) відносна маса смуги на 1 м ширини рулону повинна становити близько 30-35 т/м. Для прокатки смуг шириною 2 м сляби при товщині 250–300 мм повинні мати довжину близько 15–20 м і масу 60–70 т;
- 4) рекомендується включати в чорнову групу реверсивну кліть із потужними вертикальними валками й дві – три безупинно розташовані кліті з еджерерами;
- 5) чистова група повинна складатися з 8 клітей;
- 6) робочі кліті повинні мати месدوزи й автоматичну гідравлічну установку валків із противигином, що працює за допомогою комп'ютера;
- 7) перша група моталок для тонкої смуги повинна бути розташована якомога ближче до чистової групи, що скоротить час роботи стана на заправній швидкості. Ця відстань залежить від часу,

необхідного для охолодження смуги з 830–950°C (температура кінця прокатки) до 500–600°C, тобто максимально припустимої температури змотування. На думку ряду дослідників, зазначена відстань може бути дуже скорочена при досить великій кількості води, що подається для охолодження.

Прокатка смуг товщиною 8–16 мм відбувається в межах заправної швидкості без переходу на режим прискорення стану. Тому моталки для товстих смуг не обов'язково розташовувати поблизу чистової групи, навпаки; їх варто встановлювати можливо далі, наскільки цього вимагає режим охолодження смуги.

Завдяки переходу на швидкості прокатки до 30–35 м/с і застосуванню питомої маси рулонів близько 30 т/м ширини смуги продуктивність широкосмугових станів третього покоління повинна бути значно вище, ніж у станів другого покоління. У станів з довжиною бочки 1700–2000 і 2200–2500 мм річна продуктивність повинна бути порядку 6,5–9 і 8–10 млн. т відповідно.

1.5 Технологія прокатки смуг на ШСГП четвертого покоління

На ШСГП третього-четвертого поколінь в якості заготовки використовують литі сляби з МНЛЗ після зачистки поверхні і нагрівання в печах до температур 1230 ... 1250 С°. При належній якості поверхонь литих слябів, переходять на пряму прокатку слябів на ШСГП (без зачистки поверхні, але з підігрівом слябів в печах) [2]. На відміну від станів першого покоління на станах наступних поколінь скорочена довжина чорнової групи клітей за рахунок застосування безперервних груп з 2х-3х клітей, збільшена довжина проміжного рольганга (97,5 ... 110м) і збільшено кількість клітей: в чорновій групі до 5 клітей, в чистової кліті - до 7 клітей. На деяких ШСГП для чорнової прокатки сляба до проміжного розкату використовують одну чотирьохвалкову реверсивну

кліть (стан четвертого покоління). На ШСГП другого-четвертого поколінь встановлюють проміжні перемотувальні пристрої (ППП)

На ШСГП другого-четвертого поколінь для нагріву слябів застосовують печі з крокуючими балками, це виключає появу охолоджених ділянок сляба "глісажними мітками". Їх відсутність підвищує точність прокочуюємих смуг. Діаметр робочих валків в чорновій групі змінюються в межах 960 ... 1400мм (менші діаметри в останній кліті чорнової групи), а опорних валків в межах 1350 ... 1630 мм.

Збільшений діаметр робочих валків в перших клітях чорнової групи забезпечує надійне захоплення розкату, а зменшений діаметр робочих валків в наступних клітях дозволяє зменшити силу і потужність прокатки.

У чистової групі клітей застосовують робочі валки з діаметром 760 ... 850 мм. На деяких станах діаметр валків в останніх клітях зменшують до 575 ... 760 мм в зв'язку зі зменшенням обтиску і сили прокатки штаби і з метою зменшення витрат на утримання обладнання. На деяких станах довжина бочки опорних валків становить 0,85 ... 0,92 від довжини бочки робочих валків, що усуває защемлення кінцевих ділянок робочих валків та покращує поперечний профіль смуг. Допустима сила прокатки на подібних станах становить 33 ... 50 МН [4].

На всіх станах встановлені потужні вертикальні окалиноломателі перед чорнової і горизонтальні перед чистової групами клітей, які забезпечують не тільки злом окалини, але в ряді випадків, і редукування сляба по ширині (в чорновій групі).

Потужність головних приводів, та діаметри робочих валків змінюється в широких межах і зумовлена розміром слябів, шириною штаби і швидкістю прокатування. Загалом більші діаметри валків та потужності головних приводів припадають на перші кліті зі зменшенням обох параметрів к останнім клітям. Це дозволяє зменшити витрати на утримання стану, енерговитрати на прокатку та покращує умови прокатки тонких штаб з необхідною точністю.

На станах 2-4 поколінь в чистових групах клітей штаби прокочують зі змінною швидкістю по довжині (у часі), що обумовлено конструкцією сучасних моталок, що забезпечують захоплення переднього кінця готової штаби при швидкості лише $V_m = 10 \dots 12$ м/с. Тому в початковий період (до захоплення штаби моталкою) смугу прокатують зі швидкістю $V_{ch} = V_m = 10 \dots 12$ м/с (V_{ch} - швидкість штаби, що виходить з чистової кліті), а після цього швидкість робочих валків чистової групи синхронно збільшують до максимально можливої швидкості для конкретного профілю. Прискорення валків стану забезпечує не тільки підвищення його продуктивності, а й зниження поздовжньої різнотовщинності штаби внаслідок зменшення впливу температурного градієнта (температурного клину) проміжного розкату.

Усунення кінцевих ділянок потовщень штаби на стані 2050 "Кавасакі Стіл" Японія вирішено шляхом прокатки безкінечної штаби.

Для цього стані після ППУ встановлені кінцеві ножиці і стикосварочна машина для зварювання під тиском при температурі $1400 - 1600$ С ° - решт двох суміжних розкатів. У нескінченному процесі прокочують 6-15 смуг після чого слідує пауза для охолодження валків і потім новий період нескінченної прокатки. Наявність паузи між періодами нескінченного процесу є основним недоліком такої технології.

1.6 Виробництво смуг на ЛПМ

Подальший розвиток технології прокатки смугової сталі полягає у створенні ливарно-прокатних модулів (ЛПМ). Продукція на цих агрегатах є більш дешевою та якісною у порівнянні з традиційними ШСГП станами. На рис. 1.4 представлена схема обладнання двоступеневого ЛПМ фірми Danieli.

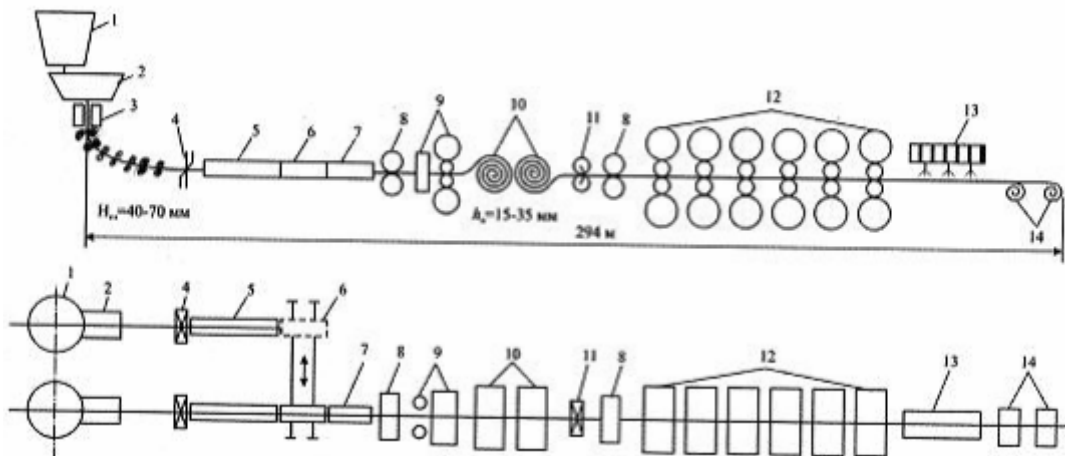


Рисунок 1.5 - Схема розташування основного обладнання ЛПМ 2000 фірми Danieli.

1 – розливний ківш; 2- проміжний ківш; 3- кристалізатори; 4- ножиці; 5- тунельна піч; 6- паром; 7- піч витримки; 8- окалиноломатель; 9- універсальна кліть; 10- ППП; 11- летючі ножиці; 12- чистова група; 13- душюча установка; 14- моталки.

Рідкий метал з ківшів 1 і 2 потрапляючи в кристалізатор 3 частково твердне в зовнішніх зонах, обтискається ("м'яке обтиснення") на 10 ... 20 мм - з 50 ... 90 мм на вході в ролики, до 40 ... 70 мм на виході з них - перед ножицями 4. Швидкість виходу литого сляба з кристалізатора 3 - 7,5 м/хв. У печі 5 довжиною 44 м сляби нагрівають до температури 1100 ... 1150 С° і через "паром" - візок 6 транспортують в прохідну піч 7 - для підігріву. Далі потрапляє в окалиноломатель 8 і універсальну кліть кварто 9, в якій тонкий сляб обжимають до товщини 15 ... 35 мм і змотують в ППУ для збереження температури розкату в межах допустимої (1000 ... 1020 С° перед чистовою групою клітей 12. У чистової групі є 6 клітей кварто з пристроєм осьового регулювання міжвалкового зазору (останні 3 кліті). Робочі кліті №№1-3 мають робочі валки діаметром $D_r = 800$ мм, а кліті №№4-6 мають валки з $D_r = 610$ мм, діаметр опорних валків становить $D_{op} = 1450$ мм. Довжина робочих валків 2000 мм, а опорних всього 1700 мм, що є доцільним. Допустима сила прокатування в клітях

№№1-3 - Рдоп = 40Мн, в клітках №№4- 6 - Рдоп = 30Мн. На ЛПМ-2000 прокатують штаби товщиною 1 - 16 мм, шириною 800 - 1800 мм в рулони масою 31 т при його питомій масі 20т/м.

Максимальне виробництво смуг на двоструменевом ЛПМ становить близько 2млн.т. на рік. Економія по переділу у порівнянні с ШСГП становить 60\$ / т [5].

При прокатці штаби на ЛПМ досягається її висока точність. Так, для штаби товщиною 1,2 ... 4,0 мм поздовжня різнотовщинність на основній довжині становить 0,04 ... 0,05 мм. Однак кінцеві ділянки що прокатані без натягіння мають потовщення штаби.

ЛПМ ідеальний агрегат виробництва продукції на міні-заводах, в той час як ШСГП краще застосовувати на інтегрованих великих підприємствах з обсягом виробництва від 2 млн.т/рік та більше.

1.7 Технологічні рішення по реалізації технології прокатки особливо тонких полос

Тенденції до зниження товщини смуг, що прокочуються на широкосмугових станах гарячої прокатки (ШСГП) з'явилася відразу після їх створення. Якщо на ШСГП першого покоління мінімальна товщина проковтуваних смуг була 2 мм, то вже на ШСГП другого покоління передбачалося прокатування смуг мінімальної завтовшки 1,2 мм. Останні 10 – 15 років триває розробка та реалізація технологій та обладнання, які б дозволили прокочувати, так звані, надтонкі гарячекатані ($H < 1,2$ мм) смуги.

Ця тенденція обумовлена прагненням замінити холоднокатаний метал гарячекатаним тієї ж товщини. Головна причина – економічні міркування (додаткові витрати на виробництво 1 тони холоднокатаної листової продукції на 20 – 40 доларів США вище, ніж на виробництво гарячекатаної листової продукції тієї ж товщини).

Головною умовою такої заміни є забезпечення механічних властивостей, якості поверхні та точності гарячекатаних смуг на рівні холоднокатаних. А головним перешкодою забезпечення цієї умови є великі труднощі дотримання заданих температурних умов прокатки смуг малої товщини (температура кінця прокатки має бути не менше 860 C° і бути стабільною по довжині смуги).

На ШСГП першого покоління для забезпечення необхідної температури кінця прокатки смуг товщиною 2 мм підвищували у різний спосіб температуру підкату в чистовій групі клітей. Але навіть цих станах цей спосіб був мало ефективним.

Виконані розрахунки показали, що підвищення температури підкату на 100 C° при прокатці смуг товщиною 0,8 мм призведе до підвищення температури кінця прокатки переднього кінця смуги всього на $10\text{-}15\text{ C}^\circ$ [6].

Найбільш ефективним способом забезпечення необхідної температури тонких та особливо тонких смуг на ШСГП є прискорення прокатки у чистовій групі клітей. При цьому заправлення переднього кінця смуги в кліті чистової групи та моталку виробляються швидкості $10\text{--}12\text{ м/с}$ (в останній кліті). В цьому разі до початку прискорення чистової групи клітей знижену температуру матимуть $100\text{--}200\text{ м}$ довжини смуги.

Звідси випливає висновок, що основним шляхом підвищення температури особливо тонких смуг має стати підвищення позитивної складової температурного балансу процесу деформації з допомогою його інтенсифікації. Інтенсифікацію процесу деформації слід забезпечити за рахунок збільшення товщини підкату та посилення режиму обтискань металу в клітинах чистової групи.

Розрахунки показують, що доцільне збільшення товщини підкату до $30\text{--}40\text{ мм}$, середнє відносне обтискання по клітях чистової групи

щонайменше 0,45. Такий режим прокатки може бути реалізований з використанням потужних чистових клітей, що забезпечують силу прокатки до 30 МН на 1000 мм ширини, потужність до 10 МВт, момент прокатки до 3 МН·м у першій кліті, до 2 МН·м у другій та до 1-0,5 в решти. При прокатуванні на високих швидкостях потужність електродвигунів має бути до 20 МВт.

Поступове зниження температури підкату від його переднього кінця до заднього перед чистовою групою клітей обумовлено часом його руху по підводному (проміжному) рольгангу. Зменшують втрати тепла підкатом за рахунок застосування відбивних екранів, індукційних підігрівачів та ін.

Недоліками цих пристроїв є велика довжина (число) і низька ефективність. Прокатка показує, що «температурний клин» у випадках зменшується на 30 - 40 %.

Найефективніше застосування перед чистовою групою клітей проміжного перемотувального пристрою (ППУ), так званого "койл-боксу". Перевага ППУ – компактність, недолік - можливість змотування гуркотів завтовшки лише до 35 мм, із швидкістю до 5 м/с. При розмотуванні рулону задній кінець слябу стає переднім і задається в чистову групу клітей. Передній кінець гуркоту розташований усередині рулону і практично не остигає. Для підтримки середньої температури та підігріву кромки ППУ оснащеною спеціальними пальниками.

Застосування ППУ крім збереження температури підкату дозволяє зменшити відстань між чорною та чистовою групами клітей стана.

З даних досліджень слід, що температура переднього кінця готової смуги відрізняється від заднього на 5-10 С°.

При прокатуванні особливо тонких смуг на ЛПМ безперервнолітій сляби завтовшки 50-75 мм після підігріву в прохідній печі обтискають в

одній-двох потужних чорнових клітях і гуркіт змотують у рулони з максимальною швидкістю на ППУ.

Викладене дозволяє сформулювати оптимальні умови виробництва особливо тонких смуг з високими пластичними властивостями по всій їх довжині:

1. Температура підкату на вході до чистової групи клітей має бути не нижче 1000-1100 С°

2. При нижній межі температури підкату товщина підкату має бути 20-40 мм, а число чистових клітей не більше 5-6 (середній коефіцієнт витяжки в одній кліті понад 1,85). Довжина підкату повинна забезпечувати напівнескінченну чи нескінченну чистову прокатку.

3. Температура по довжині підкату має бути постійною. Виконання цієї умови дозволить у 1,5-2 рази зменшити силову навантаження робочих клітей та потужність головних приводів при прокатці задніх кінців смуг, а також постійні механічні властивості металу по всій довжині смуги.

Устаткування для реалізації технологічних вимог має забезпечувати:

1. Підігрів, стабілізацію за рівнем та довжиною температури підкату перед чистовою групою клітей. Зварювання кінців підкатів у стик (при нескінченній прокатці).

2. Прокатування смуг у чистовій групі клітей зі складним швидкісним режимом із прискореннями, що забезпечують вирівнювання можливого «температурного клина» за її довжиною, а також збільшення рівня швидкості, температури смуги та продуктивність стану.

3. Прискорене охолодження гуркату в міжклітинних проміжках

чистої групи клітей для стабілізації температури смуги при прокатка на високих швидкостях.

4. Динамічну перебудову чистових клітей для зміни товщина смуги під час прокатки.

5. Зміщення та схрещування осей робочих валків, противігін робочих валків, регулювання товщини, форми поперечного перерізу та площинності смуги, міжклітинних натягів та швидкісного режиму прокатки, точну та швидку установку та регулювання міжвалкових зазорів.

6. Високі силові енергетичні параметри чистових клітей та їх головних приводів: силу прокатки до 30 МН на 1000 мм ширини смуги, потужність до 10 МВт, момент прокатки до 3 МН·м у першій, до 2 МН·м у другій і до 1 - 0,5 МН·м в інших клітинах.

7. Прискорене охолодження готової смуги до заданої температури змотування на короткому відведеному рольгангу, стійке рух по ньому переднього кінця смуги.

8. Стійку заправку переднього кінця смуги в моталку на високої швидкості, порізу смуги на ходу та змотку смуги після прорізки на іншу моталку [6].

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕМАТИЧНИХ РЕЖИМІВ ПРОКАТКИ

2.1 Автоматизоване проектування кінематичних режимів роботи останньої чистової кліті НТЛС 1680

Режим прокатки у встановленій сьомій чистовій кліті ШСГП 1680 відрізняється від загальної технології процесу прокатки на стані. Це обумовлюється великою довжиною чистової групи та прокатного стану в цілому. Внаслідок цього передній кінець смуги виявляється більш нагрітим ніж задній, ця обставина призводить до такого явища, як температурний клин. Такий перепад температур призводить до збільшення значення подвоєного опору чистому зсуву $2K_c$ (1.1–1.5) у хвостовій частині, який у свою чергу тягне за собою збільшення сили прокатки P (1.9). Різде збільшення сили прокатки викликає ударні навантаження, які не бажані в процесі роботи кліті, а також призводить до збільшення прогину робочих валків і пружної деформації кліті. У свою чергу зростання прогину веде до збільшення поздовжньої різновтовщинності і ,як наслідок, збільшення браку готової продукції. Досягти сталості сили прокатки на всій протяжності довжини смуги, враховуючи температурний клин, можливо застосувавши асиметричний режим прокатки. Даний режим передбачає застосування різних кутових швидкостей верхнього та нижнього робочих валків, що призводить до зміни сили прокатки. Схема застосування кінематики процесу входить до складу системи управління техпроцесом (АСУТП), малюнок 2.1.

Завданням АСУТП є розширення та вдосконалення регульованих об'єктів широкосмугового стану, і об'єднання незалежних технологічних ділянок стану в єдиний комплекс, з метою управління ним на основі єдиних принципів [13]. Працює дана система на трьох рівнях:

1 - обчислювальна техніка виробляє рекомендації щодо раціонального управління процесом;

2 - можлива зміна параметрів налаштування локальних систем регулювання;

3 - засоби обчислювальної техніки забезпечують безпосереднє управління виконавчими пристроями.

АСУТП на НТЛС 1680 забезпечує:

- керування підйомними столами при видачі слябу на завантажувальний стіл;
 - керування зважуванням слябів та листів;
 - керування завантаженням та видачею слябів з нагрівальних печей;
 - керування тепловими режимами у печах;
- керування рольгангами;
- вимірювання геометричних розмірів та температури слябів, штаб та листів;
 - встановлення необхідного розчину валків у кліті;
 - вимірювання зусилля металу на валки;
 - регулювання ширини та товщини листа;
 - керування гідрозбивом;
 - регулювання температури прокатки;
 - регулювання швидкості прокатки;
 - регулювання частоти обертання валів електродвигунів (при індивідуальному приводі).

Система обліку температурного клина складається з пірометра 7, який вимірює температуру t_0 , порівнює її з необхідною в суматорі, і посилає сигнал про різницю температур в електронно-обчислювальну машину 10*, яка розраховує необхідну частоту обертання валів електродвигунів.

Результати чисельної реалізації автоматизованого проектування кінематичних режимів в останній чистовій кліті представлені на малюнку 2.2, при цьому задавали наступні номінальні параметри:

РОЗДІЛ 3

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИРОБНИЦТВА

3.1 Структура виробництва ПАТ «Запоріжсталь»

Виробничі потужності «Запоріжсталь» складають:

- Агломераційний цех (6 агломашин),
- Доменний цех (4 доменні печі),
- Мартенівський цех (7 мартенівських печей і 1 двоухванний сталеплавильний агрегат),
- Цех підготовки складів,
- Обжимний цех,
- Цех гарячої прокатки тонкого листа,
- Цех холодної прокатки № 1,
- Цех холодної прокатки № 3.

У **агломераційному цеху** комбінату виробляється основний залізорудний агломерат. Практично всі процеси виробництва агломерату автоматизовані.

Доменне виробництво щорічно виплавляє близько 3,8 млн. т чавуну/рік. Відмінною особливістю чавуну виробництва ПАТ «Запоріжсталь» є низький вміст у ньому сірки і фосфору.

Виробництво **мартенівського цеху** становить близько 4,0 млн. т сталі/рік. Мартенівські печі використовують природний газ. Сталь продувається киснем і аргоном. Виплавляється сталь розливається в злитки масою до 18,6 т, які використовуються для виробництва листового прокату.

Цех гарячої прокатки тонкого листа виробляє гарячекатаний прокат в листах і рулонах товщиною від 1,5 до 8,0 мм. Цех гарячої прокатки тонкого листа оснащений агрегатами для забезпечення

3.2 Опис обладнання НТЛС 1680 Запоріжсталь

В Україні станом на зараз залишився один діючий широкоштабовий стан гарячої прокатки. Це стан 1680 металургійного комбінату «Запоріжсталь». Розглянемо схему виробництва, основне устаткування та сортамент що виробляє цей стан.

НТЛС 1680 включає методичні нагрівальні печі, стан 1680, ділянка підготовки валків [7].

Печі чотиризонні з двостороннім нагріванням, дворядні з торцевою посадкою та видачою, рекуперативні. Опалюються сумішшю доменного, коксового та природного газів, калорійністю 1070 – 1260ккал/м³ за допомогою 21-го інжекційного пальника. Ширина печі 5220мм довжина печі 31,5м. Продукти горіння від усіх печей відводяться по боровах у дві димові труби заввишки 85м. Посадка слябів у печі проводиться поплавно з відділенням слябів різних плавок та розмірів спеціальними прокладками. Сляби садять як у гарячому, так і в холодному стані, за винятком окремих марок низьколегованих сталей, а також усіх високолегованих та нержавіючих сталей, які садять у печі тільки в холодному стані. Регулювання температури в зонах печі проводиться за допомогою контрольно-вимірвальної апаратури[8].

Широкоштабовий безперервний стан 1680 призначений для виготовлення штаб з вуглецевих та низьколегованих марок сталі товщиною 1,5-8 мм, шириною 850-1500 мм довжиною 1400-6000 в залежності від сортаменту, в рулонах вагою до 16 т та в листах. Прокат для холоднокатаного листа рулони перетином:(2 - 4) X (850 - 1500)мм[3].

В залежності від вимог замовників та стандартів, стан 1680 виробляє продукцію в гарячекатаному стані та з додатковим прискореним охолодженням.

РОЗДІЛ 4

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ПРОКАТКИ ТА ОБЛАДНАННЯ

3.3 Вибір режимів обтиснень та розрахунок енергосилових параметрів гарячої прокатки на стані 1680

Вихідні дані для розрахунку:

1. Заготовка – катаний сляб розміром 140x 1400
2. Маса заготовки – 10 т
3. Матеріал заготовки сталь 3сп
4. Значення коефіцієнтів, що характеризують рівень механічних властивостей для сталі 3сп $\sigma_{T0} = 87,1$; $a_1=0,124$; $a_2=0,167$; $a_3= -2,54$.
5. Кінцевий продукт – лист $h = 1,5$ мм
 $b = 1400$ мм.

Проведемо ручний розрахунок для першої після окалиноломателя кліті чорнової групи.

Додаткові дані:

6. Радіус робочих валків $R = D/2 = 940/2 = 470$ мм;
7. Коефіцієнт зовнішнього тертя в осередку деформації $f = 0,3$;
8. Швидкість прокатки $V = 1,055$ м/с
9. Питомі значення переднього та заднього натяжінь
 $S_0 = \sigma_0/2K_c = 0$
 $S_1 = \sigma_1/2K_c = 0$
10. Показник щільності матеріалу що прокочується
 $\rho = 7850$ кг/м³
11. Начальна товщина $h_0 = 121,8$ мм
12. Кінцева товщина $h_1 = 81$ мм
13. Середня швидкість прокатки $V_{cp} = 1,055$ м/с
14. Температура прокатки в даної кліті $t = 1230$ °С

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Охорона праці та захист навколишнього середовища в умовах підприємства ПАТ «Запоріжсталь»

У всіх діючих цехах повинні бути розроблені і затверджені в установленому порядку наступні інструкції:

- з охорони праці для працівників кожної професії і за видами робіт;
- технологічні;
- з технічного обслуговування і експлуатації обладнання, в тому числі електрообладнання;
- з ремонту та очищення устаткування;
- з пожежної безпеки;
- по безпечній експлуатації і ремонту об'єктів газового господарства з - обов'язковою схемою міжцехових газопроводів і розподілом їх між цехами [9].

Начальник цеху гарячої прокатки, старші майстри, майстри, змінні майстри забезпечують безпечне виконання робіт та дотримання вимог законодавчих та нормативно-правових актів з охорони праці:

- Закону України "Про охорону праці";
- Закону України „Про охорону атмосферного повітря”;
- Кодексу законів про працю України;
- Закону України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності»;
- Кардинальних правил охорони праці та промислової безпеки ПАТ «Запоріжсталь»;
- «Положення про систему управління охороною праці у ПАТ «Запоріжсталь»;

- «Порядку розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві» (затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №337 від 17.04.2019р);
- НПАОП 27.0-1.01-08 «Правила охорони праці у металургійній промисловості»;
- НПАОП 27.1-1.04-09 «Правила охорони праці у прокатному виробництві підприємств металургійного комплексу»;
- НПАОП 27.5-6.01-79 «Бірочна система на підприємствах чорної металургії. Основні положення. Порядок застосування. ОСТ 14.55-79»;
- НПАОП 27.1-1.06-08 "Правила охорони праці під час ремонту обладнання на підприємствах чорної металургії";
- НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями»;
- НПАОП 0.00-1.68-13 "Правила охорони праці під час холодної обробки металів";
- НПАОП 0.00-1.80-18 «Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підйомних пристроїв та відповідного обладнання»;
- НПАОП 27.0-4.03-19 «Положення про застосування нарядів-допусків під час виконання робіт підвищеної небезпеки у металургійній промисловості та залізорудних гірничо-збагачувальних комбінатах»;
- ДСП 3.3.1.038-99 "Підприємства чорної металургії. Державні санітарні правила»;
- Закону України „Про охорону навколишнього середовища”;
- Водного кодексу України, затв. 06.06.1995р.;
- Санітарних правил та норм охорони поверхневих вод від забруднень Сан-ПіН №4630-88, затв. МОЗ СРСР 4.07.1988р.;
- Правил охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами, затверджених постановою КМУ №465 від 25.03.1995р.;
- Закон України "Про управління відходами".

- Регламент щодо поводження з відходами виробництва ПАТ «Запоріжсталь», затв. Наказом №586 від 14.09.2022.
- Наказ від 14.07.2020 № 1596 "Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних та біологічних речовин у повітрі робочої зони";
- ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації»;
- ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень»;
- ДБН В.2.5:28-2018 «Природне та штучне освітлення»;
- ДСанПіН 3.3.6.096-2002 «Державні санітарні норми та правила при роботі з джерелами електромагнітних полів»;
- ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

У ході технологічних процесів з прокатування слябів зі злитків на стані Слябінг 1150, зачистки, маркування, складування слябів у відділенні з виробництва слябів і з прокатки гарячекатаних смуг на НТЛС 1680 в ЦГП в повітря робочої зони виділяються шкідливі речовини, зазначені в реєстрі технологічних аспектів»

Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони не повинен перевищувати встановлених норм (ГДК) згідно з наказом від 14.07.2020 № 1596 "Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних та біологічних речовин у повітрі робочої зони".

Рівень шуму на робочих місцях не повинен перевищувати ПДК згідно з ДСН 3.3.6.037-99. Параметри виробничого мікроклімату повинні відповідати вимогам ДСН 3.3.6.042-99.

Контроль за вмістом шкідливих речовин у повітрі робочої зони, пилу, параметрів мікроклімату, рівня шуму здійснюється на робочих місцях управлінням охорони навколишнього середовища [8].

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи були розглянуті стани гарячої прокатки різної конструкції та продуктивності. Для виробництва листа заданого сортаменту було обрано безперервний стан ШСГП 1680 Запорізького металургійного комбінату. Було розглянуто устаткування і технологія виробництва листової сталі, що входить до складу стану.

За допомогою ЕОМ було розроблено оптимальний режим обтиснень, а також розраховані енергосилові параметри – сила, момент та потужність прокатки.

Було виконано розрахунок техніко-економічних показників виробництва листової сталі. Розрахунок продуктивності стану показав, що обраний режим роботи стану забезпечує задану продуктивність 2,9 млн т на рік.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кондратенко М.М. Конспект лекцій з курсу "Теоретичні основи металургійних машин та агрегатів" для студентів V курсу спеціальності 6.090218 „Металургійне обладнання”. Кривий ріг 2008.
2. Ю.В. Коновалов, Е.А.Руденко, О.М. *Нові технологічні рішення по реалізації технології прокатки особливо тонких полос.* Юрьев Донецкий національний технічний університет. УДК 621.771.23 с. 200-205.
3. Курпе О. Розвиток наукових основ термомеханічної прокатки плоскої металопродукції з отриманням підвищеного рівня механічних властивостей : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.05. Маріуполь, 2020. 534 с.
4. Інструкція з охорони праці ПАТ «Запоріжсталь» 2023.
5. Офіційний сайт ПАТ «Запоріжсталь» URL: <https://zaporizhstal.com/>.
6. Портал metinvest.media URL: <https://metinvest.media/ru/page/metinvest-podtverdil-sootvetstvie-mezhdunarodnym-standartam> .
7. Іванченко Ф.К. та ін. Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів: Навч. посібник / Ф.К. Іванченко, В.М. Гребеник, В.І. Ширяєв. – К.: Вища школа. – 1995. – 455 с.
8. Бережна О. В., Малигіна С. В., Грибков Е. П. Системи автоматизованого проектування : навч. посіб. Краматорськ:ДДМА,2020 .-96 с.-978-966-379-933-9

Додаток А

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. Кухар В.В., Пожидаєв А.В., Доброносів Ю.К. Удосконалення механізму налаштування ролико-правильної машини при правці листового прокату використанням методу морфологічного аналізу. *Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали 21 Міжнародної науково-технічної конференції 20-22 червня 2023 року / за заг. ред. В.Д. Ковальова. – Краматорськ-Тернопіль: ДДМА, 2023. – С. 76-77.*

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ



**ВАЖКЕ МАШИНОБУДУВАННЯ.
ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ
РОЗВИТКУ**

МАТЕРІАЛИ
XXI МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ



КРАМАТОРСЬК-ТЕРНОПІЛЬ 2023

УДК 621.9
Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали XXI Міжнародної науково-технічної конференції 20-22 червня 2023 року / за ред. В.Д. Ковальова. — Краматорськ-Тернопіль: ДДМА, 2023. — 152 с. ISBN 978-417-7889-45-7

В збірнику наведено матеріали до вирішення актуальних проблем важкого машинобудування, конструювання, виконання та експлуатації машин, механізмів, пристроїв та робітничих місць з урахуванням прогресивних енергетичних технологій та ін.

МІЖНАРОДНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Голова
Ковальов В.Д., д.т.н., проф., ректор ДДМА

Члени програмного комітету:
Алієв І.С., д.т.н., проф., м.н. каф. ДДМА
Антонович В.С., д.т.н., проф., КХП ім. Івора Сіярського
Васильченко Я.В., д.т.н., проф., м.н. каф. ДДМА
Ворошило В.С., д.т.н., проф., КХП ім. Івора Сіярського
Євдоким Ю.М., д.т.н., проф., професор НТУ «ХП»
Григор'єв І.Є., д.т.н., проф. НУ «Дніпровський»
Давидченко Ю.М., д.т.н., проф., м.н. каф. КХП ім. Івора Сіярського
Данюк П., проф. ВТМІ, Трестон, Сербія
Захарович О.Ю., д.т.н., проф., м.н. каф. НТУ «ХП»
Зіньков В.О., д.т.н., проф. СхідНУ
Калашніков Л.П., д.т.н., проф., професор ДДМА
Касин В.Д., д.т.н., проф., м.н. каф. ДДМА
Клименко Г.П., д.т.н., проф., ДДМА

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗМУ НАЛАШТУВАННЯ РОЛИКО-ПРАВІЛЬНОЇ МАШИНИ ПРИ ПРАВЦІ ЛИСТОВОГО ПРОКАТУ ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ МОРФОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ

Кухар В.В., Пожидаєв А.В., Доброносів Ю.К.
(ГП «Інженерне підприємство «МІНІВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», м. Краматорськ, Україна)

Технологія виготовлення листової сталі металургійної істотній етапів процесу: лива на розлив-протяжку, випалювання (РПМ), сортування, заготовлення (ЗГ) та прокатання (П). Найбільш складним етапом процесу є правка листової сталі. Правильність форми листу визначається як морфологією, так і механічними властивостями. Для забезпечення високої якості продукції необхідно використовувати методи морфологічного аналізу. У статті розглядається метод морфологічного аналізу для налаштування ролико-правильної машини при правці листового прокату. Представлено результати досліджень та порівняння різних методів налаштування машини. Висновки: використання методу морфологічного аналізу дозволяє оптимізувати процес налаштування ролико-правильної машини, що призводить до підвищення якості продукції та зменшення витрат на енергію та матеріали.



Рис. 1. Ролико-правильна машина для правки листового прокату

Мета роботи було удосконалити ролико-правильну машину в стані роботи системою налаштування зокрему для розробки з метою зменшення дефектованості та виключення виготовлення невідповідної продукції.

Для розв'язання поставленої мети було виконано використання оригінальної методи морфологічного аналізу. Розробка програмного забезпечення.

Формулювання проблеми. Проблема виконання відповідності листового прокату листу з урахуванням точності налаштування допусків опору в процесі руху листування відповідної металургійної прокатки. Треба повернути лист з нахилом та підсилити його механічні властивості. Це робиться шляхом точного налаштування ролико-правильної машини при температурі випалу сталі РПМ.

Використання параметрів, які впливають на рішення проблеми. Висновки: основні морфологічні параметри, що впливають на ефективність роботи системи налаштування зокрему на РПМ: А – Прискорення контролю прокату; Б – Механічні властивості листу; В – Механічні властивості листу; Г – Механічні властивості листу; Д – Механічні властивості листу; Е – Механічні властивості листу; Ж – Механічні властивості листу; З – Механічні властивості листу; И – Механічні властивості листу; К – Механічні властивості листу; Л – Механічні властивості листу; М – Механічні властивості листу; Н – Механічні властивості листу; О – Механічні властивості листу; П – Механічні властивості листу; Р – Механічні властивості листу; С – Механічні властивості листу; Т – Механічні властивості листу; У – Механічні властивості листу; Ф – Механічні властивості листу; Х – Механічні властивості листу; Ц – Механічні властивості листу; Ч – Механічні властивості листу; Ш – Механічні властивості листу; Щ – Механічні властивості листу; Ъ – Механічні властивості листу; Ы – Механічні властивості листу; Ь – Механічні властивості листу; Э – Механічні властивості листу; Ю – Механічні властивості листу; Я – Механічні властивості листу.

Таблиця 1. Метричні властивості листу

| № | Метричні властивості | Властивості | | | |
|---|-----------------------|-------------|----------|------------|------------|
| | | А | Б | В | Г |
| 1 | Механічні властивості | Листовий | Слоистий | Металічний | Металічний |
| 2 | Механічні властивості | Листовий | Слоистий | Металічний | Металічний |
| 3 | Механічні властивості | Листовий | Слоистий | Металічний | Металічний |
| 4 | Механічні властивості | Листовий | Слоистий | Металічний | Металічний |
| 5 | Механічні властивості | Листовий | Слоистий | Металічний | Металічний |

Вибір параметрів рішення. Найбільш розроблено: Параметр 1, 2А, 2Б, 3А, 4Б, 5А (в найбільшій кількості).

Висновки. Розроблено оригінальну методику налаштування ролико-правильної машини при правці листового прокату. Використання методу морфологічного аналізу дозволяє оптимізувати процес налаштування ролико-правильної машини, що призводить до підвищення якості продукції та зменшення витрат на енергію та матеріали.

Висновки. Розроблено оригінальну методику налаштування ролико-правильної машини при правці листового прокату. Використання методу морфологічного аналізу дозволяє оптимізувати процес налаштування ролико-правильної машини, що призводить до підвищення якості продукції та зменшення витрат на енергію та матеріали.

2. Грибков Е.П., Пожидаєв А.В. Удосконалення логічних режимів прокатки особливо тонких полос на стані НТЛС 1680. *International scientific conference "MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education": conference proceedings (November 29–30, 2023, Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : "Baltija Publishing", 2023. Vol. 1. - P. 24–26.*

DOI (URL): <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-5>

mp metinvest polytechnic

International scientific conference "MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education": conference proceedings (November 29–30, 2023, Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : "Baltija Publishing", 2023. Vol. 1. - P. 24–26.

International scientific conference

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

November 29–30, 2023

Volume 1

BALTIA PUBLISHING

2023

УДОСКОНАЛЕННЯ ЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ ПРОКАТКИ ОСОБЛИВО ТОНКИХ ПОЛОС НА СТАНІ НТЛС 1680

Грибков Е.П., Пожидаєв А.В., Доброносів Ю.К.

Мета роботи було удосконалити логічні режими прокатки особливо тонких полос на стані НТЛС 1680. Представлено результати досліджень та порівняння різних методів налаштування машини. Висновки: використання методу морфологічного аналізу дозволяє оптимізувати процес налаштування ролико-правильної машини, що призводить до підвищення якості продукції та зменшення витрат на енергію та матеріали.

Мета роботи було удосконалити логічні режими прокатки особливо тонких полос на стані НТЛС 1680. Представлено результати досліджень та порівняння різних методів налаштування машини. Висновки: використання методу морфологічного аналізу дозволяє оптимізувати процес налаштування ролико-правильної машини, що призводить до підвищення якості продукції та зменшення витрат на енергію та матеріали.

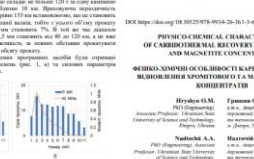


Рис. 1. Результати досліджень (а) та порівняння різних методів налаштування машини (б)

Висновки. Розроблено оригінальну методику налаштування ролико-правильної машини при правці листового прокату. Використання методу морфологічного аналізу дозволяє оптимізувати процес налаштування ролико-правильної машини, що призводить до підвищення якості продукції та зменшення витрат на енергію та матеріали.

Мета роботи було удосконалити логічні режими прокатки особливо тонких полос на стані НТЛС 1680. Представлено результати досліджень та порівняння різних методів налаштування машини. Висновки: використання методу морфологічного аналізу дозволяє оптимізувати процес налаштування ролико-правильної машини, що призводить до підвищення якості продукції та зменшення витрат на енергію та матеріали.

Мета роботи було удосконалити логічні режими прокатки особливо тонких полос на стані НТЛС 1680. Представлено результати досліджень та порівняння різних методів налаштування машини. Висновки: використання методу морфологічного аналізу дозволяє оптимізувати процес налаштування ролико-правильної машини, що призводить до підвищення якості продукції та зменшення витрат на енергію та матеріали.

Мета роботи було удосконалити логічні режими прокатки особливо тонких полос на стані НТЛС 1680. Представлено результати досліджень та порівняння різних методів налаштування машини. Висновки: використання методу морфологічного аналізу дозволяє оптимізувати процес налаштування ролико-правильної машини, що призводить до підвищення якості продукції та зменшення витрат на енергію та матеріали.