

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ**  
**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

КАФЕДРА ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ

(повна назва кафедри)

**Кваліфікаційна робота**

другий магістерський

(рівень вищої освіти)

на тему: «Аналіз технології прокатування жерсті з маловуглецевих сталей  
для підвищення якості металу»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1369-ОМТ мд

спеціальності 136 Металургія

(код і назва спеціальності)

освітньої програми обробка металів тиском

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

Я.Р. Кокорін

(ініціали та прізвище)

Керівник доцент, к.т.н., Ю.В. Бондаренко

(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Рецензент доцент, д.т.н. О.В. Явтушенко

(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Запоріжжя

**2020**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет металургії

Кафедра обробки металів тиском

Рівень вищої освіти другий магістерський

Спеціальність 136 Металургія

(код та назва)

Освітня програма Обробка металів тиском

(код та назва)

Спеціалізація \_\_\_\_\_

(код та назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ОМТ

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Кокоріну Ярославу Рафіковичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту): «Аналіз технології прокатування жерсті з маловуглецевих сталей для підвищення якості металлу»

керівник роботи Бондаренко Юлія Володимирівна, к.т.н., доцент,

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

затверджені наказом ЗНУ від « \_\_\_\_\_ » 20 року № \_\_\_\_\_

2 Строк подання студентом роботи до \_\_\_\_\_ 2020 року

Вихідні дані до роботи: стан 650 в умовах ВАТ «Запоріжсталь»; стандартні методики розрахунків в прокатному виробництві; прокатування штаби перетином 0,22x430мм та 0,50x450мм зі сталі 08пс

3 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ; 1. Аналітично-пошукова частина; 2. Дослідницько-розрахункова частина; 3. Обробка результатів дослідження; 4. Охорона праці та техногенна безпека; Висновки; Список використаної літератури.

4 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Презентація до 16 слайдів (обов'язкові слайди з метою та задачами дослідження, методикою дослідження, результатами дослідження та висновки.

## 5 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Бондаренко Ю.В., доцент		
2	Бондаренко Ю.В., доцент		
3	Бондаренко Ю.В., доцент		
4	Бондаренко Ю.В., доцент		

6 Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітично - пошукова частина		
2	Дослідницько-розрахункова частина		
3	Обробка результатів дослідження		
4	Охорона праці та техногенна безпека		
5	Вступ, Висновки, Реферат,		
6	Оформлення пояснювальної записки роботи		
7	Підготовки графічного матеріалу		

Студент \_\_\_\_\_ Я.Р.Кокорін  
(підпис) (ініціали та прізвище)Керівник роботи \_\_\_\_\_ Ю. В. Бондаренко  
(підпис) (ініціали та прізвище)**Нормоконтроль пройдено**Нормоконтролер \_\_\_\_\_ О. В. Явтушенко  
(підпис) (ініціали та прізвище)

## **Abstract**

The explanatory note to the master's final qualification work contains 99 letters, 8 figures, 12 tables, 27 sources.

The theme of work is "Analysis of tin-rolling technology from low-carbon steels to improve the quality of metal"

The aim of work : development of technology for rolling tin from low-carbon steels to improve the quality of metal.

The main object of work is the state of cold rolling 650 and the unit of hot tinning.

This paper presents measures to improve the existing equipment of the tin units section at JSC MK "Zaporizhstal".

The calculation of the metal flow voltage, calculation of rolling force parameters and rolling torques is performed.

It is proposed to improve the technology of rolling at the state of 650 by increasing the capacity of the units and modernization of certain units, which makes it possible to improve the quality of rolling.

**TIN, COLD ROLLING, ROLLS, PRODUCTIVITY, DEFORMATION,  
CAGE, CUTTING ANGLE, ROLLER, EQUIPMENT, SECTION, LABOR  
PROTECTION**

## Реферат

Пояснювальна записка до випускної кваліфікаційної роботи магістра містить 99 листів, 8 рисунків, 12 таблиць, 27 джерел.

Тема роботи «Аналіз технології прокатування жерсті з маловуглецевих сталей для підвищення якості металу»

Мета роботи: розробка технології прокатування жерсті з маловуглецевих сталей для підвищення якості металу.

Основним об'єктом роботи є стан холодної прокатки 650 та агрегат гарячого лудіння.

У даній роботі представлені заходи з вдосконалення існуючого нині обладнання агрегатів дільниці жерсті на ВАТ МК "Запоріжсталь".

Провено розрахунок напруги течії металу, розрахунок силових параметрів прокатки та обертових моментів прокатки.

Пропонується вдосконалення технології прокатування на стані 650 за рахунок збільшення пропускної здатності агрегатів та модернізація певних вузлів, що дає можливість покращити якість прокату.

**ЖЕРСТЬ, ХОЛОДНА ПРОКАТКА, ВАЛКИ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, ДЕФОРМАЦІЯ, КЛІТЬ, КУТ ЗАХОПЛЕННЯ, ЗМОТУВАЧ, ОБЛАДНАННЯ, ДІЛЬНИЦЯ, ОХОРОНА ПРАЦІ**

## ЗМІСТ

Вступ.....	7
1. АНАЛІТИЧНО-ПОШУКОВА ЧАСТИНА.....	10
1.1 Прокатка жерсті.....	10
1.2 Технічні характеристики жерстепрокатного стану 650.....	12
1.3 Підкат для жерсті.....	16
1.4 Технологічний процес виробництва жерсті.....	19
1.5 Цех холодної прокатки.....	32
1.6 Аналіз технології прокатування і устаткування стану 650 та заходи щодо їх вдосконалення.....	36
1.7 Опис технологічного процесу після вдосконалення.....	37
2. ДОСЛІДНО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	39
2.1 Розрахунок режимів напруження та енергосилових параметрів.....	39
2.2 Розрахунок пропускної спроможності агрегатів.....	67
2.3 Розрахунок пропускної спроможності агрегатів після вдосконалення...	70
3. ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	74
3.1 Схема технологічних операцій виробництва жерсті гарячого лудіння...	74
3.2 Заходи щодо економії олова.....	81
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....	86
4.1 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища.....	86
4.2 Заходи з поліпшення умов праці.....	88
4.3 Заходи з електробезпеки.....	90
4.4 Заходи з пожежної та техногенної безпеки .....	92
4.5 Розрахунок природного освітлення.....	94
Висновки.....	96
Список використаної літератури.....	97

## ВСТУП

На англійській мові слово «жерсть» визначається словом tinplate, французькою - ferblanc, німецькою – weißblech. Таким чином, в країнах, де розмовляють цими мовами, поняття про жерсть поєднується з уявленням про тонкий сталевий лист з покриттям із олова, яке робить лист білим.

На українській мові слово «жерсть» схоже на слово «жорсткий» і ніяк не пов'язане з уявленням про покриття із олова.

Жерсть може бути чорною, тобто непокритою яким-небудь захисним покриттям, а також луженою, хромованою, алюмінізованою та ін.

До середини минулого сторіччя жорсткість жерсті визначалась підбором хімічного складу сталі та дресировкою відпаленого листа, тобто прокаткою з невеликим обтиском (1-3%). В даний час поряд з попередніми методами існує більш діючий метод отримання жерсті з потрібними механічними властивостями - термічною обробкою тонкої полоси у прохідних печах горизонтального або баштового типу чи подвійною холодною прокаткою до та після відпалу.

Лужена жерсть практично зберігає властивості чорної жерсті. Однак надтонкий шар покриття із олова має багато корисних властивостей.

Відносне подовження олова доходить до 86%, що більш ніж у два рази більше, ніж у вуглецевої сталі. Тому при різних видах деформації білої жерсті олово слугує змазкою, в значній мірі понижуючи коефіцієнт тертя, а отже, й зусилля при деформації.

Потенціал олова у більшості харчових середовищ має більш електронегативне значення, ніж потенціал заліза. Крім того олово в певній кількості (до 200 мг/кг харчового продукту) є нетоксичним металом.

Олово міцно утримує на своїй поверхні лаки, емалі, фарби та мастила. Воно покращує здатність жерсті до пайки. Дозволяє проводити процес виготовлення тари для зберігання консервованих продуктів на великих

швидкостях у безперервних автоматизованих агрегатах, що є перевагою покриття із олова над іншими видами покриття.

Поєднуючи в собі міцність та жорсткість сталі з перерахованими властивостями олова, луджена жерсть представляє собою цінний матеріал для виготовлення легкої, міцної та зручної тари.

Найбільш яскравою особливістю виготовлення жерсті є постійне зниження товщини сталюї основи та товщини слою покриття із олова. Випуск надтонкої жерсті визвав змінення технології виробництва жерсті. Широко почали втілювати безперервні печі відпалу, виникли шести клітьові стани холодної прокатки та три клітьові стани вторинної прокатки, змінилися стандарти на фізико-механічні властивості, так як чим тонша жерсть, тим більш жорсткою та пружною вона повинна бути при збереженні необхідної пластичності для виготовлення тари.

Дуже важливим фактором сучасного виробництва білої жерсті є зниження питомих витрат олова, що по суті пов'язано зі зниженням товщини покриття.

Останніми роками лабораторією жерсті розроблені нові технологічні процеси електролітичного лудіння із сірчаноокислих електролітів розчинів, одностороннє лудіння із електролітів розплавів, пасування білої жерсті, лакування чорної жерсті.

Крім того випускають жерсть з диференційними покриттями: одна сторона жерсті покрита відносно тонким шаром олова (0,38-0,77 мкм), а друга - відносно товстим (1,22-1,54 мкм). Таку жерсть застосовують, коли у консервних банках консервують агресивні продукти, або коли в умовах тропічного вологого клімату необхідно підвищити корозійну стійкість зовнішньої поверхні консервної банки. Жерсть з диференційним покриттям із олова виробляється у обмеженій кількості; її виробництво пов'язане з втратою продуктивності агрегату електролітичного лудіння.

Найбільш широке застосування отримує жерсть з тонкими покриттями (0,38 - 0,77 мкм). Це пояснюється тим, що електролітично луджена жерсть



застосовується у якості тари після додаткового лакування. Корозійна стійкість такої жерсті у значній мірі залежить від якості лаку, його хімічної та механічної стійкості. При підході до лаку, як до основного захисного слою на жерсті можливо застосовувати покриття із олова товщиною до 0,2 - 0,1 мкм.

Серйозним конкурентом білої жерсті є без олов'яна, хромована жерсть. Досвід хромування жерсті перевернув усі попередні уявлення про товщину покриття. Споживачі жерсті привикли до товщини покриття 1-3 мкм та насилу йдуть на покриття менше 1 мкм, враховуючи, що зі зменшенням товщини шару збільшується його пористість. Однак при хромуванні жерсті шар хромового покриття має товщину 0,05 - 0,02 мкм, а на деяких підприємствах досягається товщина 0,0075 - 0,0025 мкм, при цьому досягається достатньо висока суцільність.

## 1. АНАЛІТИЧНО-ПОШУКОВА ЧАСТИНА

### 1.1 Прокатка жерсті

Прокатка гарячекатаної протравленої штаби до остаточної товщини 0,15 – 0,5 мм відбувається на багатоклітьових станах холодної прокатки (п'яти-, чи навіть шести клітьових). Кожна кліть складається з чотирьох валків розташованих один над іншим. Два робочих валка кожен діаметром близько 600мм знаходяться в прямому контакті зі штабою в процесі прокатки. У той час як опорні валки підтримують робочі та забезпечують необхідну жорсткість системи. В кінці процесу прокатки штаба розвиває швидкість 40м/с [1].

Під час холодної прокатки штаби товщина її часто зменшується більш ніж на 90%. На цій стадії жерсть одинарної прокатки на відміну від жерсті подвійної прокатки прокатується до приблизно остаточної товщини. За багатьма факторами, такими як навантаження, міжклітьове натягнення, змащення, охолодження і профіль штаби ведеться уважний моніторинг і контроль з метою отримання виходу першосортної продукції. Більшість виробників встановлюють апаратуру автоматичного контролю.

Більш детальний технологічний процес прокатки жерсті розглянемо на прикладі безперервного чотирьохклітьового стану 650 ВАТ «Запоріжсталь».

Чотирьохклітьовий безперервний стан 650 призначений для прокатки жерсті шириною 430 – 535 мм.

Рулони, які призначені для холодної прокатки електро-мостовим краном подаються у прийомний накопичувальний жолоб, а потім поштучно подаються на люльку розмотувача. Кінці штаб, що задаються у стан ретельно оглядаються та при наявності дефектних ділянок обов'язково обрізуються.

Прокатка штаби починається з захоплення її переднього кінця валками 1-ї кліті. Після виходу переднього кінця штаби з робочих валків першої кліті та захоплення її робочими валками 2-ї кліті старший вальцювальник стану заміряє товщину обтисненого переднього кінця та доводить її до показників, які

зазначені у режимах обтиснень. При цьому після переведення стану на робочу швидкість, товщина штаби, яка виходить з 1-ї кліті повинна дорівнювати товщині штаби, наведених у режимах обтиснень.

У момент захвату штаби робочими валками 2-ї кліті штаба отримує натягнення. Прокатка штаби у 2-4-й кліті відбувається аналогічно, як і в першій кліті.

Передній кінець штаби, який вийшов з 4-ї кліті за допомогою проводки заправляється у зів змотувача та робиться намотування 4-5 витків.

Після створення натягнення штаби змотувачем над штабою заводиться безконтактний товщиномір. Після досягнення потрібної товщини закладається паперова відмітка та стан переводиться на нормальний режим роботи.

У процесі прокатки поверхня валків повинна бути чистою, без недоліків, незначні дефекти повинні бути зачищені. При появі грубих дефектів валки замінюються.

Допустима різниця у діаметрах робочих валків на чотирьохклітьовому стані – не більше 2мм.

Для забезпечення якісного профілю штаб, які прокатуються здійснюють заміну, так називаємо перевалку робочих та опорних валків.

Після перевалки валків обов'язково проводиться перевірка їх на паралельність. Це відбувається подачею води на валки, які обертаються по всій довжині бочки. Валки рахуються паралельними, коли товщина водяного слою, який просочується однаковий, а показання амперметрів лівого та правого гвинтів не перевищують 40 А.

При прокатуванні на штабу подається технологічна змазка з передньої сторони кожної кліті (окрім кліті №4) та за допомогою розпилувачів рівномірно наноситься на обидві сторони штаби. Охолодження валків здійснюється за допомогою води з задньої сторони клітей, а на кліті №4 – з передньої. Для застереження попадання води на штабу (для застереження ржавіння металу) на верхній опорний валок кліті №4 встановлюється проводка з гумовими прокладками яка запобігає попаданню води з бочки опорного валка

на штабу. Також з задньої сторони кліті №4 встановлений повітряний відсікач. Котрий забезпечує здування води з поверхні штаби. Температура емульсії, яка подається на стан, повинна бути взимку не нижче 25 – 30<sup>0</sup> С, влітку 28 – 34<sup>0</sup> С. Охолодження валків повинно починатися одночасно з прокаткою, та зупинятися із зупинкою стану.[2]

Задні кінці штаб повинні бути рівними, не повинні мати хвостів. Це застерігає робочі валки від порізів.

Підйомний стіл, прийнявши на себе рулон, переміщується до транспортеру рулонів. Знятий з барабану змотувача рулон виставляється на цепний транспортер, а знімач рулонів повертається під барабан змотувача.

При припиненні прокатки валки обов'язково вивільняються від загрузки та розводяться для отримання зазору з метою кращого їх охолодження. На валках, які завалили у кліть після їх перешліфовки, необхідно для кращого використання їх бочок починати прокатку з більш широких смуг та помірно переходити до більш вузьких.

Робочі валки, які мають максимально твердість, зазвичай встановлюють у четверту кліть. По мірі перешліфовки від четвертої до першої.

## 1.2 Технічні характеристики жерстепрокатного стану 650

Безперервний стан 650 складається з чотирьох послідовно розташованих робочих клітей «Кварто» та допоміжного обладнання: конусного розмотувача, прес-провідника перед першою кліттю для створення заднього натягнення, тензометричних вимірювачів натягнення штаби між клітьми стану, змотувача барабанного типу з гідравлічним знімачем рулонів [7].

Таблиця 1.1 – Характеристика електродвигунів приводу робочих валків.

№ кліті	Потужність двигуна, кВт	Число обертів у хвилину
1	258-315	630/1500
2	221-315	630/1500
3	221-315	630/1500
4	221-315	630/1500

Рух до кожної кліті від вала електродвигуна передається через редуктор та шестерінчасту кліть.

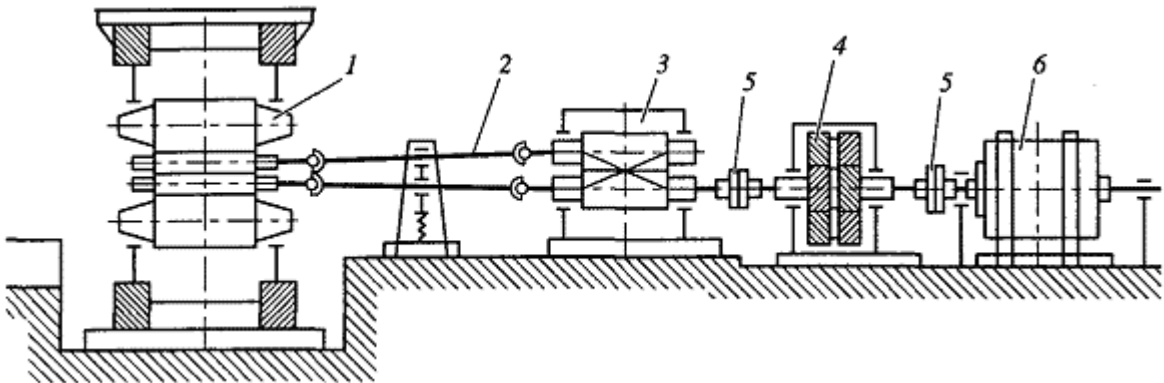


Рисунок 1.1 – Схема головної лінії прокатної кліті: 1-валки; 2-шпинделі; 3-шестерінчаста кліть; 4-редуктор; 5-муфта; 6-електродвигун.

Головна лінія складається з електродвигуна 1, який передає обертовий момент через шків 2 на шестерінчасту кліть 3. Від шестерінчастої кліті через універсальні шпинделі 4 з їхніми опорами 5 обертовий момент передається до робочих валків.

Для зменшення вигинів робочих валків використовуються опорні валки 6, встановленні у подушках 12. Для врівноваження верхніх валків та їх подушок передбачені пристрої для врівноваження 9, які в свою чергу встановленні на кліті 8. Там же розташовані нажимні механізми 7 з приводами 10. Нажимні механізми слугують для вертикального встановлення проміжку між валками для регулювання товщини штаби, що катається.

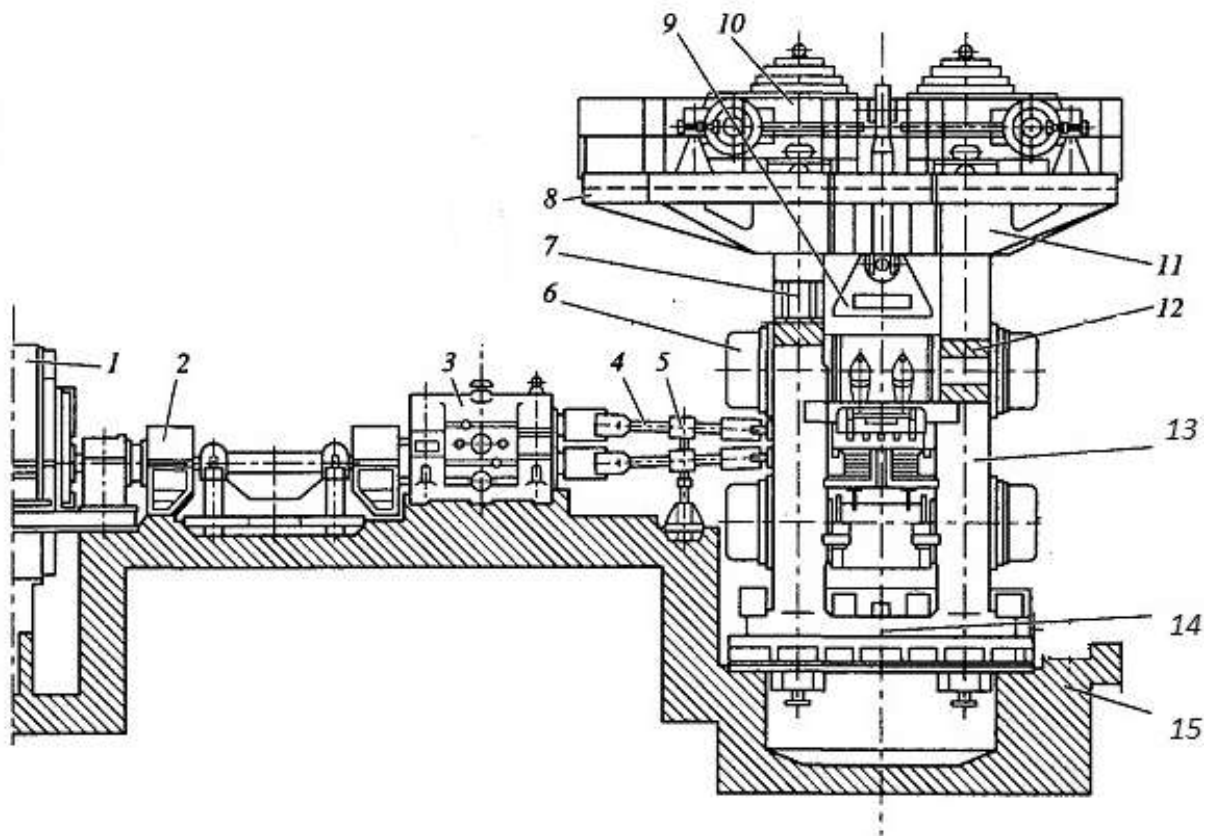


Рисунок 1.2 – Головна лінія чотирьохвалкового прокатного стану.

1 – електродвигун; 2 – шків; 3 – шестерінчаста кліть; 4 – універсальні шпинделя; 5 – опори; 6 – опорні валки; 7 – нажимний механізм; 8 – кліть; 9 – пристрій для врівноваження; 10 – привід; 11 – верхня траверса; 12 – подушки; 13 – стійки; 14 – нижня траверса; 15 – фундамент.

Станину кліті утворюють стійки 13, з'єднані між собою верхньою 11 та нижньою 14 траверсами. Кліть встановлена на фундаменті 15, до якого кріпиться анкерними гвинтами.

Чимале значення при прокатуванні мають шестерінчаста кліть, яка розподіляє обертовий момент від одного електродвигуна на пару робочих валків, та редуктор, за допомогою якого контролюється швидкість обертання валків, завдяки передаточному числу, та який сприймає на себе зусилля, яке виникає при обертовому моменті.

Таблиця 1.2 – Передаточне число редукторів.

№ кліті	Передаточне число
1	8,47
2	5,21
3	4,6
4	4,6

При холодному прокатуванні існує безліч видів профілювання валків, їх випуклість та структура. З метою запобігання непланшетності штаби по її довжині та ширині, та з метою забезпечити її високу площинність до робочих та опорних валків висувають чималі вимоги. Так характеристика прокатних валків для стану 650 наведена у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Характеристика прокатних валків .

Найменування валка	Розміри валків, мм						Маса валка, кг
	бочка			шийка		Загальна довжина	
	Діаметр(Ø)		довжина (ℓ)	Ø	ℓ		
	min	max					
робочий	238	250	650	120	210	1600	335
опорний	565	605	650	300	210	1800	2075

Так перевалка є обов'язковою операцією, для забезпечення отримання якісного профілю. [3]

Планова перевалка робочих валків клітей №2 та №3 проводиться через 16 годин роботи; робочих валків кліті №4- через 8 годин; робочих валків кліті №1- через 24 години. Опорні валки усіх клітей замінюються по мірі їх вироблення, але не пізніше, ніж після прокатки 2000 тонн металу.

Матеріал валків – легована сталь 9Х, 9ХСВФ, 9ХФ. Твердість валків по Шору: робочих валків 95-100 одиниць; опорних – 60-85 по ГОСТ 3541-79.

Заправна швидкість на стані складає 0,5 м/с, цього достатньо для забезпечення безперешкодливо заправити штабу від розмотувача, через 4 кліті до намотувача.

Таблиця 1.4 – Число обертів робочих валків та швидкість прокатки.

№ кліті							
1		2		3		4	
min	max	min.	max	min	max	min	max
Число обертів за хвилину							
74,5	175	120	280	135	325	135	325
Швидкість прокатки, м/с							
0,95	2,85	1,55	3,65	1,75	4,15	1,75	4,15

Опускання робочих та опорних валків з метою запобігання перекосу та для вибору необхідного обтиску, а також для безперешкодливого проходження переднього необтисненого кінця штаби на стані відбувається за допомогою нажимного пристрою.

Нажимний пристрій складається з двох редукторів із загальним передаточним числом 1 : 1273 та двох двигунів, потужністю 4,9 кВт з числом обертів 1420 об/хв. Швидкість переміщення нажимних гвинтів при холостому ході 0,186 мм/с. Переміщення нажимних гвинтів вимірюється показами продуктиметрів. Урівноваження робочих валків відбувається за допомогою пружин. Верхній опорний валок переміщується у вертикальному положенні разом із механізмом нажимного пристрою.

Намотування штаби в рулон відбувається за допомогою змотувача барабанного типу з приводом від електродвигуна через редуктор. Діаметр барабану змотувача – 400 мм, розтиснення барабана від гідроциліндра діаметром 250 мм, хід плунжера 60 мм при тискові у системі 50 гк/см<sup>2</sup>.

### 1.3 Підкат для жерсті

Технологія виробництва жерсті на металургійному підприємстві представляє собою технологічний ланцюжок, починаючи з виплавки сталі та закінчуючи випуском білої лудженої жерсті у вигляді рулонів або листів [7].



Для виробництва жерсті використовують литі сляби, маса сталевих злитків досягає 20-25 тонн.

Литі сляби або сляби, прокатані на слябінгу із злитків, надходять до нагрівальних печей тонколистового стану. Проходячи через безперервну лінію прокатних клітей, нагріті сляби прокатуються у гарячекатані штаби, котрі змотуються у рулони і передаються до ЦХП-1, який представляє собою комплекс важкого обладнання і різних технологічних процесів.

Гарячекатана штаба, змотана у рулони, проходить травлення в безперервних лініях, і потім надходить на реверсивний стан холодної прокатки 1200, після чого метал направляється на агрегат очищення і поздовжньої різки. Після очищення метал у рулонах направляється до стану повторної холодної прокатки 650 і 450, на дискові ножиці для обрізання кромки, на чистильно-миючий агрегат, після чого рулони відпалюють у 4 – х стопних ковпакових печах. Кінцеві операції відбуваються на агрегатах гарячого лудіння з покриттям жерсті олов'яним шаром.

Як видно з наведеної схеми, у цьому важкому процесі виготовлення жерсті останньою технологічною операцією перед лудінням жерсті являється повторна холодна прокатка або дресування, для випуску жерсті з підвищеними фізико-механічними і пластичними властивостями. Однак фізико-механічні властивості жерсті, також як і інші її властивості (стійкість проти ржавіння і т.д.) визначаються не тільки у результаті термічної обробки і прокатки, а й залежать і від хімічного складу і способу її виплавки.

Для виробництва жерсті застосовують сталь марок 08пс і 08ю. Хімічний склад яких наведений у таблиці 1.5.

Зазначені сталі використовують в залежності від агресивності харчового продукту, який міститься у банці та від потрібних фізико - механічних властивостей.

Таблиця 1.5 – Хімічний склад сталей для виготовлення жерсті

Марка сталі	Вміст елементів, %							
	вуглець	марганець	кремній	сірка	фосфор	хром	нікель	мідь
	Не більше							
08пс	0,05-0,08	0,25-0,40	0,03	0,03	0,02	0,10	0,15	0,15
08ю	Не більше 0,07	Не більше 0,35	0,03	0,025	0,02	0,03	0,06	0,06

Граничним показником кремнію у сталі довгий час рахували 0,03 %. Та завдяки дослідженням підтверджена гарна корозійна стійкість жерсті при декілька більшому його вмісті. При виготовленні жерсті, призначеної для зберігання напоїв з вмістом вуглецевого газу у ньому, дуже важливо мати певну концентрацію та співвідношення домішок у сталі. сталь повинна містити не більш ніж 0,03 % вуглецю (співвідношення марганцю до вуглецю повинно бути не більш ніж 12 : 1).

У випадку застосування литих слябів з низковуглецевої сталі киплячої плавки зустрічаються труднощі, які пояснюються поганою якістю поверхні слябів та наявністю у металі поверхневих газових пузирів. Так в деяких країнах почалися пошуки нових сортів сталей. Так був запатентований новий вид сталі «Рібанд 1». Це низковуглецева сталь, розкислена кремнієм та алюмінієм у суворому співвідношенні, що здатна забезпечити отримання високоякісних слябів без тугоплавких включень. Вміст кремнію у сталі «Рібанд 1» складає близько 0,04 %, що значно вище ніж за стандартами. Проте проведені тривалі випробування фірмою, що запатентувала сталь на штампуємість та корозійну стійкість показали гарні результати.[1]

Але для комбінату «Запоріжсталь» в межах його спеціалізації виплавка даної марки сталі конкретно для підкату жерсті є недоцільним. Проте жерсть (без покриття) та стрічка можуть виготовлятися і із інших марок сталі в межах встановленої спеціалізації (65Г по ТІ 226-ОБЗ-06-09, ст3пс по

ТІ 226-ОБЗ-11-09 та ін.).

Рулони підкату для жерсті та стрічки повинні відповідати вимогам внутрішньо-комбінатовського стандарту СТП 226.06.01-05. Маса рулонів підкату для жерсті в залежності від того, одинарний чи подвійний це рулон у межах 4,5 – 12.

Рулони підкату повинні мати чітке маркування, яке визначає номер рулону, номер плавки, розмір штаби та номер бригади, що катала цей метал. Маркування наноситься на зовнішній виток зазвичай лаком, проте може бути нанесене фарбою чи маркером. Рулони підкату повинні бути упаковані по окружності однією сталлюю стрічкою.

Направлення підкату жерсті та стрічки на агрегат прокольного розпуску проводиться відповідно графіка – завдання ПДБ ЦХП-1.

#### **1.4 Технологічний процес виробництва жерсті**

Технологічний процес, за виключенням виробництва підкату для жерсті, включає в себе наступні вагомо складні операції [7]:

- Обезжирювання та поздовжній розпуск підкату;
- прокатка жерсті на станах холодної прокатки;
- обрізка кромки та поздовжня різка штаб на дискових ножицях;
- обезжирення та мийка штаб;
- відпал холоднокатаної жерсті та штаби;
- дресирування жерсті;
- нанесення покриття на поверхню жерсті;
- упаковка готової жерсті та стрічки.

Рулони, котрі прокатані на станах холодної прокатки перед подальшим операціями для видалення мастила та забруднень піддають обезжирюванню та очищенню. На комбінаті цей процес поєднаний з розпуском підкату на агрегаті розпуску.

Обладнання головної частини агрегату забезпечує запас рулонів, їх подачу до розмотувача, задачу штаби у агрегат, обрізання кінців штаби, розмотування рулону, подачу штаби до середньої частини агрегату та складається з приймального пристрою, розмотувача, роликів, що подають штабу, ножиць з нижнім різанням, пристрою для прибирання обрізі, який у свою чергу складається з похилого жолобу, коробу та візка.

Приймальний пристрій складається з похило встановленої рами, вкритої зверху настільними плитами з пневматичними упорами для рулонів.

Розмотувач складається з двох конусів, переміщення котрих здійснюється від двох гідроциліндрів, приймального стола, підйом якого здійснюється від гідроциліндра, притискного ролика, підйом та опускання якого відбувається за допомогою пневмоциліндру.

Гідроциліндр переміщення конусів:

діаметр, мм	160
хід штоку, мм	650
мінімальна відстань між конусами, мм	720
максимальна відстань між конусами, мм	2030

Гідроциліндр приймального столу:

діаметр, мм	250
хід штоку, мм	600
робочий тиск у системі гідравліки, кгс/см <sup>2</sup>	60

Пневмоциліндр притискного ролика:

діаметр, мм	200
хід штоку, мм	350
тиск повітря у системі, кгс/см <sup>2</sup>	4

Ролики для подачі штаби мають розміри: діаметр – 250 мм, довжина – 1150 мм, привід нажимного пристрою – пневматичний, з робочим тиском – 4 атм та максимальним підйомом верхнього ролику – 50 мм.

Ножиці з нижнім різанням мають довжину ріжучої кромки ножа 1450 мм, кут нахилу верхнього ножа – 2° та роблять 3 ÷ 12 різань/хв.. максимальна

товщина штаби, що ріжеться – 2мм, при тимчасовому опорі не більше 45 кг/мм<sup>2</sup>.

Обладнання середньої технологічної частини агрегату забезпечує механічне очищення та хімічне обезжирення штаби, промивання штаби у гарячій воді, відтиснення вологи, сушку штаби, а також транспортування штаби по агрегату та складається з наступних вузлів:

Чистильно – миюча машина складається з ванної, що обезжирює №1 та промивочної ванної №2. Ванна №1 складається з трьох відсіків наступних ємностей (м<sup>3</sup>), перший – 2,25; второй – 1,8; третій – 1,8. Ємність ванної №2 – 2,25м<sup>3</sup>. підігрів води відбувається гострим паром.

Кожен відсік ванної №1 та ванної №2 обладнані:

— трубопроводами з вентилями для наповнення ванн холодною водою та спуску вод (чи розчину) у каналізацію;

— всмоктувальною трубою з вентиляем – для надходження води чи розчину із ванної у насоси;

— нагнітаючої труби з вентиляем – для нагнітання води чи розчину із насосу в колектори;

— двома парами транспортуючих металевих роликів діаметром 230 мм та довжиною 1200 мм;

— двома миючими фланельовими роликами діаметром 326 мм та довжиною 1200 мм, кожен ролик працює у парі з опорним

пустотілим

стальним роликом, зовнішній діаметр якого 230мм.

У кожному відсіку ванної №1 є трубопровід з вентилями для переміщення розчину. На стиках ванної №1 та №2 встановлені переливні труби для зливу надлишку води чи розчину із ванної у каналізацію.

У ванній №2 промивна вода – проточна, надходить з бойлеру, з температурою 70 ÷ 80 °С.

Відсіки ванної №1 обладнані бункерами для зручного засипання в них хімікатів.

У чистильно–миючій машині встановлені 8 миючих, 24 транспортуючих та 2 віджимних ролика. Миючі ролики при заправленні штаби обертаються у напрямлені переміщення штаби, а при робочому режимі – проти руху штаби. Шістнадцять транспортних та нижній віджимний ролики не мають приводу та обертаються у холосту.

Проміжок між опорними та миючими роликами регулюються нажимними пристроями.

Між транспортуючими та миючими роликами встановлені проводки для направлення штаби уздовж вісі агрегату. Зверху та знизу проводок встановлені колектори з отворами діаметром 5 мм для подачі розчину чи води на штабу.

Гаряче повітря для сушіння штаби подається через калорифер двома відцентровими вентиляторами.

У насосному підвалі для перекачування лугових розчинів та води встановлені 4 насоси: два робочі та два резервні. Продуктивність насосів – по 40 м<sup>3</sup>/год. Кожен насос має по два фільтри з отворами сіток не більше 2 мм.

Комунікація чистильно – миючих машин передбачає перекачку розчинів з ванн до пристроїв, що розбризкують, переміщування лугів при їх розчині, перекачування води з ванни до пристроїв розбризкування, подачу пари до змієвиків, відвід конденсату від змієвиків до конденсатопроводу, скидання брудних розчинів та води у каналізацію, підвід чистої холодної води.

Обладнання хвостової частини агрегату забезпечує центрування та транспортування штаби, обрізання кромки та повздовжнє розрізання штаби на потрібні ширини, змотування штаби у рулон, зняття їх зі змотувача та включає в себе 4 основних вузла:

- 1) Дискові ножиці мають діаметр ножів 257 – 290 мм. Дозволяється до п'яти одночасних розрізань, при швидкості різання 0,75 – 2,25 м/с, при максимальній товщині штаби 2 мм.

- 2) Регулятор натягнення (прес) забезпечує натягнення штаби, що проходить від 2 тонн при швидкості руху штаби 2,2 м/с, хід штоку пневматичного циліндру – 70 мм.

3) Змотувач має наступні розміри барабану: діаметр 400 мм та довжина 1130 мм з горизонтальним ходом люльки знімача 1300 мм та найбільшим її підйомом 500 мм. Привід люльки у знімача – гідравлічний.

4) Кромконамотувач забезпечує отримання пакетів довжиною 1000 мм з найбільшим діаметром 700 мм за швидкості намотування кромкової обрізі  $20 \div 100$  об/хв та подачі шпинделя  $55$  мм/хв, найбільший перетин кромки, що намотується –  $2 \div 25$  мм.

Максимальна швидкість руху штаби у лінії агрегату –  $2,928$  м/с.

Технологія обезжирення та повздовжнього різання рулонів наступна:

Холоднокатані рулони електромостовим краном подаються зі складу до агрегату розпуску за допомогою скоби та складуються на похилий настил приймального пристрою, обладнаний упорами для їх затримки; ручними ножицями обрізується стальна пакувальна смужка по окружності та потім по одному рулони надходять на приймальний стіл розмотувача.

Після підйому приймального стола та відрегулювання у вертикальній площині рулону, лежачого на столі, вводяться у роботу головки розмотувача, що центрують.

Головки, що центрують з конусами підходять до рулону одночасно з двох сторін та проводиться центрування шляхом заходження конусу в середину рулону.

При закінченні центрування рулону передній кінець штаби обертанням конусів за допомогою задатчику задається у ролики, що подають. При цьому для перешкоджання розпушення рулону на його верхній виток повинен бути опущений притискний ролик.

Ролики подають штабу до ножиць з нижнім різанням для обрізання потовщених передніх кінців штаби.

Після обрізання потовщеного кінця передній край штаби задається у першу пару транспортуючих роликів чистильно – миючої машини, після чого притискний та верхній ролики повинні бути піднятими.

Обезжирення штаби відбувається у трьох сполучених між собою відсіках ванної №1 у розчинах одного з миючих засобів типу СМ-1, СМП-5, МС-15, СМС-1М.

При зарядці миючого засобу препарат загрузається у воду, нагріту до 40 – 60 ° С, витримується 10 – 15 хвилин, після чого нагрівається до робочої температури. Підігрів розчинів здійснюється парою температурою не менш ніж 150 ° С та тиском 1,8 кгс/см<sup>2</sup>.

Після приготування розчину на калорифер сушильного апарату включається пар та включаються насоси для циркуляції води та розчину. Потім включаються двигуни вентиляторів сушильного апарату, відкривається повітря на відсічний колектор перед промивною ванною, включається привід миючих та транспортуючих роликів та штаба заправляється у агрегат.

При проходженні через ванну №1 обидві поверхні обезжирюються за рахунок питомого змивання розчином під тиском та протирання миючими роликами.

Для відновлення концентрації розчину до вказаної у технологічній картці у процесі роботи проводиться добавка миючих препаратів на основі аналізу. Відбір проб на аналіз проводиться металевим стаканом. Доставку проб на аналіз забезпечує змінний персонал агрегату. При отриманні незадовільних результатів аналізів розчини корегуються та проводиться повторні аналізи для отримання результатів, які відповідають вимогам технологічної карти.

Повна заміна розчину проводиться за мірою забруднення. Обов'язкова заміна розчину відбувається після різки 1500 т металу, з відзначенням у агрегатному журналі.

Регулювання миючих роликів проводиться таким чином, щоб зазор між ними був рівний товщині штаби, що проходить. Налаштування проводиться до заправлення штаби у агрегат та здійснюється змінним старшим робочим агрегату при розібраній електричній схемі.

Зазор перевіряється шляхом проштовхування між роликами куска штаби, призначеної для мийки. Штаба повинна проходити туго при ручній подачі.



Штаба після обезжирення та промивки надходить через віджимні ролики, сушильний апарат та петльову яму до дискових ножиць.

При настройці дискових ножиць: зазор між ножами не повинен перевищувати 0,05 мм, та досягається прокладками із паперу між втулками та ножами при відпущеній гайці та подальшому її затягненні; захід по глибині між ножами не повинен перевищувати 1 мм. Опускання та підйом валів проводиться за допомогою ексцентрикових гнізд, що переміщуються двома шестернями.

При порізці штаби допускаються задирки не більше 0,07 мм.

Для правильної задачі штаби у дискові ножі (без перегинів та перекосів) встановлені роликові проводки, встановлені на станині.

Для виключення короблення металу на дискових ножицях встановлені текстолітові проводки, які кріпляться зі сторони виходу штаби на станині та котрі забезпечують площинність кожної зі штаб, що розрізаються у процесі різання.

Розрізані штаби пропускаються через підняту прес-проводку та передаються по калібрувальному ролику на змотувач для змотування у рулон. Ширина калібру роликів повинна бути на 3 - 5 мм більша штаб, що розрізаються для вільного проходження через них.

Під прес-проводку підкладають зверху та знизу волок чи фетр, обов'язково рівномірний по товщині, заміна чи чищення якого відбувається після порізки 90 - 180 тон металу; при забрудненні волока-заміна проводиться негайно.

Змотування рулонів повинно бути рівним та щільним, без витків, що виступають. Рулони перед зняттям з барабану змотувача обв'язуються смужкою та зіштовхуються з барабану змотувача за допомогою знімача, а потім нахилом люльки скочуються у приймальний карман. При вивільненні підкату з жолобу, виконується його зважування за допомогою електронних кранових вагів, з записом даних у змінний рапорт.

На кожному порізаному рулоні маркером чи олівцем наноситься чітке маркування. Рулони, котрі передаються у прокатку повинні бути обв'язані однією сталюю смужкою по колу. Рулони, які передаються на відпал, повинні бути ув'язані одною сталюю стрічкою по колу та трьома поперековими стрічками.

Добре обезжирена штаба повинна мати рівний світло – сірий колір, та після проведення по ній папером, на папері не повинно залишатися плям.

Холодну прокатку жерсті ми розглянули раніше у пункті 1.2.

Для отримання якісної кромки та ширини жерсті відповідно до заказу штаби піддають поздовжньому розпуску з видаленням бокових кромки. На розпуск назначаються холоднокатані рулони жерсті та штаби товщиною  $0,2 \div 0,5$  мм.

Відхилення по ширині жерсті повинні відповідати ТУ  
У 27.1-23365425-620:07 та ТУ У 14-4-413-97 та іншим нормативним документам.

Перед задачею штаби до попередньо налаштованих дискових ножиць некондиційні поверхневі витки вирізають.

Аналогічно операції з мийки штаби рулон одівається на розмотувач. Потім за допомогою прес-проводки штаба відцентровується та задається у дискові ножиці. Штаба з обрізаними кромками задається у зів змотувача, змотувач попередньо змазаний змазкою. При змотуванні одночасно декількох штаб між ними обов'язково прокладається розділовий диск для забезпечення правильного змотування штаб.

По закінченню різки розмотувач зупиняється пневматичним гальмом, різнотовщинний внутрішній кінець рулону залишається у конусах розмотувача, потім обрізується та знімається. Змотані рулони за допомогою пневматичного штовхача зіштовхуються на скобу електромостового крану, ув'язуються сталюю смугою, маркуються та відправляються на чистильно – мийний агрегат, або на склад.

Для забезпечення якісного покриття жерсті холоднокатана штаба після прокатки та розрізання на дискових ножицях піддається перед відпалом обов'язковому обезжиренню та мийці у чистильно – миючому агрегаті.

Чистильно – миючий агрегат маж три однотипні самостійні лінії, через кожна з яких проходять одна чи дві – три стрічки.

Перед заправленням стрічки рулон обережно, щоб не загнути кромки, укладається електромостовим краном за допомогою скоби на візок розмотувача. Візок підкочується до розмотувача та рулон одягається на барабан розмотувача, після чого барабан розтискається та притискається до внутрішнього витка рулону. Потім рулон повертається до зварювального стола для зварювання кінця зовнішнього витка рулону з кінцем стрічки, яка знаходиться у агрегаті.

Розмотувач має два обертові барабани. Максимальний діаметр барабану 405 мм, мінімальний – 300 мм. Зварювальний стіл для зварювання стрічок електродами, напруга току  $3 \div 5$  вольт, в залежності від товщини металу.

Видалення жирових плям досягається у першій ванній за рахунок хімічного обезжирювання при занурюванні стрічки та подальшого протирання повстяного пресу, у другій ванній за рахунок промивання та механічного протирання мийними роликками.

У процесі роботи систематично підтримується робочий рівень розчину та необхідна концентрація. Повна заміна розчину відбувається за мірою забруднення. Обов'язкова заміна – після проходження 1500 т металу.

Контроль та відбір проб відбувається як і за першої операції обезжирення.

Для видалення продуктів розкладання жирів та останків розчину стрічка піддається промиванню у ванній гарячою водою, яка подається під тиском через колектори на обидві сторони. Після промивання стрічка надходить через віджимні роликки у сушильний апарат для сушіння нагрітим повітрям.

На стрічці після її сушіння не повинно бути залишків вологи, так як її наявність призведе до ржавіння металу.

Змотування просушених стрічок у рулони відбувається на вертикальних змотувачах та повинно бути рівним, щільним та без кромek, що виступають.

Кожен рулон перед зняттям зі змотувача обв'язується стрічкою по окружності та трьома стрічками через отвір. Вже обв'язаний та замаркований рулон електромостовим краном знімається зі змотувача та передається до термічного відділення.

Відпал жерсті та стрічки проводиться у електричних 4 – х стопних ковпакових печах . Режими відпалу підбираються за технологічною картою у залежності від призначення.

Для забезпечення найкращого прогріву металу у стопах та можливості вірного встановлення муфелю на стенді сформованими у групи рулонами обов'язкова попередня комплектація рулонів у стопу по висоті з урахуванням їхньої ваги та габаритів. При формуванні стопи між рулонами обов'язково прокладаються конвекторні кільця з розрахунку їхньої ширини.

Попередня комплектація рулонів відбувається на транспортувальній плиті. Потім електромостовим краном встановлюються на стенд ковпакової печі.

Зверху стопи встановлюється муфель та перевіряється його герметичність.

Термічна обробка рулонів проводиться у спеціальній захисній атмосфері, яка запобігає поверхню металу від окислення. Печі термічного відділення працюють на  $\text{HN}_x$ -газі.

Нагрівання печі здійснюється двома чи трьома тепловими зонами ковпака. Нагрів садки рулонів забезпечується автоматичним регулюванням заданого по зональним та стендової термopарами режиму відпалу. Відпал та охолодження садки металу відбувається згідно технологічної карти.

Розпаковані рулони маркуються та для охолодження передаються на склад чи на стенди прискореного охолодження.

Рулони після відпалу та охолодження за допомогою трансферкари передаються до прокатного відділення згідно графіку – завдання ПРБ.

Дресування жерсті та стрічки проводиться для запобігання зламів стрічки на наступних переділах та придання стрічці глянцевої чи шорсткої поверхні в залежності від її призначення.

Дресування проводиться у відповідності з графіком ПРБ та здійснюється в залежності розмірів стрічки на одному з чотирьох дресувальних станів ДУО.

Дресувальні стани обладнані:

- Горизонтальним розмотувачем з двома обертовими барабанами, з діаметром барабану 300 – 355 мм, та вантажопідйомністю 2,0 т. привід обертання барабанів – від гідравлічного циліндру діаметром 100 мм та ходом штоку 200 мм.

- Змотувачем барабанного типу з діаметром 400 мм, довжиною 500 мм для стану №4 та 600 мм для станів №1, 2, 3. Привід змотувача індивідуальний через редуктор та електродвигун 22 кВт, 2000 об/хв.. При використанні накладок діаметр барабанів змотувачів станів ДУО 1 та 3 збільшується до 500мм.

- Привід валків кожного стану – від електродвигуна потужністю 55 кВт при 750/1500 об/хв. через редуктор з передаточним числом 5,63 для станів №1, 2, 3 та 7,0 для стану №4. Число обертів валків – 133,5 ÷ 267 об/хв. для станів №1,2,3 та 106 ÷ 199 для стану №4

- Привід нажимного пристрою від гідромотору через черв'ячний редуктор та нажимні гвинти:

Швидкість переміщення гвинта, мм/с	- 0,086
Максимальне зусилля натиснення, т	- 100
Шаг гвинта мм/оберт	- 5

Таблиця 1.6 – Розміри та матеріал валків.

№№ П.П.	Діаметр валків, мм	Довжина бочки, мм	Матеріал валків, твердість
1	300	600	Сталь 9Х
2	300	600	твердість бочок валків
3	300	600	90 ÷ 94 од (клас А)
4	300	400	та 95 ÷ 100 од (клас Б) по Шору

Рулони, які надійшли для дресирування, віддаються по одному до дресирувальних станів електромостовим краном за допомогою скоби, ставляться на люльку розмотувача, а потім надягаються на барабан розмотувача. Кінець рулону розмотується, подається у дерев'яні прес – проводки, після чого притискаються поперековим дерев'яним брусом та пропускається через прес – проводку та валки до змотувача на заправній швидкості.

Дерев'яний брус використовується для усунення зміщення штаби металу перед прес – проводкою та усунення можливих дефектів кромки; для усунення питлювання штаби; вертикальний брус для усунення зміщення витків рулонів на розмотувачі.

На стані ДУО-3 при потребі заказу можливе промаслення жерсті.

Ступінь відносного обтиску при дресируванні жерсті та штаби повина бути на рівні 1 – 1,5%. Допускається вторинне передресировання, проте з сумарним відносним обтиском не більше 2,5 %.

Дресировані рулони після ув'язування, зважування та наклеювання ярлика направляються до распредпрольоту цеха, звідки в залежності від призначення передаються на упаковку, на агрегати «Зундвіг» чи на гаряче лудіння.

У цеху встановлені 4 односточні агрегати гарячого лудіння. Рулони дресированої стрічки укладаються на неприводних вертикальних розмотувачах, встановлених перед кожним агрегатом. Стрічки від розмотувача проходять

через травильну ванну. У травильній ванні міститься холодний розчин соляної кислоти (концентрацією 5 – 8%).

Після труєння стрічка піддається інтенсивній промивці холодною водою, що поступає під тиском.

Стрічка з підготовленою таким чином поверхнею по направляючих роликах поступає в апарат гарячого лудіння. Він складається з коробки флюсу, олов'яної ванни і жирового бака.

За допомогою 2 направляючих порожнистих барабанів стрічки, що виходять з жирової машини лудильного апарату, рухаються на різних рівнях, проходячи через агрегати очищення. Кожен агрегат очищення складається із зварних ящиків на 2 або 3 відсіки. У першому відсіку знаходяться пшеничні висівки, які приводять в рух горизонтальними лопатями, що обертаються від мотора. Другий відсік заповнений сумішшю висівок і крейди. У третьому відсіку поміщають суху дрібну березову тирсу.

При виході з третього відсіку стрічка поступає на моталки. Агрегат має 8 моталок, розташованих симетрично по 4 з кожного боку агрегату. При намотуванні стрічки в рулон її передній кінець затикається у ручну затискачами барабана моталки, і щільно змотується, після чого стрічка ручними ножицями. Кінець, що залишився, виходить з агрегату, заправляється в іншу моталку. Готовий рулон знімається з барабана і за допомогою електромостового крана передається на упаковку.

Для збереження безперервного руху стрічки через агрегат задній кінець рулону сполучають з переднім кінцем наступного рулону за допомогою механічного зшивання.

Агрегат обслуговується 3 – 5 робочими. Витрата олова складає 15 – 20 кг/т поверхні стрічки. Витрата бавовняного масла 2,5 – 5,0 кг на 1 т; флюсу 1,0 – 1,5 кг і соляної кислоти 15 кг на 1 т лудженої стрічки. Середня швидкість руху стрічки агрегату 2,5 м/хв. Продуктивність агрегату 10-15 т в добу.

## 1.5 Цех холодної прокатки

Цех холодної прокатки № 1 (ЦХП-1) призначений для виготовлення холоднокатаної продукції з вуглецевої, легованої і нержавіючої сталі розмірами:

- листи холоднокатані: 0,5 - 2,0×850 - 1500×1400 - 3800 мм;
- листи горячекатані труєні: 1,0 - 3,0×1000 - 1500×1800 - 4200 мм;
- штаба холоднокатана в рулонах: 0,5 - 2,0×850 - 1550 мм.

Технологія цеху холодної прокатки надзвичайно різноманітна і складна. Вона включає наступні найважливіші технологічні операції: травлення, прокатку, відпал, дресирування, нанесення покриттів, різання й упакування.

У цеху холодної прокатки № 1 на безупинному чотирьохквіттьовому стані 1680, двох одноквіттьових реверсивних станах 1680 і 1200, двадцятивалковому стані та двох безупинних вузьколистових чотирьохквіттьових станах 450 і 650, виробляється холоднокатаний лист, штаби і стрічки з вуглецевої, низьколегованої, легованої і нержавіючої сталі.

Цех оснащений засобами для дресирування, поперечного і поздовжнього різання, що забезпечують постачання холоднокатаного прокату товщиною від 0,2 до 2,0 мм, шириною від 10 до 1500 мм і довжиною листа до 4000 мм, а також рулонів масою до 16,0 тонн.

Цех складається з наступних відділень: травильне, прокатне, термічне, дресирувальне, відділення нержавіючих сталей і відділення жерсті.

Травильне відділення призначене для зняття окалини. Воно містить у собі три безупинних агрегати (два для вуглецевої сталі й один для нержавіючих і легованих марок сталей) для травлення штаби в розчині сірчаної кислоти каскадним методом.

Прокатне відділення призначене для прокатки металу на задану товщину. До складу прокатного відділення входять безперервний чотирьохквіттьовий стан 1680, а також реверсивні стани 1680 і 1200, і ділянка підготовки валків.



Безупинний чотирьохклітьовий стан 1680 складається з 4-х послідовно розташованих клітей Кварто, що мають у своєму складі два опорних і два робочих валки, а також допоміжного устаткування: провідного прийомного пристрою, поворотного столу, розмотувача, змотувача барабанного типу й інші.

Реверсивний стан 1680 складається з кліті Кварто й обслуговуючого її устаткування: конвеєра, що підводить, перекидача, розмотувача, змотувача.

Реверсивний стан 1200 складається з 4-х валкової кліті й обслуговуючого її устаткування розмотувача, правильнотягнучої машини, плоского проводкового столу, двох моталок.

Цех по виробництву нержавіючого листа оснащений комплексом агрегатів для виробництва холоднокатаного нержавіючого листа товщиною 0,8 – 2,0мм, що включає в себе безупинні гартівні агрегати № 1 і № 2, безупинний травильний агрегат № 3, агрегат шліфування горячекатаних штаб; 20 - валковий стан, агрегат дресування, виправлення, різання.

У термічному відділенні відбувається відпал холоднокатаних рулонів в одностопних ковпакових печах, у захисній атмосфері.

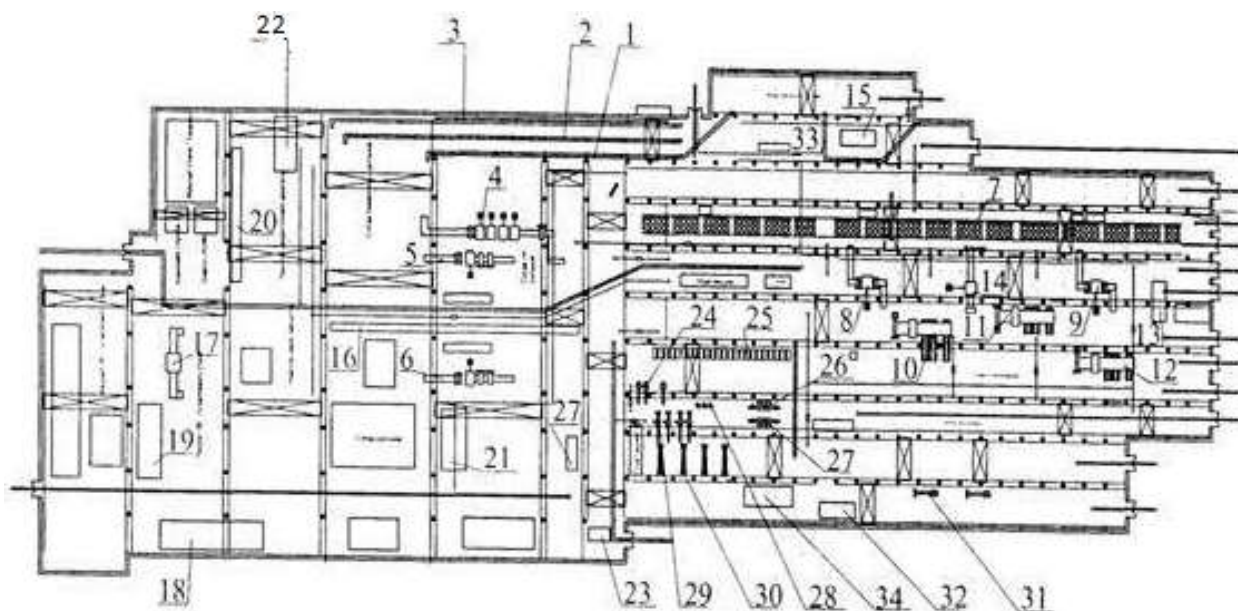


Рисунок 1.3 – Схема розміщення устаткування цеху холодної прокатки №1:1 - травильна лінія № 1; 2 - травильна лінія №2; 3 - травильна лінія № 3; 4 - неперервний чотирьохклітьовий стан 1680; 5 - реверсивний стан 1680; 6 - реверсивний стан 1200; 7 - ковпакові одностопні печі; 8 - дресувальний стан

1700 № 1; 9 – дресирувальний стан 1700 № 2; 10 - агрегат поперечного різання №1; 11 - агрегат поперечного різання № 2; 12 – агрегат поперечного різання №3; 13 - агрегат поперечного різання № 4;14- стан кварто; 15 - лінія загартування № 1; 16 -лінія загартування N2;17 - 20 – валковий стан; 18 – механічна майстерня; 19 - ВШУ.майстерня 20-ти валкового стану; 20 – агрегат шліфування штаби; 21 - ВШУ ділянка; 22 - агрегат різання; 23 - комора; 24 - агрегат мийки; 25 – електропечі; 26 - 4-х клітьової стан 450 ОБЖ; 27 - 4-х клітьової стан 650 ОБЖ; 28 - агрегат розпуску ОБЖ; 29 - стан ДУО №1,2,3,4 ОБЖ; 30 - агрегати гарячого лудіння ОБЖ; 31-агрегат подовжнього різання; 32 - майстерня енергетиків; 33 – підземний конвеєр; 34 – склад запчастин механослужби.

Максимальна вага садки – 52 т (3-5 рулону). У відділення встановлено 249 стендів сгрупованих у 16 блоків. Блоки мають автономну систему подачі природного і захисного газів, повітря, електроенергії, води. Кожен стенд обладнаний циркуляційним вентилятором для створення конвекції захисного газу під муфелем. Також печі обладнані контрольно-вимірювальною апаратурою, що забезпечує задані режими відпалу. У лютому 2006 року введені в експлуатацію 18 нових термічних печей «EBNER», у яких проводиться відпал листового прокату для додання йому більш високих якісних характеристик. Нові печі дозволяють приступити до

випуску автолиста. У цих печах відпал прокату здійснюється в середовищі сухого водню, що забезпечує такі механічні властивості, як висока чистота поверхні, пластичність і висока корозійностійкість. У цілому за рік у нових печах буде відпалюватися до 300 тисяч тонн прокату.

Дресирувальне відділення складається з двох дресирувальних станів 1700-1 і 1700-2, трьох агрегатів поперечного різання АПР-1, АПР-2, АПР-3 і двох агрегатів подовжнього різання АПР-4, АПР-5 стану "кварто" і двох конвеєрів для упакування пачок металу. Дресирування надає поверхневий наклеп, зменшується коробоватість і хвилястість.

Відділення жерсті складається з таких ділянок: дільниця обезжирення та розпуску, прокатного, що складає з двох безупинних чотирьохкільтових станів 450 і 650, дільниця дискових ножиць з трьох агрегатів обрізки кромки, дільниця обезжирення та мийки на якій встановлено 3 миючі агрегати, термічного відділення та відділення гарячого лудіння на якому встановлені 4 односточні агрегати гарячого лудіння.

Ділянка підготовки валків містить у собі два верстати для обдирання і два верстати для шліфування валків, машину для насічки поверхні, площадки для ревізії подушок і підшипників і стелажі збирання - розбирання валків.

### **1.6 Аналіз технології прокатування і устаткування стану 650 та заходи щодо їх вдосконалення**

При існуючій технології немає агрегатів, які істотно стримують вантажопотік і пропускну спроможність цеху. Проте основні агрегати не обладнані автоматичними системами, за допомогою яких можливо своєчасно виявляти і усувати дефекти штаб.

У наш час велика увага повинна приділятися якості металу, що випускається. Основними дефектами прокатного виробництва є - поперечна і подовжня різнотовщинність.

Безперервний стан 650 обладнаний системою контролю товщини штаби. Ця система дозволяє своєчасно виявляти подовжню різнотовщинність.

Поперечні різнотовщинності в даний момент усувають за допомогою регулювання теплового розширення бочки робочого валу. На вал подають воду з колектора, розподіленого на 3 секції. Дефекти у вигляді кураєвої хвилі або коробоватості можна виявити тільки візуально в процесі роботи стану. При виявленні дефекту, перекивається подача води на відповідальну секцію,

унаслідок чого частина валу, що не охолоджується, нагріваючись від роботи, розширюється і змінює профіль, виправляючи дефект. Така система не дозволяє відразу виявити і швидко змінити профіль для виправлення дефекту.

Для підвищення якості металу, що випускається, і зниження поперечної різнотовщинності пропоную встановити на стані 650 систему автоматичного регулювання профілю і форми штаби (САРПФ).

Застосування САРПФ дозволяє забезпечити випуск плоскої штаби в 100% випадків, крім того, ця система дозволяє зменшити на 25% мінімальну товщину штаби, а отже – і розширити сортамент продукції, що випускається на стані.

Оскільки застосування САРПФ дозволяє вести автоматичний контроль і регулювання профілю пропоную підвищити швидкість прокатування на стані з 4,15 м/с до 4,69 м/с. Для цього пропоную замінити двигуни головної лінії всіх клітей стану і двигун моталки на двигуни з більшою потужністю і числом обертів. При цьому на моталці необхідно встановити двигун потужністю 60 кВт з числом оборотів 300 – 1650 об/хв. На головній лінії кожної кліті потужністю 350 кВт з числом оборотів 630 – 1650 об/хв.

При підвищенні продуктивності стану стара пропускна спроможність дискових ножиць і агрегату розпуску рулонів стримуватиме вантажопотік, тому одночасно з реконструкцією стану необхідно провести реконструкцію цих агрегатів.

Для підвищення продуктивності пропоную встановити на ці агрегати двигуни з більшим числом обертів. Для дискових ножиць потужність нового двигуна повинна складати 18 кВт при 750 – 2600 об/хв. На агрегат розпуску слід встановити двигун потужністю 40 кВт при 400 – 1950 об/хв.

З підвищенням швидкості на агрегаті розпуску рулонів необхідно підвищити очисну здатність чистильно-мийної машини. Для цього пропоную підвищити концентрацію миючих засобів в розчині з 40 до 70 – 80 г/л. окрім цього необхідно встановити додаткову пару миючих роликів в чистильно-мийній машині. Загальне число роликів при цьому складатиме 5 пар.

## 1.7 Опис технологічного процесу після вдосконалення

Технологія виробництва жерсті після реконструкції практично не змінюється. Послідовність технологічних операцій буде такою ж, як описано у пункті 1.5. Реконструкція направлена на підвищення якості вироблюваної продукції, розширення сортаменту, а також – на невелике збільшення продуктивності агрегатів. Передбачувана реконструкція повинна бути виконана на 3-ох агрегатах: агрегаті розпуску рулонів, безперервному чотирьохкільтовому стані 650 і дискових ножицях.

Реконструкція на агрегаті розпуску рулонів направлена на підвищення його пропускної спроможності. Після реконструкції швидкість різання на агрегаті повинна складати 3,56 м/с. Для того, щоб забезпечити якісну промивку штаби на такій швидкості – підвищена концентрація миючого розчину до 70 – 80 г/л, а також додана додаткова пара миючих роликів.

Підвищення пропускної спроможності АРР необхідне, оскільки після реконструкції стану 650 збільшиться сумарна продуктивність станів, яка буде вища, ніж продуктивність нині діючого АРР.

Реконструкція прокатного стану 650 збільшить його пропускну спроможність за рахунок збільшення швидкості прокатування, а також поліпшить якість продукції, що випускається.

При сталому процесі прокатування САРПФ, встановлена після реконструкції виявлятиме не площинну штаби, і реагуватиме на це відповідним чином. Дану систему пускають після того, як штабу заправили в моталку і включили натягнення. При цьому штаба щільно притискається до стрессометричного ролика, який подає сигнал про стан штаби в систему і на табло. При виявленні різнотовщинності включається система гідравлічного вигину робочих валків і автоматично перекидається подача води на дану ділянку валу. Це змінює профіль валу і усуває подальше утворення

різновшчинності. У даній системі також передбачено і ручне управління. Для точнішого регулювання профілю пропонується установка 5-ти секційної системи охолодження валів в 1 – й кліті з автоматичною подачею води на кожен секцію.

Збільшення швидкості різання на дискових ножицях також необхідне у зв'язку з плановим збільшенням продуктивності стану.

Пропускна спроможність решти агрегатів цеху відповідає продуктивності стану після застосування САРПФ.

## 2. ДОСЛІДНО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

### 2.1 Розрахунок режимів напруження та енергосилових параметрів

Деформація металу в холодному стані супроводжується його зміцненням (наклепом), в результаті чого відбувається підвищення напруги течії металу і, отже, опору металу і сили деформації [5], [6]. При холодній деформації напруги течії металу залежить від сумарного відносного обтиснення, температури і швидкості деформації; метал підігрівається і його температура підвищується до  $t = 200 \dots 300$  0С. Розігрів металу відбувається за рахунок пластичної деформації (відносного обтиснення) і швидкості деформації. Чим більше температура і швидкість деформації, тим більше їх вплив на напруження течії металу.

Наведемо методику розрахунку в залежності від відносного обтиснення, яке визначається з виразу:

$$\square_{\Sigma} = \frac{\Delta h_{\Sigma}}{H_0} \quad (2.1)$$

де  $\Delta h_{\Sigma}$  - сумарне обтиснення за n-ну кількість проходів;

$H_0$  - вихідна товщина штаби перед першою кліттю.

Напруги течії металу визначають (після обтиснення металу) за формулою:

$$\sigma_{T1} = \sigma_{T0} + \Delta\sigma_T \cdot k_{\epsilon} \quad (2.2)$$

де  $\sigma_{T0}$  - початкова до деформації напруга течії металу;

$\Delta\sigma_T$  - ступінь зміцнення металу при деформації з  $\square = 40\%$  (0,4);

$k_{\epsilon}$  - коефіцієнт, що враховує ступінь деформації.

Величини  $\sigma_{T0}$  і  $\sigma_T$  залежать від хімічного вуглецевого еквівалента даної марки сталі. Для вуглецевих, конструкційних, низьколегованих марок сталей хімічний еквівалент, величини  $\sigma_{T0}$  і  $\sigma_T$  рівні:

$$C_{\Sigma} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{14} + \frac{W}{4};$$

$$\sigma_{T0} = 210 + 263 \cdot C_{\Sigma};$$

$$\Delta\sigma_T = 209 + 460 \cdot C_{\Sigma}; \quad (2.3)$$

Коефіцієнт визначають наступним чином:

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

$$\text{для } \varepsilon_{\Sigma} = 0,41 \dots 0,7 \dots \quad k_{\varepsilon} = 1 + 0,87(\varepsilon_{\Sigma} - 0,4)^{0,5}, \quad (2.4)$$

де С - вміст вуглецю в сталі.

Розрахунок напруги течії  $\sigma_{T1}$  виконують за формулою (2.2) ( $\sigma_{T1}$  - напруга течії металу після проходження кліти).

Опір металу на вході і виході з осередку деформації дорівнює:

$$\sigma_{\phi 0} = 1,15 \cdot \sigma_{T(i-1)}; \quad \sigma_{\phi 1} = 1,15 \cdot \sigma_{T1}; \quad (2.5)$$

середній опір металу в осередку деформації дорівнює:



$$\sigma_{\phi} = 1,15 \cdot \sigma_{T(i-1)} + 0,67 \cdot \sigma_{T1} - \sigma_{T(i-1)} \quad (2.6)$$

де  $\sigma_{T(i-1)}$  - напруга течії металу до кліті (перед проходом).

Процес холодної прокатки істотно відрізняється від гарячої прокатки. По-перше, деформація металу відбувається при температурі  $t_n = 20 \dots 300^{\circ} \text{C}$ , що викликає появу значних контактних нормальних і дотичних напружень. По-друге, внаслідок великих нормальних напружень відбувається пружна деформація валків і штаби. Останнє призводить до збільшення довжини дуги контакту за рахунок збільшення діаметру валків, температури і швидкості деформації штаби надають помітний вплив на умови тертя і напругу течії металу. Все це необхідно враховувати при розрахунку контактних напружень при холодній прокатці штаб. Розрахунок енергосилових параметрів виконуємо для умов прокатки штаби  $0,22 \times 430 \text{ мм}$  та  $0,5 \times 450 \text{ мм}$  зі сталі марки 08пс (табл.2.1) на стані 650. Діаметр робочих валків дорівнює  $D_p = 250 \text{ мм}$ , опорних  $D_{op} = 605 \text{ мм}$ , максимальна швидкість прокатки  $4,15 \text{ м/с}$  (при прокатуванні тонких вузьких смуг), потужність головних приводів в клітях -  $315 \text{ кВт}$ .

Виконаємо розрахунок енергосилових параметрів при холодному прокатуванні штаби із сталі марки 08пс з розмірами  $0,22 \times 430 \text{ мм}$  на стані 650.

Згідно з відомими даними приймаємо шорсткість робочих валків  $R_a, \text{ мкм}$

№ кліті	1	2-3	4
$R_a, \text{ мкм}$	1,25	1,0÷0,8	0,32

Мастильно-охолоджувальна рідина (МОР) – жир «Фритюрний» (на основі гідрогенізованої соняшникової олії) у чистому вигляді.

Таблиця 2.1 – Режим деформації штаби 0,5x0,22/430 мм зі сталі марки 08пс на чотирьохклітьовому стані 650.

Кліть	Параметри деформації,мм			Відносне обтиснення, %		v,м/с
	H	h	$\Delta h$	$\varepsilon$	$\varepsilon_{\Sigma}$	
1	0,5	0,4	0,1	20	20	2,28
2	0,4	0,32	0,08	20	36	2,85
3	0,32	0,25	0,07	21,8	50	3,65
4	0,25	0,22	0,03	12	56	4,15

Відносне обтиснення у кожній кліті визначимо за формулою:

$$\varepsilon_i = \Delta h_i / H_i = (H_i - h_i) / H_i \quad (2.7)$$

а сумарне обтиснення у всіх клітях де деформується смуга визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_{\Sigma i} = \frac{H_0 - h_i}{H_0} \quad (2.8)$$

де  $i$  - номер кліті;

$H_0$  – товщина підкату;

$h_i$  – товщина штаби після  $i$  – ої кліті;

$\Delta h_i$  – абсолютне обтиснення в  $i$  – ій кліті.

Так, маємо (табл.1.7) для кліті 1 (індивідуальні та сумарні обтиснення):

$$\varepsilon_1 = \frac{0,5-0,4}{0,5} = \frac{0,1}{0,5} = 0,2 \text{ (20\%);}$$

$$\varepsilon_{\Sigma 1} = \frac{0,5-0,4}{0,5} = \frac{0,1}{0,5} = 0,2 \text{ (20\%);}$$

Для кліті 2 отримаємо:

$$\varepsilon_2 = \frac{0,4-0,32}{0,4} = \frac{0,08}{0,4} = 0,2 \text{ (20\%);}$$

$$\varepsilon_{\Sigma 2} = \frac{0,5-0,32}{0,5} = \frac{0,08}{0,5} = 0,36 \text{ (36\%);}$$

Для кліті 3:

$$\varepsilon_3 = \frac{0,32-0,25}{0,32} = \frac{0,07}{0,32} = 0,218 \text{ (21,8\%);}$$

$$\varepsilon_{\Sigma 3} = \frac{0,5-0,25}{0,5} = \frac{0,07}{0,5} = 0,5 \text{ (50\%);}$$

Для 4 кліті:

$$\varepsilon_4 = \frac{0,25-0,22}{0,25} = \frac{0,03}{0,25} = 0,12 \text{ (12\%);}$$

$$\varepsilon_{\Sigma 4} = \frac{0,5-0,22}{0,5} = \frac{0,03}{0,5} = 0,56 \text{ (56\%);}$$

**Кліть 1.** Визначемо параметри прокатки у 1 кліті. Маючи на увазі, що швидкість валків у 4 кліті дорівнює  $v_4 = 4,15$  м/с, тоді із закона сталості секундних об'ємів знаходимо (табл. 2.1)

$$V_1 = h_4 v_4 / h_1 = 0,22 \cdot 4,15 / 0,40 = 2,28 \text{ м/с}$$

$$V_2 = h_4 v_4 / h_2 = 0,22 \cdot 4,15 / 0,32 = 2,85 \text{ м/с}$$

$$V_3 = h_4 v_4 / h_3 = 0,22 \cdot 4,15 / 0,25 = 3,65 \text{ м/с}$$

1. Визначимо коефіцієнт тертя за формулами роботи при температурі деформації  $t > 25^\circ\text{C}$

Коефіцієнт тертя дорівнює

$$f = f_0 \cdot k_d \cdot k_{II} \cdot k_B \cdot k_{CM} \cdot k_t, \quad (2.9)$$

де  $f_0$  - базовий коефіцієнт тертя;  $k_d$ ,  $k_n$ ,  $k_{cm}$ ,  $k_t$  - поправочні коефіцієнти, що враховують відповідну величину обтиснення, шорсткість поверхні штаби, тип технологічного мастила і температуру штаби.

Базовий коефіцієнт тертя дорівнює: при  $v < 7,5$  м/с

$$f_0 = 0,076 - 0,0019v + 0,031(R_a - 0,6)[(1,07 - 0,14v)^3 + 0,054v - 0,26]; \quad (2.10)$$

$$f_0 = k_v [0,0717 + 0,009(R_a - 0,6)] \quad (2.11)$$

Коефіцієнт  $k_v$  дорівнює при  $v < 8,0$  м/с  $k_v = 1$

Коефіцієнт  $k_d$  дорівнює при  $R_a < 2$  мкм дорівнює:

$$k_d = 0,47 + 1,75 \varepsilon \quad (2.12)$$

Коефіцієнт  $k_n$  дорівнює:

$$k_n = 1,09 - 0,05 \cdot R_{an} \quad (2.13)$$

де  $R_{an}$  – жорсткість поверхні штаби, мкм;

Коефіцієнт  $k_t$  визначаємо за формулою:

$$k_t = a + c \cdot 1,11 - 0,0044 \cdot t_H^{\bar{n}} \quad (2.14)$$

де  $t_H$  – температура металу перед осередком деформації,  $^{\circ}C$ ,

$a$ ,  $c$ ,  $n$  – коефіцієнти рівні, для мінеральної емульсії:

$$\begin{aligned} a &= 0,31 + 1,7 \cdot \varepsilon; \\ c &= 1,2 - 2,8 \cdot \varepsilon; \\ n &= 3,84 - 5,7 \cdot \varepsilon; \end{aligned} \quad (2.15)$$

Коефіцієнт  $k_{cm}$  дорівнює: соняшникова гідрогенізована олія – 0,85.

Для наведених вихідних даних за формулами (2.9) – (2.15) ( $k_{cm} = 0,85$ ;  $k_v \approx 1$ ; де  $R_{an} = 1,25$  мкм).

$$f_0 = 0,0717 + 0,009(1,25 - 0,6) = 0,078$$

$$k_d = 0,47 + 1,75 \cdot 0,2 = 0,82$$

$$k_n = 1,09 - 0,05 \cdot 0,6 = 1,06$$

Для розрахунку коефіцієнта  $k_t$  у кліті 1 початкову температуру штаби можна брати в межах  $20 \dots 30^0$  С. у наступних клітках початкову температуру штаби перед кліттю слід приймати рівною кінцевій температурі  $k_t$  у попередній кліті з урахуванням втрат температури на між клітьовій ділянці  $\Delta k_n = 10 \dots 20^0$  С. для нашого прикладу у кліті 1 приймаємо  $t_n = 25^0$  С і коефіцієнт  $k_t$  із формули дорівнює:

$$a = 0,31 + 1,7 \cdot 0,2 \approx 0,65$$

$$c = 1,2 - 2,8 \cdot 0,2 \approx 0,64$$

$$n = 3,84 - 5,7 \cdot 0,2 \approx 2,7$$

$$k_t = 0,65 + 0,64(1,11 - 0,0044 \cdot 25)^{2,7} = 1,29$$

Загальна величина коефіцієнта тертя із формули (2.9) становить, ( $k_v \approx 1$ )

$$f = 0,078 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 1,06 \cdot 0,85 \cdot 1,29 = 0,074$$

Показник тертя дорівнює

$$f_n = 1,6 \cdot 0,074 - 0,018 = 0,10$$

2. Розрахуємо напруження течії металу використовуючи дані

Сталь марки 08пс містить наступні хімічні елементи (%): 0,05 – 0,08С; 0,03 Si; 0,25-0,4 Mn; 0,15 Ni; 0,10 Cr. Вуглецевий еквівалент для вуглецевої сталі в загальному випадку дорівнює:

$$C_3 = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{14} + \frac{W}{4}; \quad (2.16)$$

Базова напруга течії і прирощення відповідно дорівнюють:

$$\begin{aligned} \sigma_{T0} &= 210 + 263 \cdot C_3; \\ \Delta\sigma_T &= 209 + 460 \cdot C_3; \end{aligned} \quad (2.17)$$

Коефіцієнт, що враховує обтиснення дорівнює:

$$\text{для } \varepsilon_\Sigma = 0 \dots 0,04 \quad k_\varepsilon = 1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_\Sigma}{0,4}\right)^{1,5+C}; \quad (2.18)$$

Напруга течії металу після кліті визначають за виразом:

$$\sigma_{T1} = \sigma_{T0} + \Delta\sigma_T \cdot k_\varepsilon \quad (2.19)$$

Напругу течії розраховуємо при максимальному вмісті хімічних елементів (вираз 2.16 - 2.19):

$$C_3 = 0,05 + 0,001 + 0,066 + 0,004 + 0,02 = 0,141;$$

$$\sigma_{T0} = 210 + 263 \cdot 0,141 = 247,1 \text{ Н/мм}^2$$

$$\Delta\sigma_T = 209 + 460 \cdot 0,141 = 273,9 \text{ Н/мм}^2$$

$$k_\varepsilon = 1 - \left(1 - \frac{0,2}{0,4}\right)^{1,5+0,05} = 0,66;$$

$$\sigma_{T1} = 247,1 + 273,9 \cdot 0,66 = 427,8 \text{ Н/мм}^2$$

У результаті впливу швидкості і температури деформація напруги течії металу при прокатці змінюється порівняно з отриманими за формулами (2.16) - (2.19). У відповідності з дослідженнями Ю.Б. Сігалова і А.П. Грудєва врахувати цей вплив пропонується спеціальними коефіцієнтами. Оскільки досліджували зміну напруги течії  $\sigma_{T0}$ , тобто без обліку ступеня деформації, то вираз для визначення  $\sigma_T$  в кінці осередку деформації слід записати таким чином:

$$\sigma_{T1} = n_u \cdot n_t \cdot \sigma_{T0} + \Delta\sigma_T \cdot k_\varepsilon \quad (2.20)$$

Напруга течії металу на міжклітьовому проміжку (перед наступною кліттю) визначимо за формулою

$$\sigma_{T(i-1)} = n_t \cdot \sigma_{T0} + \Delta\sigma_T \cdot k_{\varepsilon(i-1)} \quad (2.21)$$

Середнє опір металу в осередку деформації дорівнює

$$\sigma_\phi = 1,15 \sigma_{T(i-1)} + 0,67 \sigma_{T1} - \sigma_{T(i-1)} \quad (2.22)$$

де  $\sigma_{T(i-1)}$  - напруга течії металу перед кліттю (прохід);

$\sigma_{T1}$  - напруга течії металу після кліті (проходу);

$n_u$  та  $n_t$  визначаються з виразів:

$$n_u = 1 + 0,38 \left( 0,5 + \frac{\ln u}{13,8} \right)^2 \quad (2.23)$$

$$n_t = 0,8 + 0,23 \left( 1 - \frac{t_H}{300} \right)^2 \quad (2.24)$$

Швидкість деформації визначаємо за виразом

$$u = v \cdot \varepsilon / l_c, \quad (2.25)$$

де  $l_c$  - довжина дуги контакту з урахуванням пружних деформацій валків і штаби.

Оскільки довжина дуги  $l_c$  поки не відома визначаємо її за формулою

$$l_c = \left[ 1,3 + 4,1 \sigma_\Sigma - 0,2 \frac{\sigma_\Sigma^3}{\sigma_{\Sigma 0}} \right] \cdot \sqrt{R \cdot \Delta h} \quad (2.26)$$

Для кліті 1  $l_c$  дорівнює:

$$l_c = [1,3 + 4,1(0,2 - 0,2)^3] \cdot \sqrt{125 \cdot 0,1} \approx 4,6 \text{ мм},$$

а швидкість деформації

$$u = 2280 \cdot 0,2 / 4,6 = 99,13 \text{ с}^{-1}$$

із формули отримаємо:

$$n_u = 1 + 0,38 \left( 0,5 + \frac{4,59}{13,8} \right)^2 = 1,263;$$

$$n_t = 0,8 + 0,23 \left( 1 - \frac{25}{300} \right)^2 = 0,995;$$



Тоді з формул (2.20) і (2.21) отримаємо:

$$\sigma_{\tau 1} = 1,263 \cdot 0,995 \cdot 247,1 + 273,9 \cdot 0,66 = 491,3 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_{\tau(i-1)} = \sigma_{\tau 0} = 247,1 \text{ Н/мм}^2$$

Із виразу (2.22) отримаємо

$$\sigma_{\phi} = 1,15[247,1 + 0,67(491,3 - 247,1)] = 471,3 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_{\phi 0} = 1,15 \cdot n_t \cdot \sigma_{\tau 0} = 1,15 \cdot 0,995 \cdot 247,1 = 282,7 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_{\phi 1} = 1,15 \cdot \sigma_{\tau 1} = 1,15 \cdot 491,3 = 565 \text{ Н/мм}^2$$

3. Довжина дуги контакту з урахуванням пружних деформацій валків і штаби дорівнює:

$$l_C^I = \frac{C + \sqrt{C^2 + 4R\Delta h \left(1 - C \frac{f_{\Pi}}{2h_{cp}}\right)}}{2 \left(1 - C \frac{f_{\Pi}}{2h_{cp}}\right)} \quad (2.27)$$

$$C = n_{cp} \cdot \sigma_{\phi} \frac{R}{47500}; \quad (2.28)$$

$$x_2 = n_1 \cdot \sigma_{\phi 1} \frac{R}{95000}; \quad (2.29)$$

$$l_C = l_C^I + x_2 \quad (2.30)$$

де  $R$  – радіус жорсткого валка;

$n_{cp}$  та  $n_1$  – коефіцієнти, що враховують вплив середніх напружень натягу і напружень натягу переднього кінця штаби

$$n_{CP} = 1 - \frac{\sigma_n + \sigma_3}{2\sigma_\phi}; \quad n_1 = 1 - \frac{\sigma_n}{\sigma_1} \quad (2.31)$$

де  $\sigma_n$   $\sigma_3$  – напруження переднього і заднього натягу.

Напруження натягів змінюються в широких межах. Для неперервного стану перед кліттю 1 напруження  $\sigma_3 = 20 \dots 30$  Н/мм<sup>2</sup>. На проміжних (міжклітьових) ділянках:  $\sigma_n = (0,1 \dots 0,2) \sigma_{T1}$ ,  $\sigma_3 = 30$  Н/мм<sup>2</sup>

Так як розрахунок виконуємо для кліті 1, то приймаємо  $\sigma_3 = 30$  Н/мм<sup>2</sup>,  
 $\sigma_n = 0,15 \cdot \sigma_{T1} = 0,15 \cdot 427,8 = 64,17$  Н/мм<sup>2</sup>

Із виразу (2.28) знайдемо:

$$n_{CP} = 1 - \frac{64,17 + 30}{2 \cdot 471,3} = 0,9; \quad n_1 = 1 - \frac{64,17}{1,15 \cdot 491,3} \approx 0,89$$

Із виразу (2.26) знаходимо параметри C та  $x^2$ :

$$C = 0,90 \cdot 471,3 \frac{125}{47500} = 1,11 \text{ мм};$$

$$x^2 = 0,89 \cdot 565 \frac{125}{95000} = 0,66 \text{ мм};$$

Складова дуги контакту із виразу (1.25) дорівнює:

$$\ell'_c = \frac{1,11 + \sqrt{1,11^2 + 4 \cdot 125 \cdot 0,1 \left(1 - 1,11 \frac{0,1}{2 \cdot 0,45}\right)}}{2 \left(1 - 1,11 \frac{0,1}{2 \cdot 0,45}\right)} = \frac{7,82}{1,75} = 4,47 \text{ мм}$$

Повна довжина дуги контакту із (2.27) дорівнює:

$$\ell_c = 4,47 + 0,66 = 5,13 \text{ мм}$$

2. Знаходимо енергосилові параметри прокатки. Середнє нормальне контактне напруження дорівнює  $f_n < 0,12$

$$p'_{cp} = \sigma_{cp} (1 + C_{II} \cdot f_{II} \cdot l_c / h_{cp}) \quad (2.32)$$

з рахунком натягу

$$p_{cp} = p'_{cp} \left( 1 - \frac{\sigma_n + \sigma_3}{2p'_{cp}} \right) \quad (2.33)$$

при  $f_n = 0,1$  ( $f_n < 0,12$ ) коефіцієнт  $C_H = 0,17(1 + 14,7 f_n) = 0,42$

Усі параметри відомі, тоді отримаємо

$$P'_{cp} = 471,3(1 + 0,42 \cdot 0,1 \cdot 5,13 / 0,45) = 696,9 \text{ Н/мм}^2$$

$$P_{cp} = 696,9 \left( 1 - \frac{30 + 64,17}{2 \cdot 696,9} \right) = 649,5 \text{ Н/мм}^2$$

Сила прокатки

$$P = p_{cp} \cdot l_c \cdot B; \quad (2.34)$$

$$P = 649,5 \cdot 0,0051 \cdot 0,43 = 1,42 \text{ МН}$$

Мить прокатки із рахунком впливу натягнення дорівнює (на 2 валках)

$$M = 2\psi \cdot P \cdot l_c + H \cdot B \cdot R \cdot \sigma_3 \cdot 10^{-6} \left( 1 - \frac{h}{H} \cdot \frac{b}{B} \cdot \frac{\sigma_n}{\sigma_3} \right) \quad (2.35)$$

$\psi$  – коефіцієнт положення рівнодіючих сил.

$$\psi = 0,5(l_d / h_{cp})^{-0,092} \quad (2.36)$$

$$\psi = 0,5\left(\frac{3,54}{0,45}\right)^{-0,092} = 0,41$$

$$\psi_c = \psi \cdot l_d / l_c^2; \quad (2.37)$$

$$\psi_c = 0,41\left(\frac{\sqrt{125 \cdot 0,1}}{5,13}\right)^2 = 0,195$$

Обертний момент із формули (2.31) на двох валках

$$M = 2 \cdot 0,195 \cdot 1,42 \cdot 0,0051 + 0,5 \cdot 430 \cdot 0,125 \cdot 30 \cdot 10^{-6} \left(1 - \frac{0,4}{0,5} \cdot \frac{64,17}{30}\right) = 0,0034 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Потужність на бочці валків (для двох валків)

$$N = 960 \cdot M \cdot V / R = 960 \cdot 0,0034 \cdot 2,28 / 0,125 = 59,53 \text{ кВт},$$

що значно менше потужності встановленого приводу ( $N_{дв} = 315 \text{ кВт}$ ).

3. Визначимо температуру  $t_k$  штаби при виході із кліті за формулою

$$t_k = \varphi t_H + \Delta t \quad (2.38)$$

де  $\Delta t$  – прирощення температури в осередку деформації за формулою А.П.Чекмарьова і ін.. [1]:

$$\Delta t = 0,05m \cdot \sigma_{cp} + \sigma_{cp} \ln H / h, \quad (2.39)$$

де  $m$  – коефіцієнт, який рівний для низковуглецевої сталі

$$m = 2,2 - 0,65 \left( \frac{t_H}{480} - 0,042 \right)^{1,4} \quad (2.40)$$

для наших умов отримаємо:

$$m = 2,2 - 0,65 \left( \frac{25}{480} - 0,042 \right)^{1,4} = 2,198;$$

$$\Delta t = 0,05 \cdot 2,198 (649,5 + 471,3) \cdot \ln 0,5 / 0,4 = 27^0 \text{ C}$$

$$t_k = \varphi \cdot t_H + \Delta t = 25 + 27 = 52^0 \text{ C}$$

де  $\varphi$  – коефіцієнт, який враховує охолодження штаби на міжклітьовій ділянці ( $\varphi = 0,6 - 1,0$ ). В кліті 1 коефіцієнт  $\varphi = 1$

**Кліть 2.** Визначимо швидкість прокатки в кліті 2 ( $h_2 = 0,32$ ;  $\Delta h = 0,08$ )

$$v_2 = h_4 v_4 / h_2 = 0,22 \cdot 4,15 / 0,32 = 2,85 \text{ м/с}$$

Наступні параметри визначимо за наведеним вище алгоритмом розрахунку для кліті 1.

$$f_0 = k_v [0,0705 + 0,006(R_a - 0,6)] = 1(0,0705 + 0,006 \cdot 0,4) \approx 0,073$$

$$k_v = 1$$

$$k_d = 0,47 + 1,75 \cdot 0,2 = 0,82$$

$$k_n = 1,09 - 0,05 \cdot 0,5 = 1,065$$

Шорсткість штаби перед кліттю 2 приймають рівною  $R_{an} = 0,5 R_{a(i-1)}$ , тобто половині висоти шорсткості після попередньої кліті. Коефіцієнт  $k_{cm} = 0,85$

Далі маємо (температуру  $t_H$  приймаємо із розрахунку кліті 1  $t_H \approx 52^0 \text{ C}$ )

$$a = 0,31 + 1,7 \cdot 0,2 = 0,65$$

$$c = 1,2 - 2,8 \cdot 0,2 = 0,64$$

$$n = 3,84 - 5,7 \cdot 0,2 = 2,7$$

$$k_t = 0,65 + 0,64(1,11 - 0,0044 \cdot 52)^{2,7} = 1,1$$

$$f = 0,073 \cdot 0,82 \cdot 1,065 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1,11 = 0,06$$

$$f_n = 1,6 \cdot 0,06 - 0,018 = 0,078$$

Сумарне обчислення у 2 клітках (кліті 1 та 2) дорівнює за формулою (2.8)

$$\varepsilon_{\Sigma i} = \frac{H_o - i}{H_o} = \frac{0,5 - 0,32}{0,5} = 0,36.$$

Початкове напруження течії підкату  $\sigma_{T0}$  розрахований раніше (для кліті 1) і він рівний  $\sigma_{T0} = 247,1 \text{ Н/мм}^2$ . Зміцнення металу при  $\varepsilon_{\Sigma 2} = 0,36$ , також раніше розраховано  $\Delta\sigma_T = 273,9 \text{ Н/мм}^2$ . Визначемо коефіцієнт зміцнення металу  $k\varepsilon$  при  $\varepsilon_{\Sigma 2} = 0 \dots 0,4$  за формулою (2.18)

$$k\varepsilon = 1 - \left(1 - \frac{0,36}{0,4}\right)^{1,55} \approx 0,97;$$

$$\ell_d = \sqrt{R \cdot \Delta h} = 125 \cdot 0,08 = 3,16 \text{ мм}; \ell_c = [1,3 + 4,1(\varepsilon_{\Sigma 2} - 0,2)^3] \cdot \sqrt{R \cdot \Delta h} =$$

$$[1,3 + 4,1(0,36 - 0,2)^3] \cdot \sqrt{125 \cdot 0,08} = 4,16 \text{ мм}$$

$$u = v \cdot \varepsilon / \ell_c = 2850 \cdot 0,2 / 4,16 = 137 \text{ с}^{-1}$$

$$\ln u = 4,9;$$

$$n_u = 1 + 0,38\left(0,5 + \frac{\ln u}{13,8}\right)^2 = 1 + 0,38\left(0,5 + \frac{4,9}{13,8}\right)^2 = 1,227;$$

$$n_t = 0,8 + 0,23\left(1 - \frac{52}{300}\right)^2 = 0,96$$

$$\sigma_{T1} = n_u n_t \sigma_{T0} + \Delta\sigma_T k\varepsilon = 1,227 \cdot 0,96 \cdot 247,1 + 273,9 \cdot 0,97 = 556,7 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_{T(i-1)} = n_t \cdot \sigma_{T0} + \Delta\sigma_T \cdot k\varepsilon = 0,96 \cdot 247,1 + 273,9 \cdot 0,97 = 502,89 \text{ Н/мм}^2$$

де  $\sigma_{T(i-1)}$  – напруження течії наміжклітьовому проміжку (перед наступною кліттю).

Опір металу деформації  $\sigma_{\phi}$

$$\sigma_{\phi} = 1,15[\sigma_{T(i-1)} + 0,67(\sigma_{T1} - \sigma_{T(i-1)})] = 1,15[427,8 + 0,67(556,7 - 427,8)] = 591,3 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_{\phi 0} = 1,15 \cdot 0,96 \cdot 427,8 = 472,3 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_{\phi 1} = 1,15 \cdot 556,7 = 640,2 \text{ Н/мм}^2$$

Заднє і переднє натягнення штаби у кліті 2, ті інші параметри дорівнюють:

$$\sigma_3 = \sigma_{\Pi} = 64,17 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_{\Pi} = 0,15 \cdot \sigma_{T1} = 0,15 \cdot 502,89 = 75,43 \text{ Н/мм}^2$$

$$n_{cp} = 1 - \frac{\sigma_3 + \sigma_{\Pi}}{2 \cdot \sigma_{\phi}} = 1 - \frac{64,17 + 75,43}{2 \cdot 591,3} = 0,88$$

$$n_1 = 1 - \frac{\sigma_{\Pi}}{\sigma_{\phi 1}} = 1 - \frac{75,43}{640,2} = 0,88$$

Допоміжні параметри та довжина контакту з рахунком пружних деформацій валків і штаби:

$$C = n_{cp} \cdot \sigma_{\phi} \frac{R}{47500} = 0,88 \cdot 591,3 \frac{125}{47500} = 1,37 \text{ мм};$$

$$x_2 = n_1 \cdot \sigma_{\phi 1} \frac{R}{95000} = 0,88 \cdot 640,2 \frac{125}{95000} = 0,74 \text{ мм}^2;$$

$$h_{cp} = \sqrt{H \cdot h} = \sqrt{0,4 \cdot 0,32} = 0,36 \text{ мм};$$

$$\ell'_c = \frac{C + \sqrt{C^2 + 4R \Delta h (1 - C \frac{f}{2 \cdot h})}}{2(1 - C \frac{f}{2 \cdot h})} = \frac{1,37 + \sqrt{1,88 + 4 \cdot 125 \cdot 0,08 (1 - 1,37 \frac{0,078}{2 \cdot 0,32})}}{2(1 - 1,37 \frac{0,078}{0,72})} = \frac{7,501}{1,702} = 4,2$$

мм;

$$\ell_c = \ell'_c + x_2 = 4,2 + 0,74 = 4,94 \text{ мм}.$$

Знаходимо енергосилові параметри:

$$P'_{cp} = \sigma_{\phi}(1 + C_H \cdot f_n \cdot lc / h_{cp})$$

$$C_H = 0,17(1 + 14,7 \cdot f_n) \quad \text{при } f_n < 0,12;$$

$$C_H = 0,17(1 + 14,7 \cdot 0,078) = 0,36$$

$$P'_{cp} = 591,3(1 + 0,36 \cdot 0,078 \cdot 4,94 / 0,36) = 819,1 \text{ Н/мм}^2$$

$$P_{cp} = P'_{cp} \left(1 - \frac{\sigma_H + \sigma_3}{2P'_{cp}}\right) = 819,1 \left(1 - \frac{64,17 + 75,43}{1638}\right) = 748,7 \text{ Н/мм}^2$$

$$P = P_{cp} \cdot \ell_c \cdot B = 748,7 \cdot 0,0049 \cdot 0,43 = 1,58 \text{ МН}$$

$$\psi = 0,5(\ell d / h_{cp})^{-0,092} = 0,5(3,16 / 0,36)^{-0,092} = 0,409$$

$$\psi_c = \psi(\ell d / \ell_c)^2 = 0,409(3,16 / 4,94)^2 = 0,17$$

$$M = 2 \psi \cdot P \cdot \ell_c + H \cdot B \cdot R \cdot \sigma_3 \cdot 10^{-6} \left(1 - \frac{h}{H} \cdot \frac{\sigma_H}{\sigma_3}\right) = 2 \cdot 0,17 \cdot 1,58 \cdot 0,0049 + 0,4$$

$$\cdot 0,43 \cdot 0,125 \cdot 64,17 \cdot 10^{-6} \left(1 - \frac{0,32}{0,4} \cdot \frac{75,43}{64,17}\right) = 0,0026 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$N = 960 \cdot M \cdot V / R = 960 \cdot 0,0026 \cdot 2,85 / 0,125 = 56,9 \text{ кВт}$$

$$m = 2,2 - 0,65 \left(\frac{t_H}{480} - 0,042\right)^{1,4} = 2,2 - 0,65 \left(\frac{52}{480} - 0,042\right)^{1,4} = 2,185;$$

$$\Delta t = 0,05 \text{ м} \cdot (P_{cp} + \sigma_{\phi 1}) \ell_n H / h = 0,05 \cdot 2,185(748,7 + 591,3) \ell_n 0,4 / 0,32 = 32,2^{\circ} \text{ С}$$

$$t_k = \varphi \cdot t_H + \Delta t = 0,9 \cdot 52 + 32,2 = 79^{\circ} \text{ С}$$

Аналогічно виповнимо розрахунки і для інших клітей.

**Кліть 3.** Визначимо швидкість прокатки в кліті 3. ( $h_3 = 0,25$ ;  $\Delta h = 0,07$ )

$$v_3 = h_4 v_4 / h_3 = 0,22 \cdot 4,15 / 0,25 = 3,65 \text{ м/с}$$

$$f_0 = k_v [0,0691 + 0,003(R_a - 0,6)] = 1(0,0691 + 0,003 \cdot 0,2) \approx 0,070$$

$$k_v = 1$$

$$k_d = 0,47 + 1,75 \cdot 0,218 = 0,85$$

$$k_n = 1,09 - 0,05 \cdot 0,4 = 1,07$$



$$a = 0,31 + 1,7 \cdot 0,218 = 0,68$$

$$c = 1,2 - 2,8 \cdot 0,218 = 0,59$$

$$n = 3,84 - 5,7 \cdot 0,218 = 2,59$$

$$k_t = 0,68 + 0,59(1,11 - 0,0044 \cdot 79)^{2,59} = 0,97$$

$$f = 0,070 \cdot 0,85 \cdot 1,07 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,97 = 0,052$$

$$f_n = 1,6 \cdot 0,052 - 0,018 = 0,066$$

$$k\varepsilon = 1 + 0,87(\varepsilon_{\Sigma} - 0,4)^{0,5} = 1 + 0,87(0,50 - 0,4)^{0,5} = 1,27;$$

$$\ell_d = \sqrt{R \cdot \Delta h} = 125 \cdot 0,07 = 2,96 \text{ мм};$$

$$\ell_c = [1,3 + 4,1(\varepsilon_{\Sigma 3} - 0,2)^3] \cdot \sqrt{R \cdot \Delta h} = [1,3 + 4,1(0,50 - 0,2)^3] \cdot \sqrt{125 \cdot 0,07} = 4,17 \text{ мм}$$

$$u = v \cdot \varepsilon / \ell_c = 3650 \cdot 0,218 / 4,17 = 190,8 \text{ с}^{-1}$$

$$\ln u = 5,3;$$

$$n_u = 1 + 0,38\left(0,5 + \frac{\ln u}{13,8}\right)^2 = 1 + 0,38\left(0,5 + \frac{5,3}{13,8}\right)^2 = 1,296;$$

$$n_t = 0,8 + 0,23\left(1 - \frac{79}{300}\right)^2 = 0,92$$

$$\sigma_{T1} = n_u n_t \sigma_{T0} + \Delta \sigma_T k\varepsilon = 1,296 \cdot 0,92 \cdot 247,1 + 273,9 \cdot 1,27 = 642,5 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_{T(i-1)} = n_t \cdot \sigma_{T0} + \Delta \sigma_T \cdot k\varepsilon = 0,92 \cdot 247,1 + 273,9 \cdot 1,47 = 629,9 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_{\phi} = 1,15[\sigma_{T(i-1)} + 0,67(\sigma_{T1} - \sigma_{T(i-1)})] = 1,15[502,89 + 0,67(642,5 - 502,89)] = 685,9 \text{ Н/мм}^2$$

Задне і передне натягнення штаби у кліті 3, ті інші параметри дорівнюють:

$$\sigma_3 = \sigma_{II} = 75,4 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_{II} = 0,15 \cdot \sigma_{T1} = 0,15 \cdot 629,9 = 94,5 \text{ Н/мм}^2$$

$$n_{cp} = 1 - \frac{\sigma_3 + \sigma_{II}}{2 \cdot \sigma_{\phi}} = 1 - \frac{75,4 + 94,5}{2 \cdot 685,9} = 0,88$$

$$n_1 = 1 - \frac{\sigma_{II}}{\sigma_{\phi 1}} = 1 - \frac{94,5}{738,9} = 0,87$$

Допоміжні параметри та довжина контакту з рахунком пружніх деформацій валків і штаби:

$$C = n_{cp} \cdot \sigma_{\phi} \frac{R}{47500} = 0,88 \cdot 685,9 \frac{125}{47500} = 1,59 \text{ мм};$$

$$\sigma_{\phi 1} = 1,15 \cdot \sigma_{T1} = 1,15 \cdot 642,5 = 738,9 \text{ Н/мм}^2$$

$$x_2 = n_1 \cdot \sigma_{\phi 1} \frac{R}{95000} = 0,87 \cdot 738,9 \frac{125}{95000} = 0,85 \text{ мм}^2;$$

$$h_{cp} = \sqrt{H \cdot h} = \sqrt{0,32 \cdot 0,25} = 0,28 \text{ мм};$$

$$\ell'_c = \frac{C + \sqrt{C^2 + 4R \Delta h (1 - C \frac{f}{2 \cdot h})}}{2(1 - C \frac{f}{2 \cdot h})} = \frac{1,59 + \sqrt{2,53 + 4 \cdot 125 \cdot 0,07 (1 - 1,59 \frac{0,066}{2 \cdot 0,28})}}{2(1 - 1,59 \frac{0,066}{0,56})} = \frac{7,153}{1,62} = 4,4$$

мм;

$$\ell_c = \ell'_c + x_2 = 4,4 + 0,85 = 5,25 \text{ мм}.$$

Знаходимо енергосилові параметри:

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

$$C_H = 0,17 (1 + 14,7 \cdot f_n) \quad \text{при } f_n < 0,12;$$

$$C_H = 0,17 (1 + 14,7 \cdot 0,066) = 0,33$$

$$P'_{cp} = 685,9 (1 + 0,33 \cdot 0,066 \cdot 5,25 / 0,28) = 966 \text{ Н/мм}^2$$

$$P_{cp} = P'_{cp} \left( 1 - \frac{\sigma_H + \sigma_s}{2P'_{cp}} \right) = 966 \left( 1 - \frac{75,43 + 94,5}{1932} \right) = 881 \text{ Н/мм}^2$$

$$P = P_{cp} \cdot \ell_c \cdot B = 881 \cdot 0,00525 \cdot 0,43 = 1,988 \text{ МН}$$

$$\psi = 0,5 (\ell d / h_{cp})^{-0,092} = 0,5 (2,96 / 0,28)^{-0,092} = 0,402$$

$$\psi_c = \psi (\ell d / \ell c)^2 = 0,402 (2,96 / 5,25)^2 = 0,13$$

$$M = 2 \psi \cdot P \cdot \ell_c + H \cdot B \cdot R \cdot \sigma_3 \cdot 10^{-6} \left( 1 - \frac{h}{H} \cdot \frac{\sigma_H}{\sigma_s} \right) = 2 \cdot 0,13 \cdot 1,988 \cdot 0,00525 +$$

$$0,32 \cdot 0,43 \cdot 0,125 \cdot 75,43 \cdot 10^{-6} \left( 1 - \frac{0,25}{0,32} \cdot \frac{94,5}{75,43} \right) = 0,0025 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$N = 960 \cdot M \cdot V / R = 960 \cdot 0,0025 \cdot 3,65 / 0,125 = 70,1 \text{ кВт}$$

$$m = 2,2 - 0,65 \left( \frac{t_H}{480} - 0,042 \right)^{1,4} = 2,2 - 0,65 \left( \frac{79}{480} - 0,042 \right)^{1,4} = 2,166;$$

$$\Delta t = 0,05 \text{ м} \cdot (P_{\text{cp}} + \sigma_{\phi 1}) \cdot \ell_n \text{ Н} / h = 0,05 \cdot 2,166(881 + 685,9) \cdot \ell_n 0,32 / 0,25 = 40,7^\circ \text{ C}$$

$$t_k = \varphi \cdot t_H + \Delta t = 0,9 \cdot 79 + 40,7 = 111^\circ \text{ C}$$

**Кліть 4.** Визначимо швидкість прокатки в кліті 4 ( $h_4 = 0,22$ ;  $\Delta h = 0,03$ )

$$v_4 = 4,15 \text{ м/с}$$

$$f_0 = k_v [0,0681 + 0,002(R_a - 0,6)] = 1(0,0681 + 0,002 \cdot 0,4) \approx 0,067$$

$$k_v = 1$$

$$k_d = 0,47 + 1,7 \cdot 0,12 = 0,67$$

$$k_n = 1,09 - 0,05 \cdot 0,16 = 1,082$$

$$a = 0,31 + 1,7 \cdot 0,12 = 0,51$$

$$c = 1,2 - 2,8 \cdot 0,12 = 0,86$$

$$n = 3,84 - 5,7 \cdot 0,12 = 3,2$$

$$k_t = 0,51 + 0,86(1,11 - 0,0044 \cdot 111)^{3,2} = 0,70$$

$$f = 0,067 \cdot 0,67 \cdot 1,082 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,70 = 0,029$$

$$f_n = 1,6 \cdot 0,029 - 0,018 = 0,028$$

$$k_\varepsilon = 1 + 0,87(\varepsilon_\Sigma - 0,4)^{0,5} = 1 + 0,87(0,56 - 0,4)^{0,5} = 1,35;$$

$$\ell_d = \sqrt{R \cdot \Delta h} = 125 \cdot 0,03 = 1,94 \text{ мм};$$

$$\ell_c = [1,3 + 4,1(\varepsilon_{\Sigma 4} - 0,2)^3] \cdot \sqrt{R \cdot \Delta h} = [1,3 + 4,1(0,56 - 0,2)^3] \cdot \sqrt{1250,03} = 2,89 \text{ мм}$$

$$u = v \cdot \varepsilon / \ell_c = 4150 \cdot 0,12 / 2,89 = 172,3 \text{ с}^{-1}$$

$$\ell_n u = 5,2;$$

$$n_u = 1 + 0,38(0,5 + \frac{\ell_n u}{13,8})^2 = 1 + 0,38(0,5 + \frac{5,2}{13,8})^2 = 1,292;$$

$$n_t = 0,8 + 0,23(1 - \frac{111}{300})^2 = 0,89$$

$$\sigma_{T1} = n_u n_t \sigma_{T0} + \Delta \sigma_T k_\varepsilon = 1,292 \cdot 0,89 \cdot 247,1 + 273,9 \cdot 1,35 = 653,9 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_{T(i-1)} = n_t \cdot \sigma_{T0} + \Delta \sigma_T \cdot k_\varepsilon = 0,89 \cdot 247,1 + 273,9 \cdot 1,35 = 589,7 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_\phi = 1,15[\sigma_{T(i-1)} + 0,67(\sigma_{T1} - \sigma_{T(i-1)})] = 1,15[629,9 + 0,67(653,9 - 629,9)] =$$

$$=742,9 \text{ Н/мм}^2$$

Задне і передне натягнення штаби у кліті 4, ті інші параметри дорівнюють:

$$\sigma_3 = \sigma_{\text{II}} = 94,5 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_{\text{II}} = 0,15 \cdot \sigma_{\text{T1}} = 0,15 \cdot 589,7 = 98 \text{ Н/мм}^2$$

$$n_{\text{cp}} = 1 - \frac{\sigma_3 + \sigma_{\text{II}}}{2 \cdot \sigma_{\phi}} = 1 - \frac{94,5 + 98}{2 \cdot 742,9} = 0,89$$

$$n_1 = 1 - \frac{\sigma_{\text{II}}}{\sigma_{\phi 1}} = 1 - \frac{98}{751,9} = 0,87$$

$$C = n_{\text{cp}} \cdot \sigma_{\phi} \frac{R}{47500} = 0,89 \cdot 742,9 \frac{125}{47500} = 1,74 \text{ мм};$$

$$\sigma_{\phi 1} = 1,15 \cdot \sigma_{\text{T1}} = 1,15 \cdot 653,9 = 751,9 \text{ Н/мм}^2$$

$$x_2 = n_1 \cdot \sigma_{\phi 1} \frac{R}{95000} = 0,87 \cdot 751,9 \frac{125}{95000} = 0,86 \text{ мм}^2;$$

$$h_{\text{cp}} = \sqrt{H \cdot h} = \sqrt{0,25 \cdot 0,22} = 0,23 \text{ мм};$$

$$\ell'_c = \frac{C + \sqrt{C^2 + 4R \Delta h (1 - C \frac{f}{2 \cdot h})}}{2(1 - C \frac{f}{2 \cdot h})} = \frac{1,74 + \sqrt{3,03 + 4 \cdot 125 \cdot 0,03 (1 - 1,74 \frac{0,028}{2 \cdot 0,23})}}{2(1 - 1,74 \frac{0,028}{0,46})} = \frac{5,794}{1,79} = 3,2$$

мм;

$$\ell_c = \ell'_c + x_2 = 3,2 + 0,86 = 4,06 \text{ мм}.$$

Знаходимо енергосилові параметри:

$$P'_{\text{cp}} = \sigma_{\phi} (1 + C_{\text{H}} \cdot f_{\text{n}} \cdot \ell_c / h_{\text{cp}})$$

$$C_{\text{H}} = 0,17(1 + 14,7 \cdot f_{\text{n}}) \quad \text{при } f_{\text{n}} < 0,12;$$

$$C_{\text{H}} = 0,17(1 + 14,7 \cdot 0,028) = 0,24$$

$$P'_{\text{cp}} = 742,9(1 + 0,24 \cdot 0,028 \cdot 4,06 / 0,23) = 831 \text{ Н/мм}^2$$

$$P_{\text{cp}} = P'_{\text{cp}} \left(1 - \frac{\sigma_{\text{II}} + \sigma_3}{2P'_{\text{cp}}}\right) = 831 \left(1 - \frac{94,5 + 98}{1662}\right) = 734,6 \text{ Н/мм}^2$$

$$P = P_{\text{cp}} \cdot \ell_c \cdot B = 734,6 \cdot 0,00406 \cdot 0,43 = 1,28 \text{ МН}$$

$$\psi = 0,5(\ell d/hcp)^{-0,092} = 0,5(1,94 / 0,23)^{-0,092} = 0,410$$

$$\psi_c = \psi(\ell d/\ell c)^2 = 0,410(1,94 / 4,06)^2 = 0,09$$

$$M = 2 \psi \cdot P \cdot \ell_c + H \cdot B \cdot R \cdot \sigma_3 \cdot 10^{-6} \left(1 - \frac{h}{H} \cdot \frac{\sigma_H}{\sigma_3}\right) = 2 \cdot 0,09 \cdot 1,28 \cdot 0,00406 +$$

$$0,25 \cdot 0,43 \cdot 0,125 \cdot 94,5 \cdot 10^{-6} \left(1 - \frac{0,22}{0,25} \cdot \frac{98}{94,5}\right) = 0,0011 \text{ МН}\cdot\text{м}$$

$$N = 960 \cdot M \cdot V / R = 960 \cdot 0,0011 \cdot 4,15 / 0,125 = 35,1 \text{ кВт}$$

$$m = 2,2 - 0,65\left(\frac{t_H}{480} - 0,042\right)^{1,4} = 2,2 - 0,65\left(\frac{111}{480} - 0,042\right)^{1,4} = 2,137;$$

$$\Delta t = 0,05m \cdot (P_{cp} + \sigma_{\phi 1}) \ell n H / h = 0,05 \cdot 2,137(734,6 + 742,9) \ell n 0,25 / 0,22 =$$

$$= 18,9^\circ\text{C}$$

$$t_K = t_H + \Delta t = 111 + 18,9 = 129,9^\circ\text{C}$$

Отримані розрахунки зводимо у таблицю 2.2

Таблиця 2.2 – Розрахункові параметри прокатування штаби 0,22x430мм

Параметри	Номер кліті			
	1	2	3	4
$f_0$	0,078	0,073	0,070	0,067
$k_v$	1	1	1	1
$k_d$	0,82	0,82	0,85	0,67
$k_n$	1,06	1,065	1,07	1,082
$k_t$	1,29	1,1	0,97	0,70
$f$	0,074	0,06	0,052	0,029
$f_n$	0,1	0,078	0,066	0,028
$k\varepsilon$	0,66	0,97	1,27	1,35
$\ell_c$ , мм	4,6	4,16	4,17	2,89
$U$ с	99,13	137	190,8	172,3
$n_u$	1,263	1,227	1,296	1,292
$n_t$	0,995	0,96	0,92	0,89
$\sigma_{T1}$ Н/мм <sup>2</sup>	491,3	556,7	642,5	653,9
$\sigma_{T(i-1)}$ Н/мм <sup>2</sup>	231,3	502,89	629,9	589,7
$\sigma_\phi$ , Н/мм <sup>2</sup>	471,3	591,3	685,9	742,9
$\sigma_3$ , Н/мм <sup>2</sup>	30	64,17	75,43	94,5
$\sigma_n$ , Н/мм <sup>2</sup>	64,17	75,43	94,5	98
$C$ , мм	1,11	1,37	1,59	1,74
$x_2$ , мм	0,66	0,74	0,85	0,86
$\ell'_c$ , мм	4,47	4,2	4,4	3,2

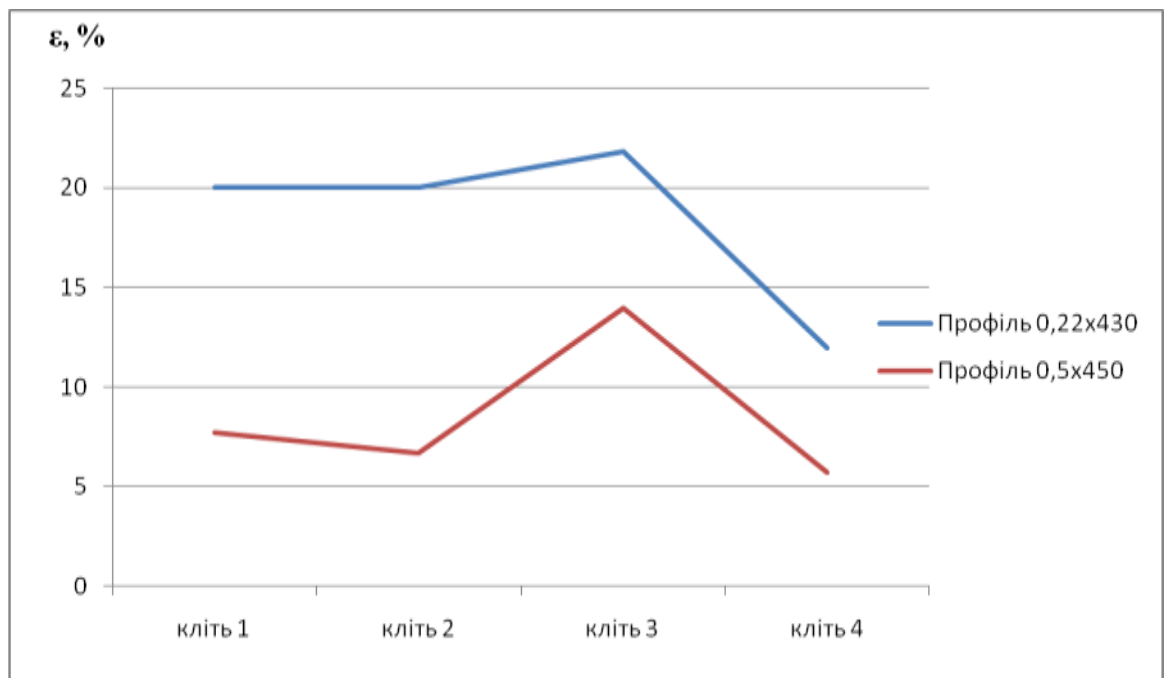
$l_c$ мм	5,13	4,94	5,25	4,06
$P'_{cp}$ Н/мм <sup>2</sup>	696,9	819,1	966	831
$P_{cp}$ Н/мм <sup>2</sup>	649,5	748,7	881	734,6
$P$ МН	1,42	1,58	1,988	1,28
$M$ МН·м	0,0034	0,0026	0,0026	0,0011
$N$ , кВт	59,53	56,9	70,1	35,1
$m$	2,198	2,185	2,166	2,137
$\Delta t$ °C	27	32,2	40,7	18,9
$t_k$ °C	52	79	111	129,9

За цією ж методикою виконуємо розрахунок режимів деформації і енергосилових параметрів для профілю 0,5x450мм. Після розрахунку отримані дані зносимо у таблицю 2.3 та будуємо графічні залежності по отриманим розрахункам (рисунки 2.1.-2.3).

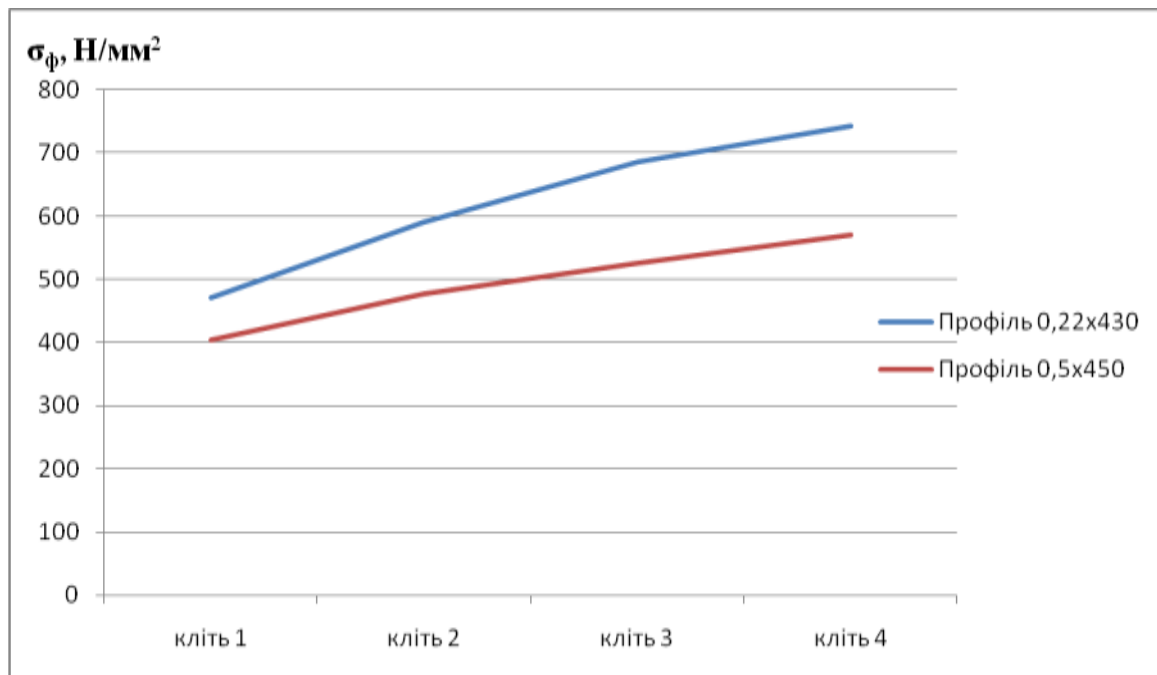
Таблиця 2.3 – Розрахункові параметри прокатування штаби 0,5x450мм

Параметри	Номер кліті			
	1	2	3	4
$f_0$	0,075	0,071	0,070	0,066
$k_v$	1	1	1	1
$k_d$	0,61	0,69	0,57	0,58
$k_n$	1,06	1,06	1,065	1,067
$k_t$	1,45	1,4	1,22	1,1
$f$	0,060	0,062	0,044	0,038
$f_n$	0,078	0,081	0,052	0,04
$k\varepsilon$	0,29	0,49	0,62	0,78
$l_c$ , мм	3,37	3,02	2,57	2,6
$U$ с	79,1	82	86,9	95,7
$n_u$	1,25	1,25	1,26	1,26
$n_t$	0,993	0,98	0,97	0,95
$\sigma_{T1}$ Н/мм <sup>2</sup>	400	455	490	530
$\sigma_{T(i-1)}$ Н/мм <sup>2</sup>	337	391	462	467
$\sigma_\phi$ , Н/мм <sup>2</sup>	405	478	526	570
$\sigma_3$ Н/мм <sup>2</sup>	30	33,7	39,1	42,6
$\sigma_{II}$ , Н/мм <sup>2</sup>	33,7	39,1	42,6	46,7
$C$ , мм	0,98	1,16	1,28	1,38
$x_2$ , мм	0,56	0,64	0,69	0,74
$l'_c$ , мм	3,15	3,05	2,78	2,92
$l_c$ мм	3,71	3,69	3,47	3,66

$P'_{cp}$ Н/мм <sup>2</sup>	471	569	579	613
$P_{cp}$ Н/мм <sup>2</sup>	439	533	538	568
$P$ МН	0,73	0,89	0,84	0,94
$M$ МН·м	0,0011	0,001	0,0008	0,0008
$N$ кВт	30,3	30,8	23,5	27,1
$m$	2,199	2,19	2,19	2,18
$\Delta t$ °С	7	8	6	7
$t_k$ °С	30	34	42	57

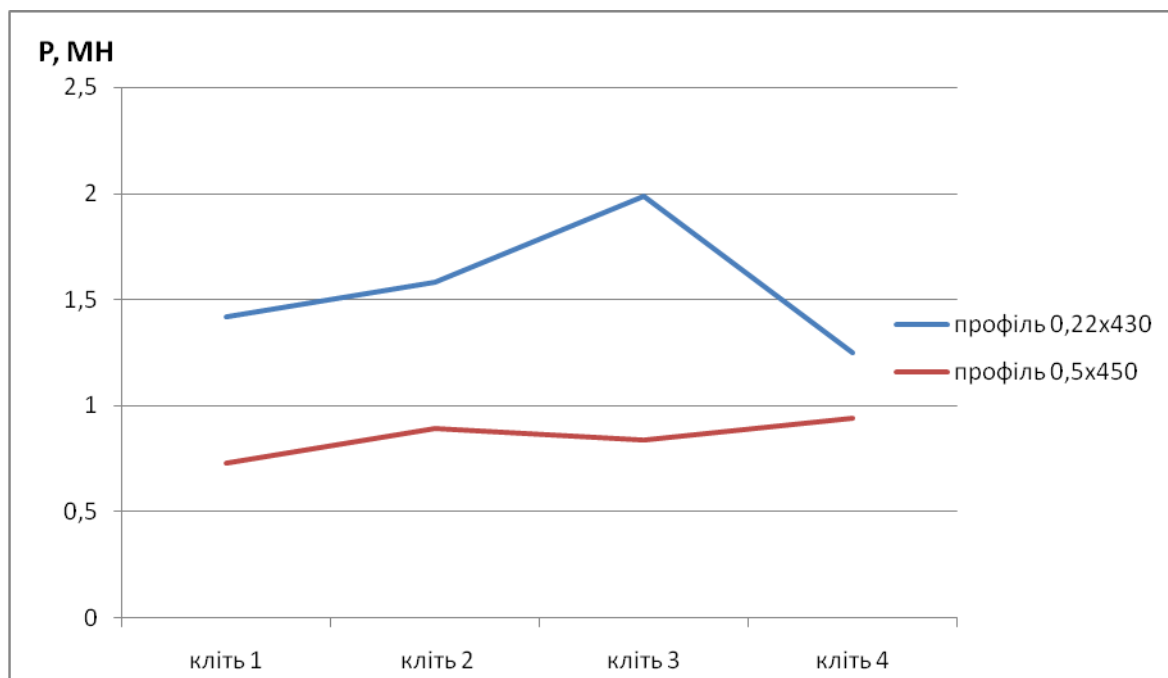


**а)** відносне обтиснення  $\varepsilon$  (%)



**б) опір металу деформації  $\sigma_{\phi}$ , (Н/мм<sup>2</sup>)**

Рисунок 2.1 – Графік розподілення відносного обтиснення (а) та опору металу (б) по клітям (1 – профіль 0,22x430 мм; 2 – профіль 0,5x450мм.)



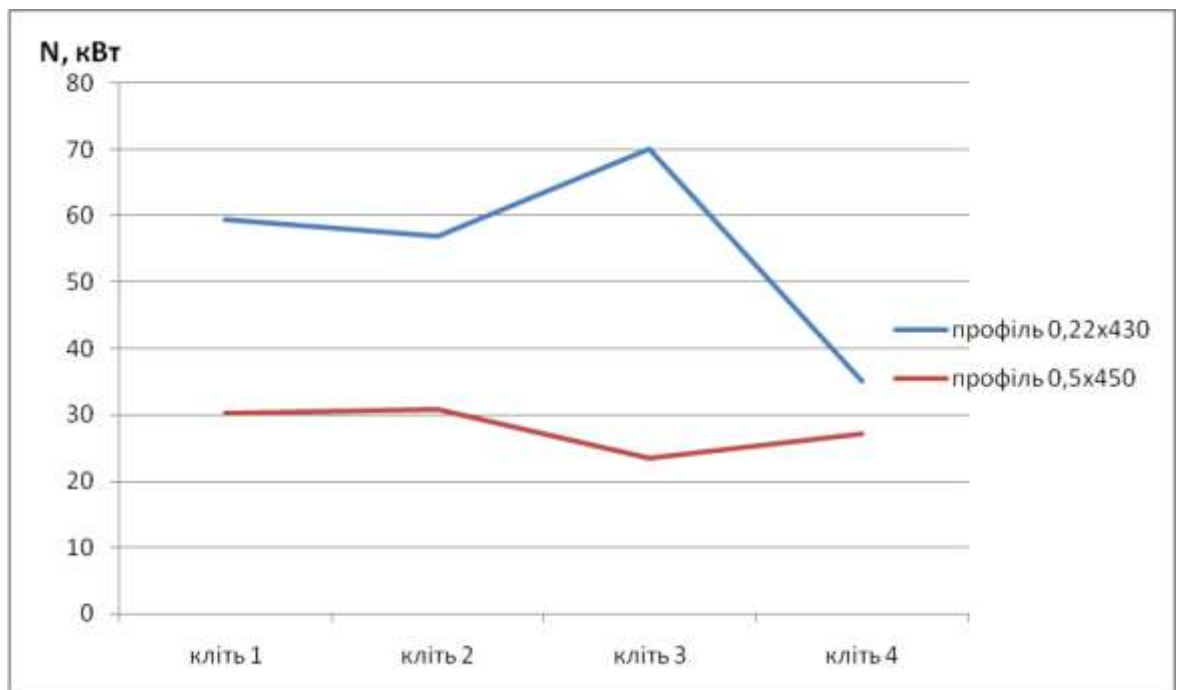
**в) сила прокатки P(МН)**



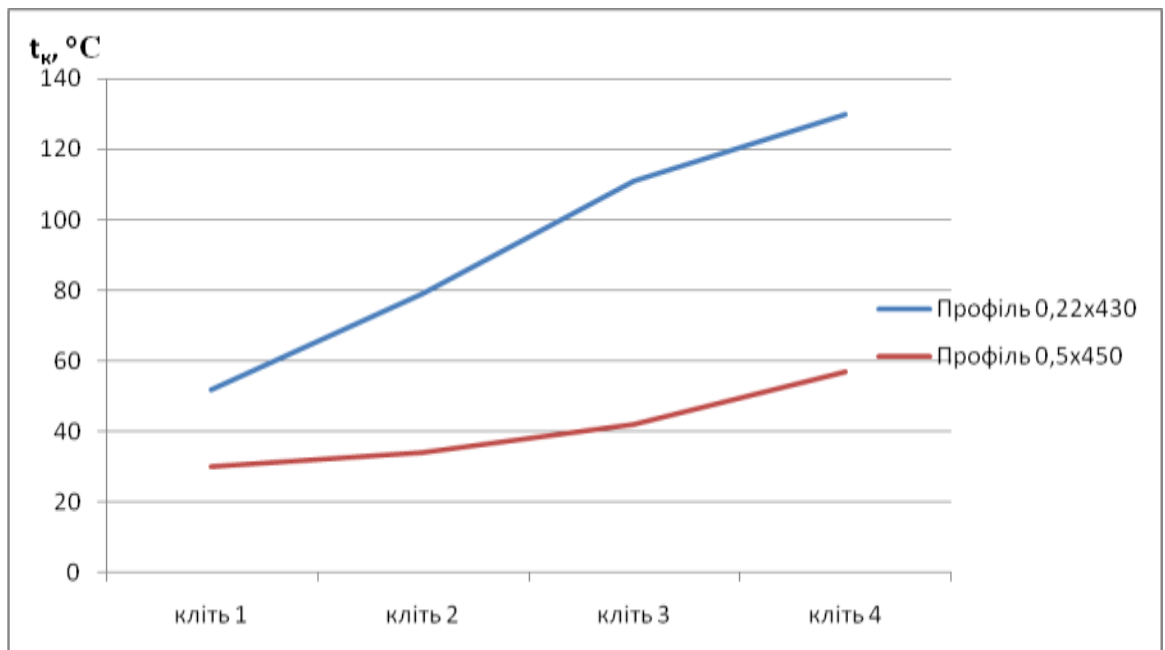


г) Обертовий момент  $M(\text{MN}\cdot\text{m})$

Рисунок 2.2 – Графік розподілення сили прокатки (в) та обертового момента (г) по клітям (1 – профіль 0,22x430 мм; 2 – профіль 0,5x450мм).



д) потужність валків  $N(\text{kWt})$



е) температура  $t_k$  ( $^{\circ}$  C)

Рисунок 2.3 – Графік розподілення потужності валків (д) та температури (е) по клітям. ( 1 – профіль 0,22x430 мм; 2 – профіль 0,5x450мм.)

## 2.2 Розрахунок пропускної спроможності агрегатів [8]

### Агрегат розпуску

Годинна продуктивність АРР за технологією, що діє, складає:

$$A_r = 12,5 \text{ т/г} \quad \% \text{ простою агрегату} = 8,0\%$$

Продуктивність в зміну:

$$A_{зм} = 8 \cdot A_r(1 - \% \text{ простою}); \quad (2.41)$$

$$A_{зм} = 8 \cdot 12,5(1 - 0,080) = 92 \text{ т}$$

### Безперервні стани холодного прокатування

Годинна продуктивність і % простою станів 450 і 650 складає відповідно:

$$A_{r1} = 6,2 \text{ т/г} \quad \% \text{ простою агрегату} = 11,6\%$$

$$A_{r2} = 8,3 \text{ т/Г} \quad \% \text{ простою агрегату} = 11,5\%$$

Продуктивність в зміну:

$$A_{3M} = 8 \cdot A_r (1 - \% \text{ простою});$$

$$A_{3M1} = 8 \cdot 6,2(1 - 0,116) = 43,9 \text{ т}$$

$$A_{3M2} = 8 \cdot 8,3(1 - 0,115) = 58,8 \text{ т}$$

Загальна продуктивність прокатних станів:

$$A_{3M} = A_{3M1} + A_{3M2}; \quad (2.42)$$

$$A_{3M} = 43,9 + 58,8 = 102,7$$

### **Агрегат обрізки**

У цеху встановлені 3 однотипних агрегату для обрізання кромки. Годинна продуктивність і % простою 1-го агрегату складає:

$$A_{r1} = 4,4 \text{ т/Г} \quad \% \text{ простою агрегату} = 8,6\%$$

Продуктивність 1-го агрегату в зміну:

$$A_{3M} = 8 \cdot A_r (1 - \% \text{ простою});$$

$$A_{3M} = 8 \cdot 4,4(1 - 0,086) = 32,17 \text{ т}$$

Продуктивність 3-х агрегатів в зміну:

$$A_{3M} = 3 \cdot A_{3M1};$$

$$A_{3M} = 3 \cdot 32,17 = 96,51 \text{ т.}$$

### **Чистильно-мийний агрегат**

У цеху встановлені 3 однотипних чистильно-мийних лінії. Годинна продуктивність і % простою 1-ої лінії складає:

$$A_{r1} = 4,6 \text{ т/Г} \quad \% \text{ простою агрегату} = 1,3\%$$

Продуктивність 1-го агрегату в зміну:

$$A_{3M} = 8 \cdot A_r (1 - \% \text{ простою});$$

$$A_{3M} = 8 \cdot 4,6(1 - 0,013) = 36,3 \text{ т}$$

Продуктивність 3-х агрегатів в зміну:

$$A_{3M} = 3 \cdot A_{3M1}; \quad (2.43)$$

$$A_{3M} = 3 \cdot 36,3 = 108,9 \text{ т.}$$

### **Дрессирувальні стани**

У цеху встановлені 4 дрессирувальні стани. Годинна продуктивність і % простою 1-ої лінії складає:

$$A_{Г1} = 4,6 \text{ т/г} \quad \% \text{ простою агрегату} = 7,3\%$$

Продуктивність 1-го агрегату в зміну:

$$A_{3M} = 8 \cdot A_{Г1} (1 - \% \text{ простою});$$

$$A_{3M} = 8 \cdot 4,6(1 - 0,073) = 34,1 \text{ т}$$

Продуктивність 4-х станів в зміну:

$$A_{3M} = 4 \cdot A_{3M1};$$

$$A_{3M} = 4 \cdot 31,4 = 136,4 \text{ т.}$$

### **Агрегати гарячого лудіння**

У цеху встановлені 4 агрегати гарячого лудіння. Годинна продуктивність і % простою 1-ої лінії складає:

$$A_{Г1} = 0,660 \text{ т/г} \quad \% \text{ простою агрегату} = 5\%$$

Продуктивність 1-го агрегату в зміну:

$$A_{3M} = 8 \cdot A_{Г1} (1 - \% \text{ простою});$$

$$A_{3M} = 8 \cdot 0,660(1 - 0,05) = 5,0 \text{ т}$$

Продуктивність 4-х станів в зміну:

$$A_{3M} = 4 \cdot A_{3M1};$$

$$A_{3M} = 4 \cdot 5 = 20 \text{ т.}$$

Результати проведених розрахунків заносимо в підсумкову таблицю 2.4

Таблиця 2.4 – Пропускна спроможність агрегатів

	АР Р	Прокатні і стани		Дискові ножиці			Чистильні о-мийні агрегати			Дресировальні стани				Агрегати гарячого лудіння			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4		
$A_r$ т/г	12,5	6,2	8,3	4,4	4,4	4,4	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	0,6	0,6	0,6	0,6
% простотою	8,0	11,6	11,5	8,6	8,6	8,6	1,3	1,3	1,3	7,3	7,3	7,3	7,3	4	4	4	4
$A_{3M}$ т	92	102,7	96,51	108,9			136,4				20						

## 2.2 Розрахунок пропускної спроможності агрегатів після вдосконалення

У пункті 2.1 даної роботи була представлена реконструкція безперервного прокатного стану 650, агрегату розпуску рулонів і дискових ножиць. Проводимо розрахунок продуктивності цих агрегатів після вдосконалення.

### Агрегат розпуску рулонів

Визначаємо довжину штаби

$$L = \frac{G}{h \cdot b} \quad (2.44)$$

де -  $G$  - маса рулону 4,9 т;

$h$  - товщина штаби 0,45 мм;

$b$  - ширина штаби 950 мм;

$\gamma$  - питома маса металу;

$$L = \frac{4,9}{0,45 \cdot 10^{-3} \cdot 0,95 \cdot 7,85} = 1460 \text{ м}$$

Машинний час роботи агрегату

$$\tau_n = \frac{L}{V_m} \quad (2.45)$$

де  $V_m$  – швидкість руху штаби в лінії агрегату 3,56 м/с [за проектом].

$$\tau_n = \frac{1460}{3,56} = 410 \text{ с,}$$

Визначуваний час роботи агрегату

$$T = \tau_n + \tau_p \quad (2.46)$$

де  $\tau_p$  - пауза між рулонами. За заводськими даними  $\tau_p$  - 885 с

$$T = 410 + 885 = 1295 \text{ с}$$

Продуктивність агрегату

$$A = \frac{3600G}{T} \quad (2.47)$$

$$A = \frac{3600 \cdot 4,9}{1295} = 13,62 \text{ т/Г}$$

Продуктивність в зміну

$$A_{3M} = 8 \cdot A_{\text{ч}} (1-\% \text{простою}),$$

де % простою за даними заводу рівний 8,4%

$$A_{зм} = 8 \cdot 13,62(1 - 0,084) = 99,8 \text{ т}$$

### Дискові ножиці

Визначаємо довжину штаби

$$L = \frac{G}{kby}$$

$$L = \frac{2,4}{0,22 \cdot 10^{-3} \cdot 0,51 \cdot 7,85} = 2724,8 \text{ м}$$

Машинний час роботи агрегату

$$\tau_n = \frac{L}{V_m}$$

де  $V_m$  – швидкість руху штаби в лінії агрегату 4,57 м/с [за роботою].

$$\tau_n = \frac{2724,8}{4,57} = 596,2 \text{ с,}$$

Визначуваний час роботи агрегату

$$T = \tau_n + \tau_p$$

де  $\tau_p$  - пауза між рулонами. За заводськими даними  $\tau_p$  - 1140 с

$$T = 596,2 + 1140 = 1736,2 \text{ с}$$

Продуктивність одного агрегату

$$A = \frac{3600G}{T}$$

$$A = \frac{3600 \cdot 2,4}{1736,2} = 4,97 \text{ т/Г}$$

Продуктивність в зміну 3-х агрегатів

$$A_{зм} = 3 \cdot 8 \cdot A_{ч} (1 - \% \text{ простою}),$$

де % простою за даними заводу рівний 8,4%

$$A_{зм} = 3 \cdot 8 \cdot 4,97(1 - 0,084) = 109,2 \text{ т}$$

### Прокатні стани

Продуктивність безперервного стану №1 залишається без змін і складає 44,7 т в зміну при годинній продуктивності 6,36 т/Г

Годинна продуктивність стану №2 складає 8,8 т/Г

Визначимо продуктивність стану 650 при % простою 11,7%

$$A_{зм} = 8 \cdot A_{ч} (1 - \% \text{ простою}),$$

$$A_{зм} = 8 \cdot 8,8 (1 - 0,117) = 62,2 \text{ т}$$

Загальна продуктивність в зміну двох станів складе:

$$A_{заг} = 44,7 + 62,2 = 106,93 \text{ т.}$$

Пропускна здатність агрегатів цеху за проектом приведена в таблиці 2.5

Таблиця 2.5 – Пропускна спроможність агрегатів цеху за проектом



	APP	Прокатні стани		Дискові ножиці			Чистильно-мийні агрегати			Дресировочні стани				Агрегати гарячого лудіння			
		1	1	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3
A <sub>г</sub> , т/г	13,62	6,36	8,8	4,97	4,97	4,97	4,7	4,7	4,7	4,5	4,5	4,5	4,5	0,660	0,660	0,660	0,660
% простю	8,4	11,3	11,7	8,4	8,4	8,4	1,2	1,2	1,2	7,5	7,5	7,5	7,5	4	4	4	4
A <sub>зм</sub> , Т	99,8	106,93		109,2			111,3			133,2				20			

### 3.ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ [9]

#### 3.1 Схеми технологічних операцій виробництва жерсті гарячого лудіння

Жерсть гарячого лудіння виробляється методом занурення стрічки у розплав олова.

Жерсть гарячого лудіння поставляється по ТУ У 14-4-422-97 «Жерсть холоднокатана гарячого лудіння у рулонах».

Для гарячого лудіння застосовується чорна жерсть, яка виготовляється з вуглецевої сталі марки 08пс. Хімічний склад марки сталі 08пс наведений вище у таблиці 1.5.

Стан металу та розміри – дресирована смуга товщиною  $0,22 \div 0,32$  мм з допусками по товщині згідно ТІ 226-3П-01; ширина смуги з урахуванням технічних можливостей агрегату від 120 до 512 мм. Маса рулонів  $0,5 \div 1,5$  т.

Жерсть після дресування, перед лудінням повинна мати глянцево поліровану поверхню без коробоватості, зламів, подряпин, відбитків, вм'ятин, чорних точок, порізів та ін.

Рулони жерсті повинні бути рівно та щільно змотані, без кромки, що виступають та супроводжуватися ярликами.

У випадку надходження рулонів чорної жерсті, з вищесказаними дефектами, метал повертається на доробку до відділення – винуватця. Якщо дефект усунути неможливо – її переводять на чорну жерсть загального призначення, чи у відсортування.

При виготовленні жерсті гарячого лудіння застосовуються наступні матеріали: сірчана кислота, олово марки 01 та 01 пч, цинк марки Ц-1, соляна кислота, рапсова олія, висівки, папір.

Схеми технологічних операцій виготовлення жерсті гарячого лудіння:

- Заправка стрічки до агрегату.

- Травлення поверхні жерсті.
- Промивання жерсті.
- Флюсування стрічки.
- Нанесення покриття із олова.
- Обробка жерсті у жировому середовищі.
- Очистка поверхні лудженої жерсті від олії.
- Змотування жерсті.
- Сортування і перемотування жерсті.
- Пакування жерсті.

1. Рулони жерсті після дресировання встановлюються на кантувач АГЛ. Кінець стрічки вручну заправляється в травильну ванну, промивну секцію, проводки агрегату, у жирову машину і в чистильну машину, а потім закріплюється на барабані змотувача. Забезпечення безперервного процесу лудіння здійснюється шляхом зшивання стрічки ручними зшивними машинами. Зшивка стрічок повинна бути міцною, рівною, без виступів гострих кромek. Для забезпечення якісної зшивки, для виключення обриву стрічки, необхідно забезпечити рівний різ і паралельність при поєднанні стрічок.

Через кожен проводку можуть одночасно проходити стрічки тільки одного номеру жерсті; на ванні – не більше 2 суміжних номерів жерсті.

2. Травлення стрічок проводиться в травильній ванні у розчині сірчаної кислоти, щільність якої повинна бути  $1,814 \div 1,831 \text{ г/см}^3$  (90÷94%).

Травлення жерсті – це одна із основних операцій підготовки металу до лудіння. При травленні відбувається очистка поверхні чорної жерсті від оксидів. При травленні стрічки повинні бути занурені в розчин за допомогою двох заглиблювальних роликів. Вміст залізного купоросу у травильному розчині, який утворюється у результаті реакції сірчаної кислоти із залізом, дозволяється до 33,0 г/л, при перевищенні вмісту залізного купоросу більше 33,0 г/л проводиться часткова заміна травильного розчину. Режим травлення наведений у додатку А.

Повна заміна травильного розчину проводиться по мірі його забруднення, але не рідше одного разу у місяць (під час перевалок агрегату).

**3.** Для видалення з поверхні стрічки після травлення залишків шламу, кислоти і солей заліза стрічка зверху і знизу піддається промиванню водою. Вода подається через струменеві колектори, при цьому необхідно стежити щоб отвори не засмічувалися.

Стрічка після промивки повинна бути чистою, мати рівномірний світло-сірий колір.

**4.** Обробка поверхні стрічки флюсом є найважливішою операцією підготовки, яка впливає на якість покриття стрічки оловом. Найважливішим призначенням флюсу є: висушити стрічку від вологи, підігріти стрічку і видалити з її поверхні оксиди, забезпечити утворення підшару (проміжного шару, який складається із сполуки олова із залізом) для якісного покриття оловом.

Нормальний флюсовий режим забезпечується за:

- Наявності у робочому флюсі хлористого олова;
- Рідинорухомості флюсу;
- Чистоті флюсу від скрафу.

У якості свіжого флюсу застосовується водний розчин хлористого цинку. Робочий флюс після перевалки агрегату готується із суміші «старого» і свіжого флюсу у відношенні 1 : 3. З метою активації флюсу допускається додавання у нього соляної кислоти, розведеної водою у співвідношенні 1 : 10 (концентрація соляної кислоти 3,5 ÷ 4,0%). Кількість кислоти даної концентрації не повинна перевищувати 1,0 ÷ 1,5 л за зміну на одну ванну. При цьому необхідно враховувати, що надлишок води у флюсі веде до його гідролізу і є одним із джерел утворення відходів («легкого», «важкого» металу і флюсового скрафу), а також дефектів жерсті.

Не допускається попадання мастила у флюс. У разі аварійного попадання мастила у флюс (флюс «горить») він замінюється.

**5.** Нанесення олов'яного покриття проводиться у ваннах лудіння.

Олово, яке застосовується для лудіння, по хімічному складу повинно відповідати маркам 01 і 01пч по ДСТУ 860-75. Допускається застосування олова інших марок, у тому числі з присутністю інших елементів домішок (у порівнянні з ДСТУ 860–75 ) за умови, що сума домішок не повинна перевищувати 0,1% у тому числі вміст свинцю не більше 0,04% і миш'яку не більше 0,01%.

Олово – м'який ковкий метал, його щільність при 20<sup>0</sup> С становить 7,2984 г/см<sup>3</sup>, температура плавлення 232<sup>0</sup> С.

Розплавлене олово у ванні агрегату повинно містити домішків у сумі не більше 0,1%, у тому числі вміст свинцю не більше 0,04% згідно ТУ У 14-4-422-97:

- Олово марки 01 із вмістом свинцю до 0,036% дозволяється вводити при підшихтовці в кількості не більше 20% від загальної ємності ванни;

- При підвищенні суми концентрації домішок в олов'яній ванні понад 0,10% або вміст свинцю більше 0,04% олово вважається не харчовим і виробництво жерсті для консервної промисловості на агрегаті забороняється. Олово підлягає підшихтовці свіжим оловом із додаванням суми домішок і концентрації свинцю до вимог ДСТУ 860-75 або рафінуванню.

Режим лудіння наведений у додатку А.

В олов'яній ванні під час роботи агрегату підтримується постійний рівень розплавленого олова. Для цього періодично через «приймальну кишеню» ванни задаються попередньо підігріті на борту ванни чушки олова. Підігрів олов'яної ванни і підтримання необхідних температур проводиться газовими пальниками. Для попередження окислення дзеркало олова у кишені заливається мастилом і періодично очищується від оксидів.

**6.** Остаточне формування олов'яного покриття на жерсті проводиться валками жирової машини у середовищі рапсової олії. Стрічка жерсті після жирової машини повинна мати рівномірне покриття із олова.

Призначення олії:

- Забезпечення стікання надлишків олова і рівномірного розподілу шару олова на поверхні стрічки;
  - Забезпечення рівномірного розподілу олова на поверхні верхніх валків жирової машини;
  - Зберегти від окислення шар полуди на стрічці при виході із ванни.
- Вимоги до покриття забезпечуються:
- Підтриманням якісного лудіння верхньої пари валків жирової машини протягом всієї компанії лудіння.
  - Ретельним налаштуванням і своєчасним підтисканням валків жирової машини;
  - Необхідною в'язкістю рослинної олії;
  - Своєчасною очисткою флюсу від скрафу.

Для підтримки постійної, добре облудженої поверхні валків, забезпечення глянцевого якісного покриття жерсті проводиться поливання верхньої пари валків розплавленим оловом, яке подається спеціальними насосами в жолобки. При поломці насоса полиття проводиться вручну до усунення поломки.

Регулювання маси покриття на жерсті проводиться підтисканням валків жирової машини. Для отримання рівномірної маси покриття на стрічці валки піджимають, починаючи з нижньої пари. Піджаття валків проводиться до досягнення мінімальної маси покриття, без механічного пошкодження стрічки (утворення хвиль, зламів по кромці, і порізів).

Після перевалки жирова ванна заповнюється відпрацьованою (відфільтрованою) рапсовою олією. Олія перед заливанням до агрегату підігрівається до  $100^{\circ}\text{C}$ . У першу робочу зміну після перевалки частину відпрацьованої олії зливають і додають свіжу олію до в'язкості  $5,0^{\circ}\text{E}$  при  $100^{\circ}\text{C}$ . При облудженні валків допускається в'язкість до  $8,0^{\circ}\text{E}$  при  $100^{\circ}\text{C}$ . Режим обробки у жировому середовищі наведений у додатку А.

Корекція в'язкості олії проводиться шляхом додавання свіжої олії і зливом відпрацьованої. При в'язкості нижче  $5,0^0$  Е при  $100^0$  С додавання свіжої олії не проводиться.

Рівень олії під час роботи повинен бути по шпонку малої шестерні у верхньому положенні. Температура олії у жировій надставці регулюється подачею холодної проточної води, яка пропускається через змійовик в автоматичному режимі (за допомогою електромагнітних клапанів). Для виключення заморожування олова регулюючий пристрій встановлюють на температуру олії  $235^0$  С.

Підігрів олії до технологічної температури проводиться бічним пальником жирової ванни. Категорично забороняється проводити розігрів олії шляхом «залівки» розплавленого олова у жирову ванну.

**7.** Поверхня стрічки після гарячого лудіння піддається обов'язковому очищенню для видалення олії в чистильній машині. Для очищення поверхні стрічки використовуються пшеничні висівки. Для зняття «зелені» встановлений відсік з промасленими висівками. Заміна промаслених висівок проводиться щозміни. По мірі замаслювання чистильні валки зачищаються сталевією щіткою, а також при потребі проводиться заміна забруднених клинів і роликів чистильних машин.

Приготування промаслених висівок проводиться на спеціальній установці. Промаслення висівок безпосередньо у чистильній машині категорично забороняється.

**8.** Очищена від олії біла жерсть змотується на барабани змотувачів діаметром 250 мм. Змотування жерсті марки ГЖК проводиться із одночасним підмотуванням між витками паперу, марки ГЖР – допускається без підмотки паперу.

Папір, змотаний на металеві втулки, залежно від ширини жерсті має розміри:

Ширина жерсті, мм

Ширина паперу, мм

від 120 до 137

80 - 100

більше 137 до 158	100 - 120
більше 158 до 180	120 - 160
більше 180 до 221	160 - 180
більше 221 до 300	180 - 200
більше 300 до 321	200 - 300

### 9. Сортування та перемотування жерсті.

Сортування відбувається сортувальниками цеху по маркам «ГЖК», та «ГЖР». Оцінювання якості поверхні жерсті проводиться візуальним оглядом.

Дефектні ділянки відмічаються паперовими закладками.

Зім'ята кромка підлягає вирівнюванню на агрегатах лудіння. Зшивання, зварювання ділянки браку у рулоні вирізаються безпосередньо на агрегаті.

Рулони жерсті з великою кількістю пороків, які можуть бути усунені повторним лудінням, направляються на перелудження.

Рулони деформовані від слабкого змотування, з окремими витками, що виступають та пропущеними дефектами направляються на перемотування. Перемотування відбувається на перемотувальних станках. Внутрішній діаметр  $180 \pm 10$  мм, маса рулону до 600 кг. При перемотуванні жерсть «ГЖК» прокладається між витками папером.

Рулон обертається цим же папером по колу. Рулони марки «ГЖР» не прокладаються папером, а обертаються по колу.

**10.** Заключним етапом технологічного процесу з виготовлення жерсті є пакування жерсті .

Пакування жерсті відбувається згідно вимог ТУ У 14-4-422-97.

Рулони жерсті обертаються під пергаментом, а потім мішковим папером та укладаються на дерев'яну тару-піддон.

Зверху та знизу рулону кладуть листи водонепроникного картону. Дерев'яна тара повинна відповідати вимогам ТУ. Повторне використання піддону (тара, що повернули) дозволяється тільки після усунення усіх несправностей.



З метою запобігання псування жерсті при пакуванні та при подальшому транспортуванні рулонів пакувальник не повинен допускати обривання обертового паперу, виступу кромek рулонів за стінки піддонів, цвяхів, які виступають на піддонах, слабкого утягування піддонів пакувальною стрічкою.

На кожен рулон та на зовнішній поверхні піддону кріпляться ярлики.

На один піддон дозволяється укладка не більше 3-х рулонів одного розміру жерсті, проте загальною вагою не більше 1,5 т.

### **3.2 Заходи щодо економії олова**

Відомо, що олово, і особливо харчове, є дефіцитним металом і дуже дорогим, тому завжди виникало питання економії олова, тим паче нанесеним на поверхню жерсті методом гарячого лудіння.

Товщина олов'яного шару жерсті при гарячому лудінні залежить від наступних факторів: швидкості виходу стрічки; шорсткості поверхні стрічки; шорсткості поверхні валків жирової машини; профілю (бочкоподібності) цих валків; зусилля притискання валків жирової машини; швидкості руху стрічки щодо валків; в'язкості масла; в'язкості рідкого олова.

а) Основним методом контролю товщини покриття до останнього часу є хімічний метод, пов'язаний з розчиненням олова і визначенням товщини в середньому на обидві сторони стрічки, що лудяться. Менш поширений ваговий метод, передбачений у ДСТУ 7530-55 і дозволяє судити про товщину покриття за вагою знімання олова. При хімічному методі величина покриття оловом визначається шляхом розчинення олова з подальшим титруванням. Це пояснюється тим, що покриття стрічки оловом (при гарячому методі отримання жерсті) дуже нерівномірне, але це також підтверджує і те, що хімічний метод може бути з достатньою точністю замінений ізотопним методом, що не дає значних відхилень.[10]

При умовному випуску на рік 5500 т білої жерсті можливо отримати за рахунок зменшення витрат олова понад 25 000 тис. Застосування приладів з

радіоактивними ізотопами для контролю товщини покриттів при оперативному налагодженні агрегатів дозволяє знизити товщину покриттів оловом на 12,5 – 14 %.

На заводі «Запоріжсталь» фактичну товщину покриттів оловом на агрегатах гарячого лудіння можна було зменшити на 3,0%, або на 0,48 кг на 1 т випуску. Економічна ефективність за рахунок зменшення товщини покриттів з допомогою контролю при налаштуванні колосальна. Враховуючи, що з року в рік зростає випуск білої жерсті, посилюються допуск на виготовлену жерсть і зростає потреба в такому дефіцитному матеріалі, як олово - впровадження приладів з використанням радіоактивних ізотопів слід вважати не тільки доцільним, але і обов'язковим.

**б)** Застосування зменшеного діаметру роликів жирової машини для більш меншого та якіснішого покриття жерсті оловом, а також використання роликів з шліфованою поверхнею для ефективнішого віджимання олова з поверхні лудженої жерсті.

Для жирових машин використовують валки із сталі У12А, діаметр валків жирової машини: початковий – 110 мм, мінімальний – 104 мм. Один валок кожної пари виготовляється циліндричним, інший випуклим, для кращого віджимання олова. Випуклість валка верхньої пари 0,03 - 0,08 мм; випуклість валка верхньої пари 0,04 - 0,06 мм. Різниця діаметрів валків однієї жирової машини не повинна перевищувати 1 мм. Точність профілювання повинна бути  $\pm 0,01$ мм.

Діаметр середніх роликів (не привідних): початковий – 50 мм, мінімальний – 43 мм. Середні ролики циліндричні, допустима різниця у діаметрах однієї пари не повинна перевищувати 0,25 мм.

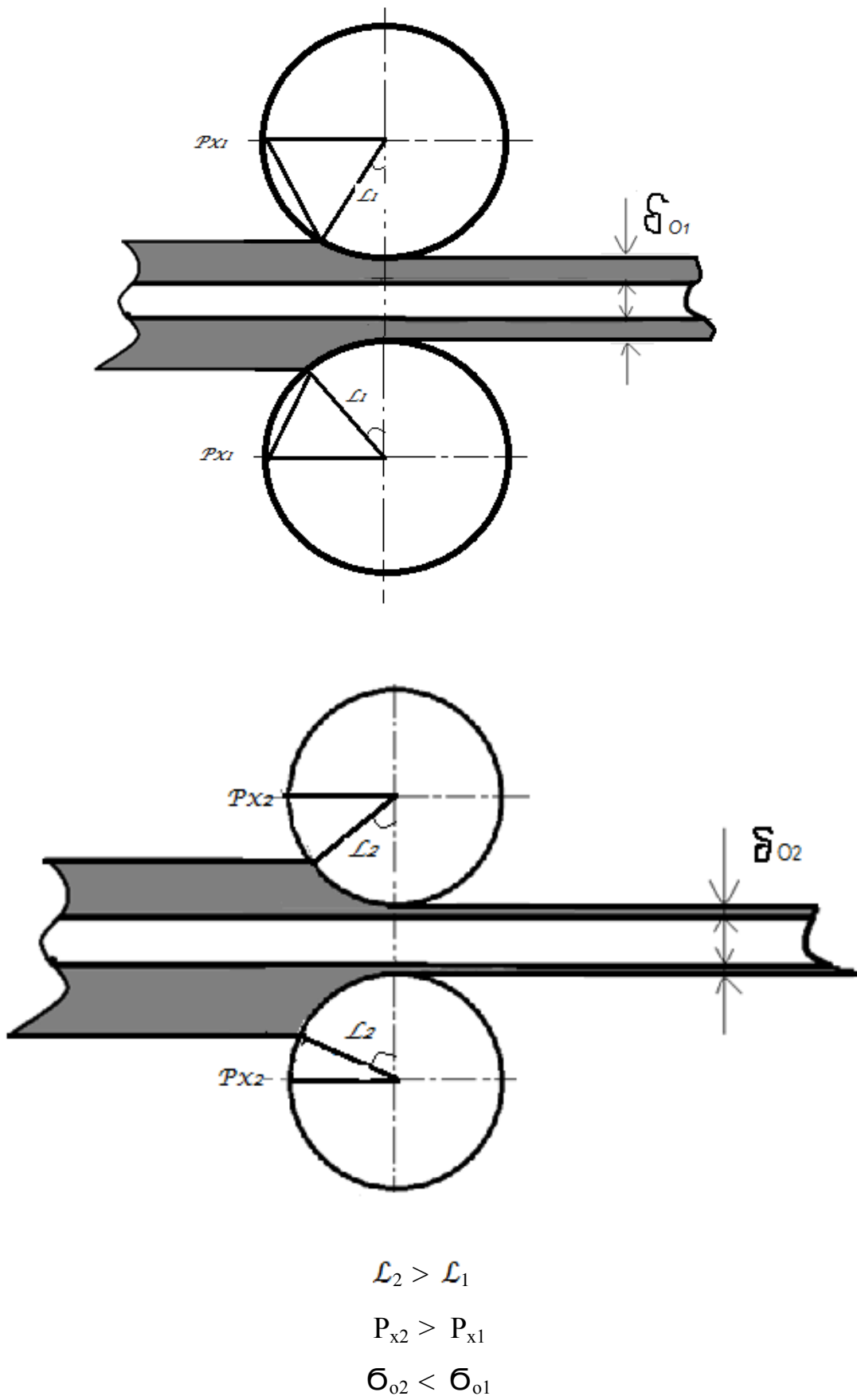


Рисунок 3.1 – Вплив діаметру роликів на шар полуди.

Середні ролики жирової машини повинні бути розташовані паралельно осі валків. Зазор між роликами і валками не повинен бути перевірка виконується щупом 0,05 мм.

Пропоную зменшити діаметр роликів на 25% від існуючого діаметру. При застосуванні зменшеного діаметру роликів віджимання олова з поверхні лудженої жерсті дозволить зменшити витрати олова на 5,4% або 0,87 кг на 1 тону випуску білої жерсті.

**в)** Використання валків з полірованою поверхнею бочки. Стрічки які за завданням ПДБ назначені на лудіння катати потрібно на попередньо завалених нових шліфованих валках 4-ї кліті для отримання жерсті з найменшою шорсткістю а саме 0,12 - 0,25 мкм. [11]

Шліфування валків до 7 - 9 класу чистоти поверхні виконується на спеціальних вальцешліфувальних верстатах. Інструментом для обробки служать шліфувальні круги з карбіду кремнію, карбіду бору, електрокорунду, синтетичних алмазів та інших матеріалів. При шліфуванні спочатку проводиться обдирання з метою видалення накопичених поверхневих дефектів, а потім - чистова обробка з профілюванням бочки валка і доведенням поверхні до заданого класу чистоти. Зняття поверхневого шару за одну планову перешліфовку (при відсутності глибоких пошкоджень) для робочих валків становить приблизно 0,05 - 0,1 мм на діаметр.

Застосування полірованих валків призведе до зниження витрат олова на заповнення мікрорельєфу (мікропиків та мікровипуклостей), які б були при прокатуванні на валках з неполірованою поверхнею, та дозволить зекономити 1,5% або 0,24кг на 1 т.

**г)** Мотивування обслуговуючого персоналу на витрати олова при гарячому лудінні – лудильнику слід слідкувати за утворенням облою, який в свою чергу підвищує витрати олова на поверхні лудженої жерсті; при наявності на поверхні стрічки облою потрібно власноруч виконувати поливку валків малими порціями розплаву олова, рівномірно по усій поверхні бочки валка.

Застосування запропонованих заходів щодо економії дозволить заощадити до 9,9 % олова на кожну виготовленну тонну лудженої жерсті, а це близько 8,7 тонн чистого олова на рік.

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

### 4.1 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища

На ділянці стана 650 присутні кілька шкідливих факторів, що несприятливо впливають на організм людини: шкідливі хімічні речовини; пил, переважно фіброгенної дії; шум; мікроклімат у приміщенні [26].

Зі шкідливих хімічних речовин в атмосфері робочої площі стана присутні: пари сірчаної кислоти в кількості  $0,63 \text{ мг/м}^3$ ; сірчаний ангідрид у кількості  $5,81 \text{ мг/м}^3$ ; діоксид азоту  $0,7 \text{ мг/м}^3$ ; мінеральні нафтові олії  $5,52 \text{ мг/м}^3$ ; оксид вуглецю  $5,6 \text{ мг/м}^3$ .

Виробнича діяльність цеху спрямована на обробку металу. Процес обробки викликає виділення великої кількості пилу. На ділянці безперервного стана 650, в основному, є присутнім пил фіброгенної дії в кількості  $13,54 \text{ мг/м}^3$ . До складу цього пилу, в основному, входить кристалічний діоксид кремнію, горючі сланці, мідносульфідні руди та ін.

Ще одним фактором, що впливає на продуктивність праці на ділянці, є шум. На ділянці стана 650 в основному переважає механічний шум. По тимчасовим характеристиках шум стабільний, що протікає в плині зміни з однією тональністю середньої частоти, величина шуму досягає 98 дБА.

Стосовно мікроклімату - в приміщенні спостерігається невелике відхилення від нормативу по температурі повітря в цеху, а також по відносній вологості повітря, швидкість руху повітря в межах норми (таблиця 4.1).

Важкість праці вальцювальника 6 розряду складається з: вимушеної робочої пози, робить нахили корпусом більше  $30^\circ$  у зміну 180 разів; тривале зосередження уваги 74 % до тривалості зміни; емоційна й інтелектуальна напруга в середньому 4 рази на годину.

Таблиця 4.1 – Оцінка факторів виробничого і трудового процесу ділянки стану холодної прокатки 650 вальцювальника 6 розряду

№ п /	Чинники виробничого середовища й трудового процесу	Нормативне	Фактично значення	III клас: шкідливі й небезпечні умови,			Тривалість дії чинни
				I ступінь	II ступінь	III ступінь	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м <sup>3</sup>						
	2 клас безпеки:						
	- кислота сірчана	1	0,63	1,8			95,8
	3-4 клас безпеки:						
	-ангідрид сірчаний (SO <sub>2</sub> )	10	5,81				95,8
	-азоту діоксид	2	0,7				95,8
	-масло мінеральне.,	5	5,52	1,1			95,8
	нафтове	20	5,6		3,4		95,8
2		4	13,54				95,8
3	- оксид вуглецю						
	Пил, переважно	-	-				-
4	фіброгенної дії, мг/м <sup>3</sup>						
5	Вібрація (загальна й	80	98			18	100
6	локальна)						
7	Шум, дБА			1,2			
	Інфразвук, дБА						
8	Ультразвук, дБА	16 -	28,2	22			95,8
	Неіонізуючі	27	0,27				95,8
	випромінювання, Вт/м <sup>2</sup>	0,2 -	77				95,8
	Мікроклімат в	0,5					
9	приміщенні:	40-					
	- температура повітря	60	148	148			
	°С		74				
	- швидкість руху		4				
	повітря м/с						
	- відносна вологість						
	повітря, %						
	Категорія важкості і						
	напруженість праці						
	- нахили корпусу в						
	зміну						
	- увага, % до τ зміни						
	- емоційна напруга за						
	годину						

Згідно карти умов праці, вальцювальника 7 розряду, гігієнічна оцінка умов праці: ставиться до III класу 3 групи; технічні й організаційні умови:

відповідає технологічному регламенту й проекту організації праці на робочому місці. Робоче місце має в наявності 5 факторів 1 ступеня, 1 фактор 2 ступеня, 1 фактор 3 ступеня. За показниками робоче місце варто вважати зі шкідливими й важкими умовами праці, що відповідає показникам списку №2.

#### **4.2 Заходи з поліпшення умов праці**

Вентиляція є ефективним засобом забезпечення потрібних гігієнічних якостей повітря. У цеху холодної прокатки застосовується загальна природна вентиляція, що здійснюється завдяки різниці температур у цеху й поза ним (тепловий напір).

Освітлення в приміщенні комбіноване. У цеху природне світло попадає через ліхтар, розташований на даху, крім цього є штучне, кожного прольоту цеху й місцеве на кожному агрегаті. Загальне виробляється лампами ДРЛ 250, підвішеними на кроквяних фермах прольоту в спеціальних світильниках, типу 33. На кожній фермі розташовується по 5 світильників у ряд. Відстань між рядами дорівнює відстані між колонами й становить 6 м. Для місцевого застосовуються лампи накаливання потужності в 100 Вт.

Як засоби індивідуального захисту обслуговуючому персоналу видається на людину: костюм х/б, строком носки 1 рік; черевики, строк носки 1 рік; рукавиці брезентові, строк носки 1 місяць; беруши одноразові; каска, строк придатності 3 роки.

Згідно ЗНП 11-92-76, за санітарно-гігієнічною характеристикою, виробничий процес належить до групи 2Б. Для даної групи побутові приміщення мають містити, і містять, гардеробні шафи для збереження одягу з урахуванням резерву 5 %. Є душові приміщення, кожна душова сітка розрахована на 3 чоловік.

Роздача очищеної (за допомогою фільтрів) питної води здійснюється за допомогою фонтанчиків і сатураторів, для одержання питної підсоленої



газованої води. Нагляд за якістю води здійснюється регулярно органами Міністерства охорони здоров'я.

Харчування робітників здійснюється у виробничих їдальнях або буфетах.

У виробничому процесі на ділянці безперервний стан 650 для безпеки обслуговуючого персоналу необхідні наступні заходи:

- виключити можливість попадання людини в небезпечну зону за рахунок установки огорожень, кожухів, захисних бронювань окремих вузлів устаткування;

- проводити серед працівників регулярні заняття по техніці безпеки й вимагати знання інструкцій ПТБ;

- знизити небезпеку поразки електрострумом за допомогою ізоляції струмопровідних частин розташованих у робочій зоні, для місцевого застосування напруга не повинна перевищувати 36V, робити контроль ізоляції не рідше 2 разів у рік;

- знизити небезпеку при роботах із транспортним, підйомно-транспортним устаткуванням, за рахунок суворого виконання вимог інструкцій із проведення робіт з підйомно - транспортним устаткуванням;

- оснащення транспортних підйомно-транспортних механізмів приладами безпеки; проведення регулярних перевірок устаткування;

- люди, що працюють із транспортним, підйомно-транспортним устаткуванням повинні проходити навчання цієї спеціальності, крім того, необхідно регулярно перевіряти й при необхідності оновлювати отримані знання;

- проводити регулярний контроль стану запиленості повітря на ділянці й при необхідності встановити спеціальні інженерні спорудження для вловлювання пилу;

- для зниження рівня шуму на ділянці безперервного стану 650 необхідно захистити джерела шуму (кожуха редукторів, двигунів і т.ін.) противошумними кожухами; видавати робітникам засоби індивідуального захисту (біруши, навушники й т. ін.).

### 4.3 Заходи з електробезпеки

При ушкодженні ізоляції електроустаткування напруга може випадково підвищитися на металевих частинах (на корпусі; кожусі, станині й т. п.), які в нормальному положенні не перебувають під напругою, виникає небезпека поразки електричним струмом.[27]

Найпоширенішим, конструктивно простим і дуже ефективним заходом захисту є захисне заземлення (рис. 4.1). Захисні функції заземлюючого пристрою складаються в зниженні до безпечної величини напруги щодо землі на металевих частинах, що опинилися випадково під напругою, що дозволяє усунути небезпеку поразки доторкнувшоїся до них людини.

Захисне заземлення застосовується в електроустановках до 1000 В, що живляться від мереж з ізолюваною нейтраллю, його застосовують як при ізолюванні, так і при заземленій нейтралі. При цьому необхідне контурне розміщення заземлювачів для вирівнювання потенціалу на поверхні землі.

Приєднання корпусів і інших конструктивних металевих частин електроустаткування до неодноразово заземленого нульового проведення називається захисним зануленням (рис. 4.1, б).

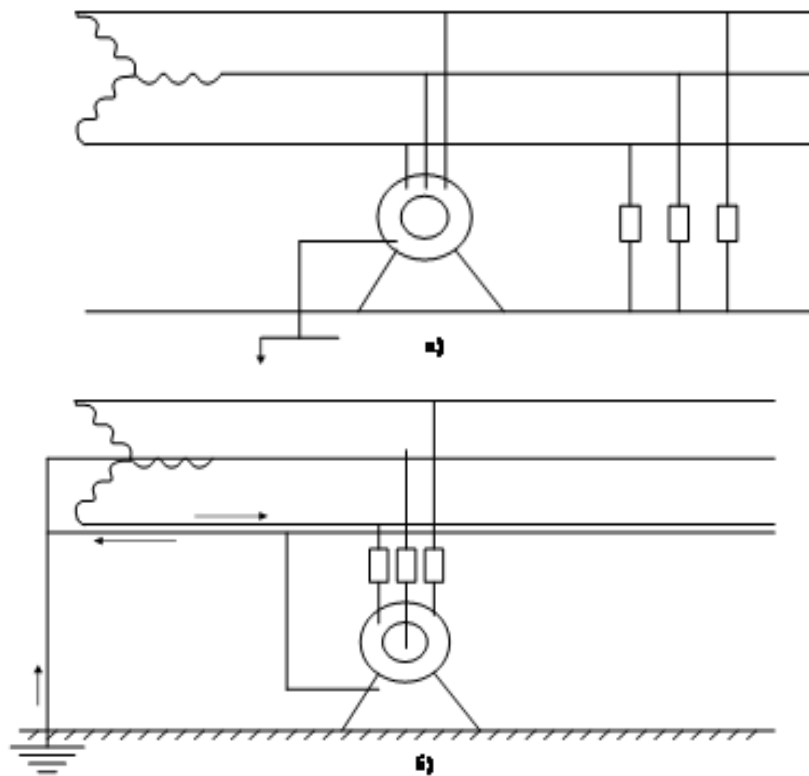


Рисунок 4.1 – Схема заземлення (а), схема занулення (б).

Ціль захисного занулення - перетворити пробій на корпусі в коротке замикання між фазним і нульовим проводами, викликати тим самим протікання великого струму через захист і швидко відключити ушкоджене устаткування від мережі.

При замиканні на корпус фаза виявиться з'єднаною накоротко з нульовим проводом, завдяки чому через захист потече струм короткого замикання, що викличе відключення устаткування.

Однак, з моменту замикання фази на занулений корпус і до моменту спрацьовування захисту на нульовому проводі, а, отже, на всіх приєднаних до нього корпусах виникає небезпечна напруга. Крім цього при випадковому обриві нульового провода й прободі фази на корпус, приєднаний до обладнаної ділянки провода, всі корпуси, що перебувають за місцем обриву, виявляться під фазною напругою. Щоб зменшити ці напруги нульовий провід з'єднують із землею в декількох місцях.

Відповідно до цього захисне занулення застосовується в електричних мережах напругою до 1000 В з глухо заземленою нейтраллю й нульовим проводом. Опір заземлення нейтралі повинен бути не більше 4 Ом, а повторне заземлення нульового проводу не більше - 10 Ом.

#### **4.4 Заходи з пожежної та техногенної безпеки**

До числа заходів для попередження пожеж і обмеженню поширення вогню відносять:

1. Правильний вибір ступеня вогнестійкості будівель і межі вогнестійкості, окремих його елементів;
2. Прийняття відповідно до норм величин площі між протипожежними перешкодами;
3. Дотримання протипожежних розривів між будинками.

Для успішної евакуації людей і цінностей передбачені шляхи евакуації й евакуаційні виходи припустимої довжини і ширини, розміри дверних прорізів, що забезпечують достатню пропускну здатність, необхідне число сходових кліток і зовнішніх пожежних сход.

Швидка локалізація і гасіння пожеж досягається пристроєм відповідних засобів зв'язку з пожежною сигналізацією, наявністю надійних джерел протипожежного впливу, під'їздів і доріг до будинків.

Прокатний цех відноситься до категорій В и Г, пожежонебезпеки (ДСТ 12.1004-81), тому що в ньому обробляють неспалені речовини (метал), але є пальні масла. По вогнестійкості прокатний цех відносять до I та II ступенів. Необхідний ступінь вогнестійкості виробничих будинків промислових підприємств визначається СНіП 2.09.02-85 у залежності від категорії вибухонебезпечності виробництва, площі і висоти будинку. Необхідний ступінь вогнестійкості суспільних будинків визначається СНіП 2.08.01-85 у залежності від площі і числа поверхів будинку.

Будівельні матеріали і конструкції по займистості поділяють на три групи: неспалені, трудносгораемые і спаленні. Протипожежні стіни в цеху є неспаленими.

Для забезпечення безпечної евакуації в будинку цеху розташовані евакуаційні виходи, що ведуть з першого поверху назовні, у коридор, вестибюль. Їхнє число повинне бути не менш двох і розташовані в протилежних місцях будинку.

Найбільша відстань, що допускається, від найбільш вилюченого робочого місця до евакуаційного виходу для виробництва з категорією пожежонебезпеки Г і І та ІІ ступенем вогнестійкості не нормується. Ширина шляхів евакуації визначається з розрахунку 0,6м на 100 чоловік. Ширина проходів дорівнює 1м, ширина коридорів не менш 1,4м. Ширина дверей складає від 0,8 до 2,4м. Марші і площадки сход відповідно рівні 1,75 і 2,4м.

Для гасіння пожеж у прокатному цеху застосовують тверді, рідкі і газоподібні речовини: воду, інертні гази, хімічну, повітряно-механічну піни, тверду вуглекислоту, пісок, (вогнегасники типу ВХП-10, ВВ-5 та 10).

Протипожежне водопостачання включає комплекс пристроїв, призначених для одержання, збереження і подачі води для гасіння пожеж (водопровід, природні і штучні водойми). Витрата води на зовнішнє пожежегасіння через гідрант для прокатного цеху категорії Г при обсязі будинку 2000- 4000м<sup>3</sup> складає 10 л/с. У виробничих будинках І та ІІ ступенів вогнестійкості категорії Г внутрішнє протипожежне водопостачання не передбачають. Для гасіння пожеж застосовують ефективні повітрянно – пінні установки УВП - 400, які представляють собою два баки об'ємом 1,5 м<sup>3</sup> кожен та обладнані насосом з пропускною здатністю до 30 л/с.

#### 4.5 Розрахунок природного освітлення

Природне освітлення в приміщеннях ЦХП-1 створюється сонячним світлом через світлові прорізи в стінах цеху. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природного освітлення КПО.

Нормовані значення КПО для будівель, розташованих в IV поясі світлового клімату визначається по формулі:

$$e_n^{IV} = e_n^3 \cdot m \cdot c, \quad (4.1)$$

де  $e_n^{IV}$  - значення КПО для будинків, розташованих в IV поясі світлового клімату;  $e_n^3 = 4\%$  значення КПО для будинків, розташованих в III поясі;  $m = 0,9$  - коефіцієнт світлового клімату;  $c = 0,75$  - коефіцієнт сонячного клімату, що враховує здатності світлового клімату, при світлових прорізах у зовнішніх стінах будівлі.

Підставляємо числові значення у формулу (4.1), одержимо:

$$e_n^{IV} = 4 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 2,7 \%$$

Попередній розрахунок площі світлових прорізів при бічному освітленні приміщень.

$$100 \cdot (S_o \setminus S_n) = (e_n \cdot k_3 \cdot n_o) \setminus (t_o \cdot r_1) \cdot k_{зд}, \quad (4.2)$$

де  $S_o$  - площа світлових прорізів при бічному освітленні;  $S_n = 1520 \text{ м}^2$  - площа підлоги приміщення;  $e_n = 2,7\%$  - нормоване значення КПО;  $k_3 = 1,3$  - коефіцієнт запасу;  $n_o = 6$  - світлова характеристика вікон;  $K_{зд} = 1,2$  - коефіцієнт, що враховує затінення вікон конфронтуючими спорудами;  $T_o$  - загальний коефіцієнт світлопропускання, обумовлений по формулі:

$$t_0 = t_1 \cdot t_2 \cdot t_3 \cdot t_4 \cdot t_5, \quad (4.3)$$

де  $t_1 = 0,9$  – коефіцієнт світлопропускання матеріалу;  $t_2 = 0,8$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла в плетіннях світлопроєму;  $t_3 = 1$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла в несучих конструкціях;  $t_4 = 0,65$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла в сонцезахисних пристроях;  $t_5 = 0,9$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла в захисній сітці.

Одержимо:

$$t_0 = 0,9 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,65 \cdot 0,9 = 0,42.$$

Площа світлових прорізів:

$$S_0 = 2,7 \cdot 1,3 \cdot 6 \cdot 1,2 \cdot 150 \setminus 100 \cdot 0,42 \cdot 1,4 = 654 \text{ м}^2.$$

Приймаємо площу стандартного прорізу:

$$H = 5 \text{ м}, L = 20 \text{ м}, S = 100 \text{ м}^2$$

Кількість світлових прорізів:

$$n = 654 \setminus 100 = 6,54$$

Приймаємо:  $n=7$ .

## ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано технологічний процес виготовлення лудженої жерсті в умовах виробництва ВАТ «Запоріжсталь».

Встановлено, що дільниця жерсті має ряд недоліків, пов'язаних з низькою продуктивністю основних агрегатів та випуском неконкурентоспроможної продукції неналежної якості:

- застаріла методика усунення різнотовщинності штаби за допомогою теплового розширення бочки робочого валку;
- занадто мала продуктивність станів та агрегатів через невелику пропускну спроможність;
- великий розхід олова на покриття, через ряд недоліків агрегату гарячого лудження.

2. У якості технічного рішення пропонується встановлення САРПФ, заміна електродвигунів на більш обертові, зменшення діаметру віджимних роликів, встановлення ізотопного приладу контролю товщини олов'яного покриття та застосування полірованих валків, що у свою чергу дозволить:

- зменшити різнотовщинність штаби та розширення сортаменту продукції;
- збільшити пропускну спроможність та вивід комбінату на конкурентоспроможній рівень;
- зменшити собівартість продукції за рахунок економії олова та збільшення обсягу продукції, що виготовляється.



### Список використаної літератури:

1. Виткин А.И., Галкин Д.П., Берлин Б.И. Основы теории и технология производства белой жести. М.: Металлургия 1978. 391с.
2. Центральный НИИ черной металлургии им. И.П. Бардина . Институт новой металлургической технологии. Новые процессы производства жести. Собрание трудов ЦНИИЧМ. М.: Металлургиздат, 1962.239 с.
3. Смирнов В.С. Теория прокатки. М.: Металлургия, 1967.400с
4. Третьяков А. В., Локшин Б. Е., Беняковский М.А. Удельный расход энергии при холодной прокатке. Свердловск: Металлургиздат, 1964.84 с.
5. Николаев В.А. Холодная прокатка полос. Учеб. пособие в 2-х частях.Часть2. Запорожье: ЗГИА.2004 – 134с.
6. Николаев В.А. Теория прокатки.- Запорожье ЗГИА, 2007,—228с
7. Производство жести и ленты. Технологическая инструкция ТИ 226-ЗП-01-2013. ОАО Запорожсталь. Запорожье, 2013-60 с.
8. Сероватин А.И. Расчёт производительности оборудования прокатных цехов.- М.: Металлургия ,1970- 95с
9. Производство жести горячего лужения. Технологическая инструкция ТИ 226-ЗП-02-2007. . ОАО Запорожсталь. Запорожье, 2007-75 с
10. Виткин А.И. Белая жечь. Процессы лужения. М.: Металургия 1951, - 296 с.
11. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. / Под ред. И. Н. Жестковой. - 8-е изд., перераб. и доп..-М.: Машиностроение, 2001 - с.17
12. Бахтинов В.Б. Технология прокатного производства. М.:Металлургия, 1987-487 с.
13. Целиков А.И. Теория расчета усилий в прокатных станах. - М.: Металлургиздат, 1962. 494 с.
14. Безнос М.П. Валки прокатных станов. – М: Металлургия, 1966.98с.

15. Целиков А.И., Томленов А.Д., Зюзин В.И. и др. Теория прокатки: Справочник. М.: Metallurgy, 1982. 335с.
16. Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов. М.: Metallurgy, 1969. 462 с.
17. Валетов В.В. Нормирование расхода материалов в машинностроительстве. Справочник. Том1, 1961. 584 с.
18. Гарбер Э.А., Никитин Д.И., Шадрюнова И.А., Трайно А.И. Расчет мощности процесса холодной прокатки с учетом работы переменных сил трения по длине очага деформации // Металлы. 2003 В 4. С. 60—67.
19. Термическая обработка металла в цехе холодной прокатки № 1. Технологическая инструкция ТИ 226- П.ХЛ1-04-2001. ОАО Запорожсталь. Запорожье, 2001- 65с.
20. Приходько В. Ю. Тимошенко В. І., Чернов П. П та ін. Про механізм впливу шорсткої поверхні холоднокатаних смуг на умови злипання витків рулонів при відпалі і утворення дефектів поверхні // Металургійна і горнорудова промисловість. 2002. № 8/9. 102 – 108
21. Сорокин В.Г. Марочник сталей и сплавов.- М.: Metallurgy, 1989 - 487 с.
22. Ксензук Ф.О., Трошенков М.О. Вальцовщик станов холодной прокатки. М.: Metallurgy., 1969 - 256 с.
23. Метс О.Ф. Організація, планування та управління виробництвом на підприємствах чорної металургії.- М.: Metallurgy , 1986-560 с.
24. Економіка підприємства. Учеб.посібник в 2-х томах. За ред. С.Ф.Покропивног.- К.: Хвиля – пресс – 2000- 560с.
25. Бойчик І.М. Економіка підприємства. Навчальний посібник.- К.: Атіка, 2002 - 480 с.
26. Жидецкий В.Ц. Основы охорони праці.- Львів.: Афіша, 2000 - 350 с.
27. Гандзюк М.П. Желібо Е.П. Основы охорони праці. - К. Каравелла, 2004- 408 с.

27. Жук А.Я., Желябин Н.К. Единые правила выполнения конструкторской документации в вузе. Запорожье: ЗГИА,1999.- 123с.