МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ
Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

Кваліфікаційна робота / проєкт
_____Перший (бакалаврський)_____
(рівень вищої освіти)

на тему **Розробка режиму деформації штаби 0,8х1150 мм зі сталі 10Г2 на реверсивному стані 1680**

Виконав: студент __IV_ курсу, групи 6.1362-омт-с
спеціальності _____136 Металургія_____
(код і назва спеціальності)

освітньої програми ___Обробка металів тиском__
(код і назва освітньої програми)

_____М. А. Доля _____
(ініціали та прізвище)

Керівник
доц. каф. МТЕТБ, с.н.с., к.т.н. В. М. Проценко

Рецензент
доц. каф. МТЕТБ, доц., к.т.н. Т.М.Нестеренко

Запоріжжя – 2025 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально – науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

Кафедра ____металургійних технологій, екології та техногенної безпеки___
Рівень вищої освіти__перший (бакалаврський) рівень_____
Спеціальність _____136«Металургія»_____
(код та назва)
Освітньо-професійна програма _____Обробка металів тиском_____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри МТЕТБ
_____Ю.О. Бєлоконь
"_20_" ___01_____2025 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ / ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

_____Долі Максиму антоновічу_____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) **Розробка режиму деформації штаби 0,8х1150 мм зі сталі 10Г2 на реверсивному стані 1680**

керівник роботи (проекту) Віктор Максим Проценко, к.т.н., с.н.с.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковій стуань, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від "27" 12 24р. № 2031-с
2. Строк подання студентом роботи _____23 Травня 2025 року_____

3. Вихідні дані до роботи: Матеріали переддипломної практики, курсові проекти, технічна документація ЦХП-1 ПАТ «Запоріжсталь», літературні джерела, інтернет-ресурси

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Реферат. Вступ. Загальна частина. Технологічна частина. Механічна частина. Охорона праці. Висновки.

Мета кваліфікаційної роботи – **Розробка режиму деформації штаби 0,8х1150 мм зі сталі 10Г2 на реверсивному стані 1680**

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

Схема розташування основного обладнання прокатного стану, графіки залежностей, режими обтискання штаб, епюра до розрахунків валків на міцність.

6.Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
Вступ, реферат, 1–4, висновки, перелік літератури	ПроценкоВ.М., доц. каф. МТЕТБ	

7.Дата видачі завдання __20.01.2025 року.__

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Реферат, вступ, розділ 1.	21.01.25 – 14.03.25	
2.	Розділи 2 - 3	17.03.25 – 18.04.25	
3.	Охорона праці (розділ 4), висновки, оформлення ПЗ і креслень, підготовка доповіді і презентації.	21.04.25 – 23.05.25	

Студент _____ **Доля М.А.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ **Проценко В.М.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено
Нормоконтролер _____ **Карпенко Г.В.**
(підпис) (прізвище та ініціал)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 67 с., 4 розд., 23 табл., 14 рис., 14 джерел.

ПРОКАТКА, РЕВЕРСИВНИЙ СТАН, ДЕФОРМАЦІЯ, ШТАБА, РЕЖИМ ОБТИСКУ, СТАЛЬ 08ПС, ЯКІСТЬ ПРОКАТУ.

Об’єкт дослідження - Розробка режиму деформації штаби 0,8х1150 мм зі сталі 10Г2 на реверсивному стані 1680.

Метою роботи є розробка режимів деформації, що забезпечують високу якість прокату, мінімальні залишкові напруження та відсутність дефектів форми штаби.

Методи розрахунків – стандартні методики розрахунків у програмних комплексах Excel. Розрахунки, а також аналіз роботи стану на основі реальних виробничих даних .У роботі запропоновано вдосконалені режими прокатки, розроблено рекомендації щодо зменшення ймовірності появи дефектів при прокатці на реверсивному стані, та обґрунтовано вибір параметрів обтисків і швидкостей.

Результати досліджень можуть бути використані у листопрокатних цехах металургійних підприємств для підвищення ефективності виробництва.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ 6
ВСТУП 8

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА
1.1 Характеристика цеху 9
1.2 Технічна характеристика обладнання стана 15
1.3 Сортамент стана та марки сталі 21
1.4 Перспективи розвитку виробництва та пропозиції щодо його вдосконалення 26

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА
2.1 Розрахунок режиму деформації 34
2.2 Розрахунок енергосилових параметрів прокатки 38
2.3 Розрахунок техніко-економічних показників виробництва 46
2.4 Висновки до розділу 49

3 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА
3.1 Розрахунок технологічного інструменту та вузлів прокатного обладнання на міцність 50
3.2 Висновки до розділу 53

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА
4.1Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища 54
4.2 Заходи з поліпшення умов праці, пожежної та техногенної безпеки 56
4.3 Висновки до розділу 64
ВИСНОВКИ 65
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ 66

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧКИ

h_n - кінцева товщина штаби, мм;

h_0 - початкова товщина штаби, мм

b - ширина штаби, мм;

$p_{ср.}$ - контактний тиск;

F - площа контактной поверхні

k - опір деформації в умовах лінійного стиснення з урахуванням ступеню наклепу;

n_b - коефіцієнт, який враховує вплив ширини штаби;

$n_{\sigma'}$ - коефіцієнт, який враховує вплив зовнішнього тертя;

$n_{\sigma''}$ - коефіцієнт, який враховує вплив зовнішніх зон;

$n_{\sigma'''}$ - коефіцієнт, який враховує вплив натягу;

R - радіус робочих валків, мм;

Δh - абсолютний обтиск, мм;

σ - натяг, МН/м^2;

k - опір деформації в умовах лінійного стиснення з урахуванням ступеню наклепу, МН/м^2;

n_b - коефіцієнт, який враховує вплив ширини штаби;

k_f - коефіцієнт, який враховє вплив мастила ;

V - швидкість валків, м/с;

f_y - коефіцієнт контактного тертя;

l - довжина осередку деформації, мм;

ПП - поточні простої;

ФЧ -фактичний час роботи стану;

$К_р$ - коефіцієнт зросту обсягу виробництва;

ΔV -приріст обсягу виробництва;

$З_ф$ - витрати по кожній статті за проектом і за фактичними даними, грн;

$К_р$ - коефіцієнт зростання обсягу виробництва по марці сталі;

$Св_{пов}$ - повну собівартість;

Р - рентабельність;

$П_1$ - прибуток до впровадження технології;

$П_2$ - прибуток після впровадження технології;

ΔП - додатковий прибуток;

ΔК- додаткові капіталовкладення;

Т - термін капіталовкладень;

$Ш_{зм}$ - штат змінний;

$Ш_{доб}$ - штат добовий;

$Ш_{підм}$ - Штат підмінний необхідний для надання всій бригаді єдиного вихідного дня;

$Ш_{рез}$ - Штат резервний необхідний для заміни робітників у випадку хвороби, відпустки, виконання державних і суспільних обов'язків;

$Ш_{спис}$ - штат списковий;

$Т_{ср}$ – середньозважена годинна тарифна ставка, грн ;

Омсі - оклад місячних за грейдом;

Вміс - середньостатистичний плановий місячний фонд робочого часу, 176 год;

$\%_{прем}$ - розмір премії при виконанні умов преміювання;

К - коефіцієнт доплати за кожний бал шкідливості на робочому місці за одну годину відпрацьовану у шкідливих умовах праці;

Б – бал шкідливості;

Е - кількість святкових днів у році, Е = 11 днів;

3/4 - означає, що кожний робітник може відробити 3/4 від загальної кількості святкових днів;

$Д_{бр}$ – доплата за керівництво бригадою;

ВСТУП

Найважливішою галуззю України є чорна металургія. Вона охоплює низку виробництв, найважливішими серед яких є видобуток (підземний и закритий) і збагачення залізних та марганцевих руд, нерудної сировини, виплавляння чавуну, сталі, виробництво прокату, електросплавів, коксу, вторинна обробка металів.

Підприємства чорної металургії зосереджуються у місцях залягання залізних руд, коксівного вугілля. Під час будівництва металургійного заводу враховують наявність родовищ сировини для виробництва вогнетривкої цегли, а також так званих флюсів (вопняків, доломітів), за допомогою яких очищають гарячий розплавлений метал.

Галузь є водомісткою і тому орієнтується також на водні ресурси. В Україні дуже вдало територіально розміщені всі основні ресурси, що використовуються у чорній металургії. Країна має у цьому відношенні чи не найкраще становище в світи, причому запаси всіх потрібних для металургії сировинних ресурсів у Донбасі та Придніпров'ї дуже великі, що і створює сприятливі можливості для розширення металургійного виробництва.

Найбільшими центрами чорної металургії в Україні є Маріуполь, Дніпродзержинськ, Дніпропетровськ, Кривий Ріг, Донецьк, Макіївка, Запоріжжя. Найбільше металу в Україні випускають у Дніпропетровській та Донецькій областях.

Прокатне виробництво є складовою завершальною ланкою металургійного циклу. Воно випускає сталеві труби різного діаметра, сортовий і листовий прокат, рейки тощо. Ці вироби широко використовують в усіх галузях господарства. Виробництво прокату чорних металів в Україні досить значне, хоч за останні роки скоротилося.

1.ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика цеху або дільниці

Цех холодної прокатки один з основних цехів комбінату ПАТ «Запоріжсталь». Він призначений для виготовлення холоднокатаної продукції у вигляді листів та рулонів із вуглецевих та легованих марок сталі, жерсті, а також травленої гарячекатаної продукції у вигляді рулонів і листів.

Цех складається з наступних відділень:

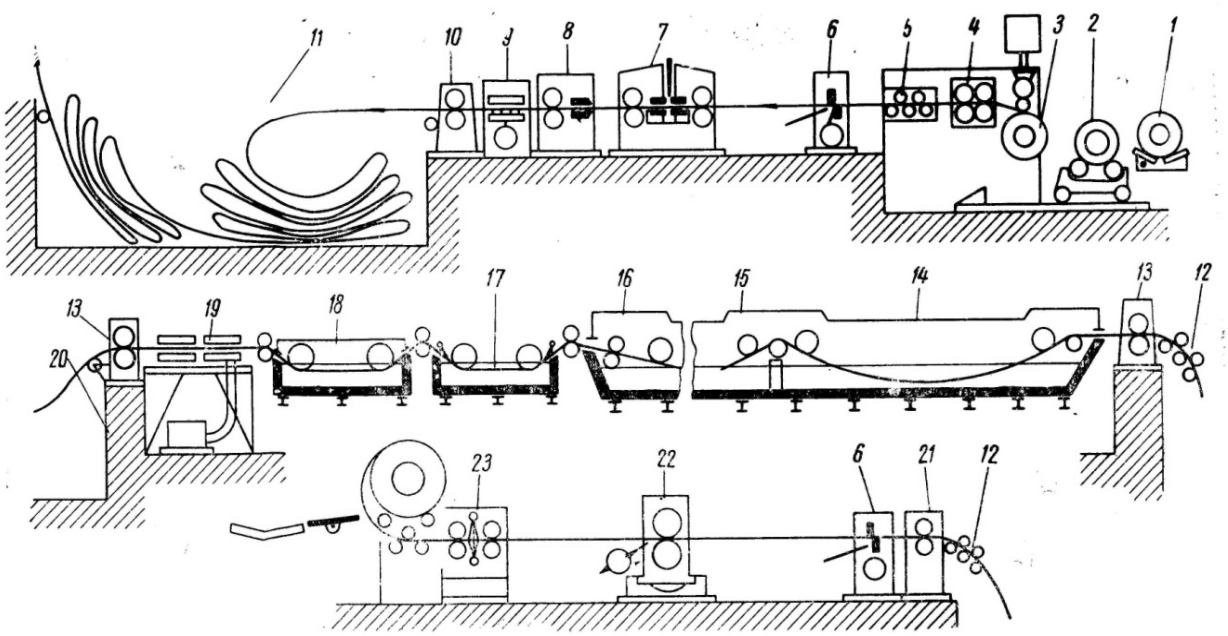
- травильного;
- прокатного;
- термічного;
- дресирувального;
- відділення жерсті;

Травильне відділення складається з травильної лінії №4, у якій відбувається процес видалення окалини з поверхні штаби. Травильний агрегат здійснює травлення металу з вуглецевих і легованих марок сталі в розчині сірчаної кислоти.

Після гарячої прокатки метал охолоджується 2-3 доби. Температура рулонів перед травленням 150°С. Травильна лінія №4 складається з 4-х травильних ван й допоміжного обладнання: розмотувача, окалиноломача, змотувача, зварювальна машина, ножиць для обрізки кінців штаби тошо.

У 2014 році був введений в стрій безперервний травильний агрегат №4, у якому використовується хлористо-кислотне травлення, що сприяло зменшенню викидів пару сірчастої кислоти та дозволило знизити скидання на 1.5 млн $м^3$ відпрацьованих травильних розчинів у річку Дніпро. Травлення на лінії ведеться каскадним методом. Основною перевагою лінії є використання сірчастої кислоти, яка дозволяе оновлювати кислоту за допомогою добавляння кислоти, що у свою чергу вигідно з економічної та екологічної сторони. У

своєму складі лінія має травильні ванни, лазерну стикозварювальну машину, яка виявляє дефекти зварки у реальному часі, розмотувача, змотувача та ножиць.



1 – конвеєр подачі рулонів; 2 – візок підготовки й подачі рулонів до розмотувача; 3 – розмотувач; 4 – окалиноломач; 5 – правильна машина; 6 – ножиці з нижнім різом; 7 – стикозварювальна машина; 8 – гратознімач; 9 – машина зшивна; 10 – ролики тягнучі; 11 – яма петельна; 12 – правильні ролики не привідні; 13 – ролики, що тягнуть та подають; 14 – ванна травильна; 15 – ванна травильна; 16 – вихідний торець останньої травильної ванни з віджимними роликами; 17 – ванна холодної промивки; 18 – ванна гарячої промивки; 19 – прилад для сушіння штаби; 20 – яма петельна; 21 – ролики тягнучі; 22 – дискові ножиці з кромкокрошителем; 23 – прилад мастильний і моталки роликового типу.

Рисунок 1.1 - Схема розташування обладнання безперервної травильної лінії

Після травлення рулони направляються на склад рулонів. Прокатне відділення у своєму складі має: безперервний чотирьох клітьовий стан 1680 та реверсивні стани 1200 та 1680. Безперервний чотирьох клітьовий стан 1680

складається з 4-х послідовно розташованих клітей, що мають у своєму складі два опорних і два робочих валка, а також допоміжного обладнання: підвідного приймального пристрою, поворотного столу, розмо- тувача, моталки барабанного типу та іншого допоміжного обладнання.

Реверсивний стан 1200 складається з 4-х валкової кліті і допоміжного обладнання: підвідного конвеера, перекидача, розмотувача, двох моталок та змотувача. Стан обладнаний двома змотуначами, розташованими з обох боків робочої кліті, за допомогою яких створюють натягнення штаби при прокатці. Реверсивний стан 1680 сктадасться з 4-х валкової кліті та дономіжного обладнання: підвидного конвеєра, розмотувача, правильно-тягнучої машини, прес-проводки, двох моталок. Робочі валки стана мають діаметр 500 мм, опорні валки 1700 мм, довжина бочки -1680мм. Стан має автономну систему подачі емульсії. Змотувачі барабаного типу встановлені з передньої і задньої сторони кліті. Змотувачі обладнані притискними роликами для запобігання розпушення рулонів.

Після прокатки на станах метал транспортують у декількох напрямках:

-у термічне відділення;

-у відділення жерсті;

Термічне відділення має у своєму складі 19 блоків печей, які складаються з 252-ух стендів і призначені для рекристалізаційного відпалу, холоднокатаних рулонів в одностопних ковпакових печах. Відпал здійснюється при температурі 630-690°С з метою видалення наклепу і залишкових напруг, а також одержання структури, яка забезпечує необхідні механічні і технологічні властивості. Блоки мають автономну систему подачі природного і захисного газів, повітря, електроенергії, води. Нагрівальний ковпак циліндричний, футерований вогнетривкою цеглою. Муфель виготовлений з нержавіючої сталі товщиною 6 мм. Кожен стенд обладнаний циркуляційним вентилятором для створення конвекції захисного газу під муфелем. Цикл відпалу складається з нагрівання і витримки металу та його охолодження під муфелем.

Основними елементами ковпакових печей є: зовнішній нагрівальний ковпак, муфель, конверторні прокладки, димовий енжектор, газові пальники, циркуляційний вентилятор. Після закінчення витримки рулони надходять на склад дресирувального відділення для охолодження.

Дресирувальне відділення призначене для остаточної обробки, упаковки і відвантаження холоднокатаного металу. У відділенні знаходяться два дресурувальні стана 1700-1 та 1700-2, дресирувальний стан 1680, три агрегати поперечної різки (АПР-1, АПР-2, АПР-3), два агрегати поздовжнього розпуску (АПР-4, АПР-5), два пакувальні конвеєри, дві ділянки сортування металу та дві ділянки пакування рулонів.

Метою дресирування є надання поверхневого наклепу (поверхневе зміцнення відпаленого металу з метою поліпшення його наступної штампуемості). Надання необхідної шорсткості поверхні, виправлення металу й одержання гладкої блискучої поверхні. Швидкість дресирування складає до 20 м/с. Обтиснення при дресируванні порядку 0,8-1,2%.

На дресирувальному стані, при необхідності, промаслюють штабу в процесі дресирування. Після дресирування рулони направляються або на порізку, або на пакування. На агрегатах поперечної різки оператор здійснює різання рулонної штаби на листи мірної довжини, виправлення, промаслення й укладання листів пакет.

Двадцятивалковий стан 1700 має наступне устаткування: завантажувальний пристрій для надягання рулону на барабан розмотувача, розмотувач, відгибач кінця штаби, правильну машину, робочу кліть, комплекти робочих і опорних валків, механізми для регулювання профілю і осьового переміщення валків, натискні пристрої, моталку.

Дресирувальний стан 1680 призначений для виправлення листів і різання штаби на листи. Стан складається з розмотувача, ножиців з нижнім різом, кліті "кварто", 18-ти роликової правильної машини, а також одного укладача листів.

Після різки на агрегатах метал відправляється на пакування чи при необхідності на сортування. Після пакування метал направляється на ділянку відвантаження. Якщо ж у процесі різки на металі був виявлений перегин або інші поверхневі дефекти, то метал відправляють для виправлення на стан 1680, який призначений для виправлення листів і різання штаби на листи.

Відділення жерсті складається з наступних ділянок:

1) термічного;

2) прокатного;

3) гарячого лудіння.

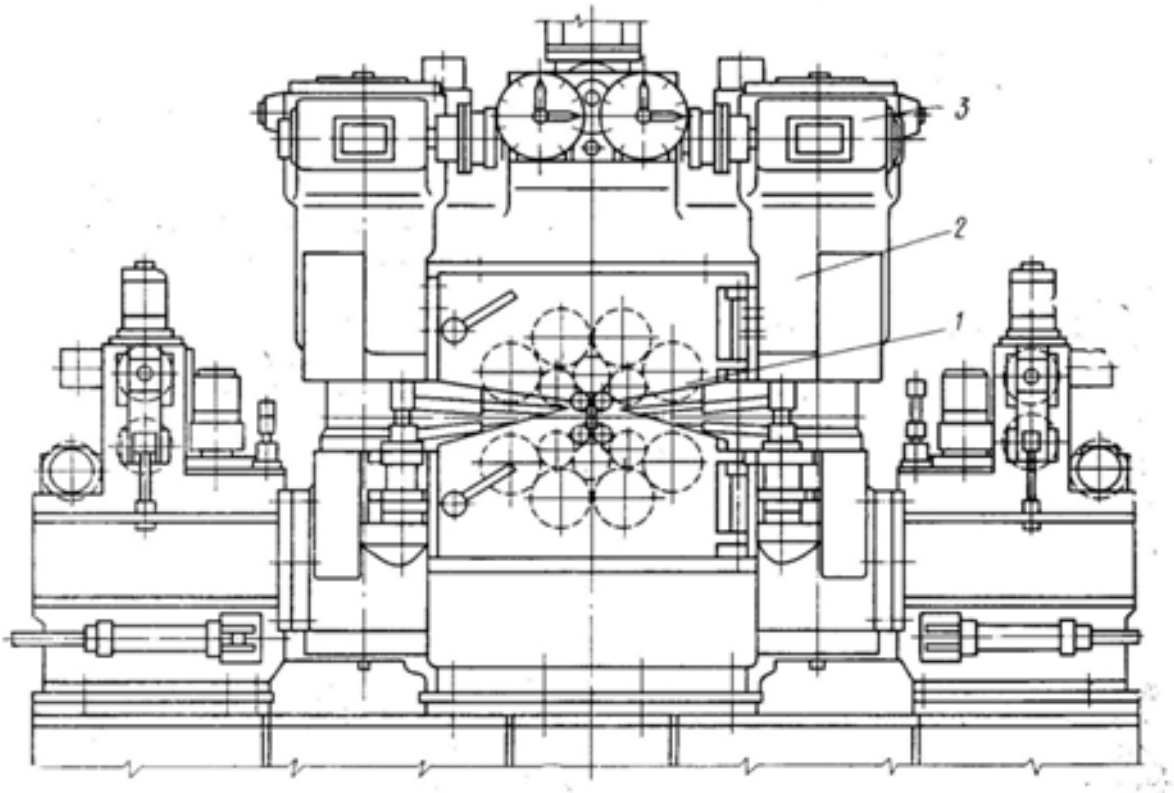
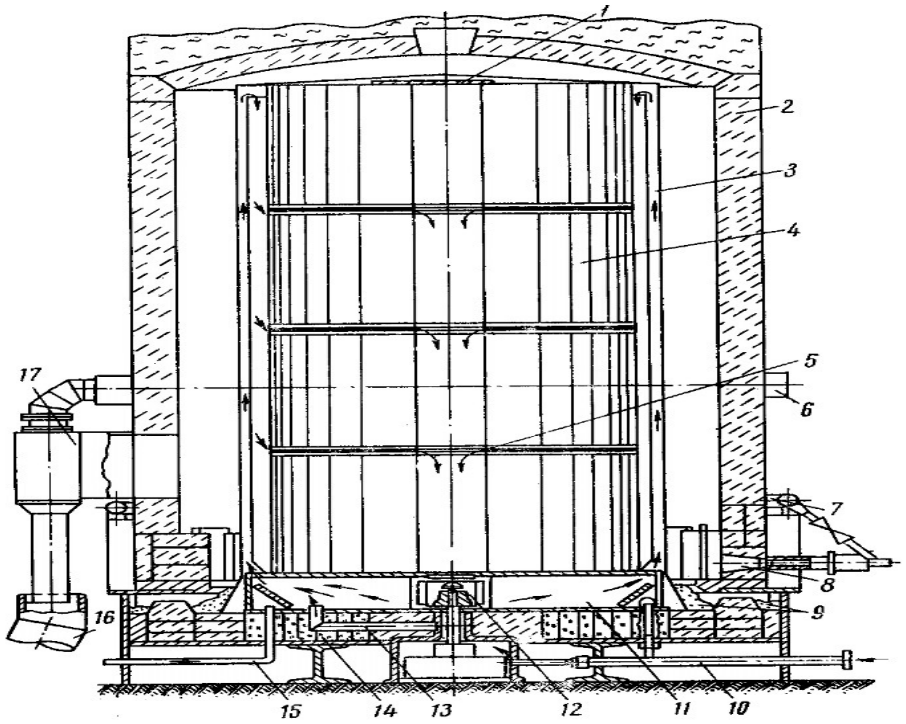


Рисунок 1.2 - Двадцятивалковий стан 1700 холодної прокатки штаби

Після різки на агрегатах метал відправляється на пакування чи при необхідності на сортування. Після пакування метал направляється на ділянку відвантаження. Якщо ж у процесі різки на металі був виявлений перегин або інші поверхневі дефекти, то метал відправляють для виправлення на стан 1680, який призначений для виправлення листів і різання штаби на листи.



1 – кришка; 2 – ковпак нагрівальний; 3 – муфель подвійний; 4 – стопа рулонів; 5 – конверторна прокладка; 6 – повітряний колектор; 7 – газовий колектор; 8 – горілка газова інжекторна; 9 – піщаний затвір; 10 – труба для подавання захисного газу; 11 – спрямовуючий апарат; 12 – вентилятор; 13 – байпас; 14 – стенд; 15 – труба для виходу захисного газу; 16 – димохід; 17 – ежектор.

Рисунок 1.3 – Схема одностопної ковпакової печі

Відділення жерсті склаласться з наступних ділянок:1.Термічного; 2.Прокатного; 3.Гарячого лудіння. Відділення жерсті призначене для виробництва білої та чорної жерсті. У відділені встановлено наступне обладнання: жерстекатальні стани 450 і 650, 4 дресирувальні стани, агрегати гарячого лудіння та агрегат знежирення і мийки.

Підкатом для жерсті служать холоднокатані штаби товщиною 0,5-0,6 мм. Що поступають з прокатного стану 1200. На агрегаті розпуску рулонів підкату здійснюють знежирення й очи- щення поверхні штаби з наступним подовжнім різанням. Для відпалу рулонів жерсті і підкату у відділенні жерсті встановлені ковпакові електропечі. Відпал здійснюється після холодної

прокатки металу з метою видалення наклепу і залишкових напруг. У відділенні жерсті прокатка підкату здійснюється на двох безперервних чотирьохклітьових станах 450 і 650. Кожен з безперервних станів складається з чотирьохвалкових послідовно розташованих клітей і допоміжного обладнання: прийомного пристрою, розмотувача, препроводки, моталки барабанного типу, знімача рулонів.

Після прокатки для забезпечення якісного покриття жерсті здійснюється знежирення і мийка прокату. Агрегат знежирення має три самостійні лінії. Для поверхневого зміцнення жерсті і надання 1-ї глянцевої чи жорсткуватої поверхні здійснюється дресирування. Для дресирування штаби у відділенні жерсті встановлені чотири двухвалкові дресирувальні стана. При виробництві білої жерсті після дресирування здійснюється лудіння. У відділенні жерсті здійснюють лудіння гарячим способом. Агрегат гарячого лудіння складається з наступного устаткування: розмотувача, петльової ями, травильної ванни, промивної ванни, ванни для нанесення олова, моталки, Температура олова в розплавленому стані складає 300-320 ºС. Відділення розділки призначене для прокаткий обробки нержавіючої сталі, і має у своему складі: гартівний агрегат, 20-ти валковий стан холодної прокатки, агрегат шліфування штаби (АШС), комбінований агрегат дресирування і різки штаби (КАДРС), а також листові ножиці з нижнім різом. Крім основних відділень до складу ЦХП також входять такі допоміжні служби, як: кранова, механічна, енергослужба, електрослужба, інструментальна та адміністративна. А також дві ділянки по переточуванню, насічці і зборці валків прокатних та дресирувальних станів.

1.2 Характеристика прокатного стана та технології прокатки

Реверсивний стан 1680 складається з кліті «кварто» та обслуговуючого конвеєра, обладнання, роликового поворотного столу, перекидача рулонів,

розмотувача, роликової прес-проводки, двох моталок барабанного типу та знімача рулонів.

Робочі валки рухаються від електродвигуна потужністю 1650кВт, з регульованим числом оборотів 300-600 за хвилину – через комбінований з шестерненою кліттю редуктор, з передатним числом 3,21. Число оборотів робочих валків-93,5-187 за хвилину.

Скидач рулонів призначений для прийому рулонів з поворотного пристрою, правильної установки його щодо поздовжньої осі розмотувача й скидання рулону в люльку розмотувача. Скидач складається з люльки-рольганга й пристрою, що пересувається.

Розмотувач призначений для правильної установки рулону щодо поздовжньої осі стану, повороту рулону в положення, що забезпечує можливість захоплення зовнішнього кінця штабии електромагнітним відгибачем.

Він складається з люльки, центруючого механізму, електромагнітного відгибача й опорних роликів. Привід роликів від електродвигунів здійснюється через проміжні вали із зубчастою муфтою, шестеренну кліть і шпиндельну сполуку.

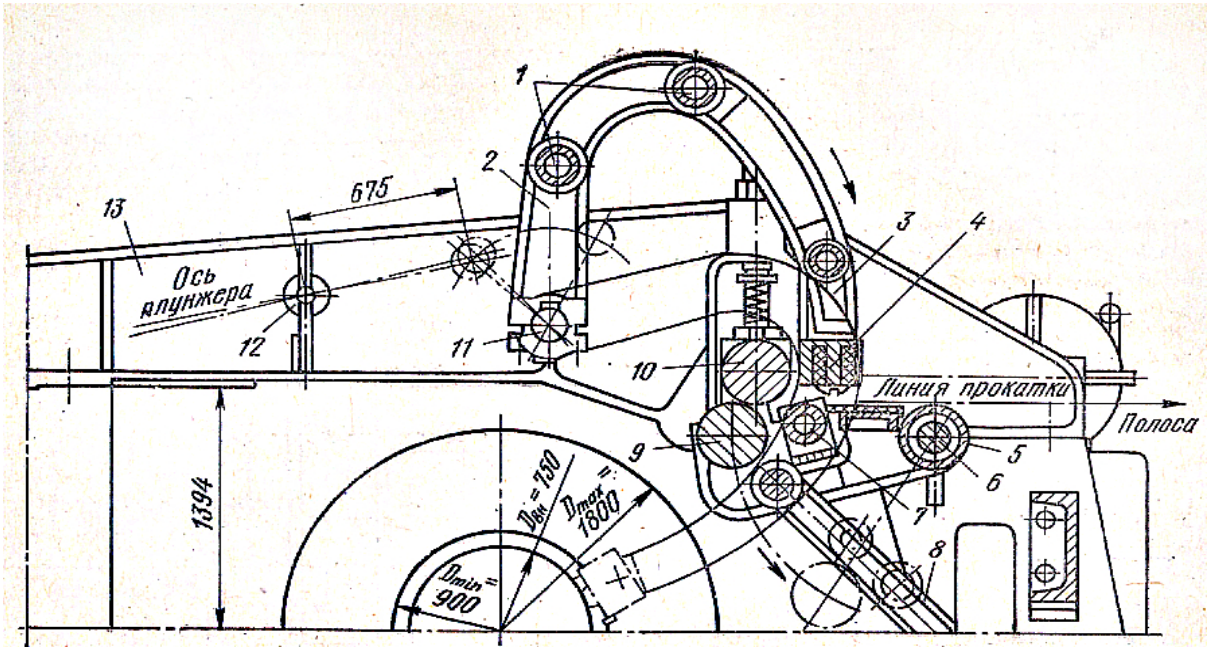


Рисунок 1.4 - Відгибач чотирьох клітьового безперервного стану

Для створення натягу штаби перед першою кліттю в процесі прокатки використовується роликова прес-проводка. Вона складається з верхньої і нижньої рам, вузла роликів діаметром 140 мм і напрямного пристрою. Ролики змонтовані в касетах, по 4 ролика в касеті, які вставляються в пази зроблені у верхній та нижній рамах. У верхній рамі встановлено п'ять рядів роликів, у нижньому чотири ряди. Підйом рами здійснюється за допомогою пневматичного циліндра. Переміщення прес-проводки при перевалці валків здійснюється за допомогою гідравлічного циліндра. Привід переміщення бічних роликів - за допомогою гідроприводу або в ручну.

Таблиця 1.1 - Характеристика електродвигунів стану

№ кліті	Потужність двигуна, кВт	Число обертів двигуна, об./хв.	Струм якоря, А	Межа швидкостей прокатки, м/с
1	3300	110/200	5610	2,75 – 5
2	3300	160/280	5580	4 – 7
3	3300/2800	220/330/380	5550/4700	5 – 8; 3 – 9,5
4	2×1650	200-450	2×2820	5 – 10

Привід валків від електродвигунів здійснюється через проміжні вали з зубчастою муфтою, шестеренну кліть та шпиндель.

Максимальна робоча швидкість прокатки до 10 м/с, заправна швидкість 0,5 м/с.Робочі кліті стану складаються з двох станин, робочих і опорних валків з подушками і підшипниками, механізмами для становлення і урівноваження валків, валкової арматури. Також кожна кліть обладнана механізмом перевалювання опорних валків.

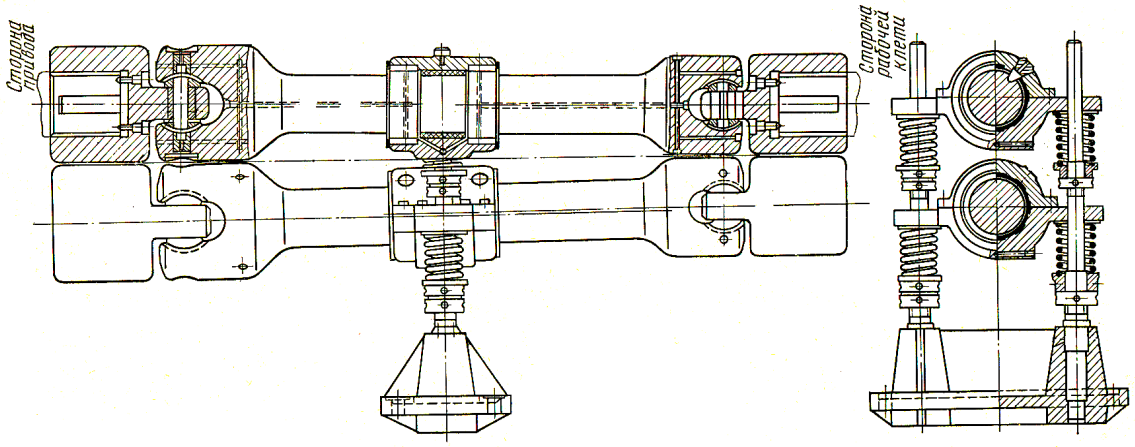


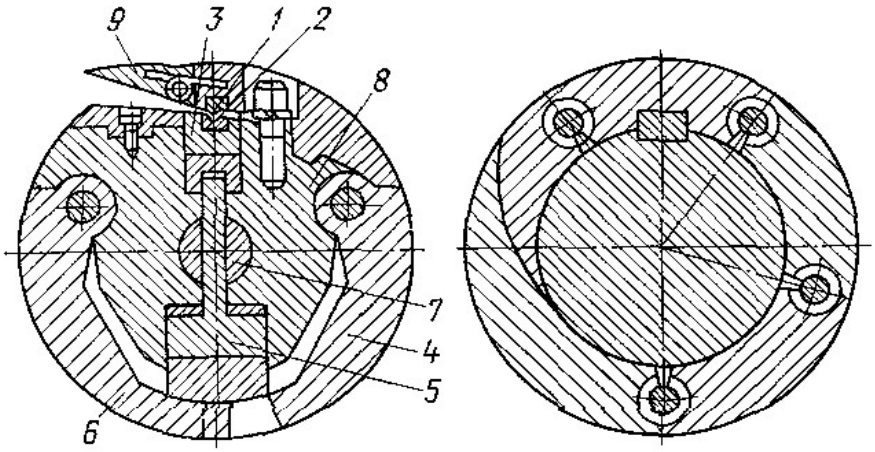
Рисунок 1.5 - Шпиндельний пристрій з пружинним врівноважуванням шпинделів.Швидкість переміщення натискних гвинтів при обтиску 8мм/хв., а при зворотному ході 12,2 мм/хв.Робочі валки - цільноковані із загартованою поверхнею бочки. Виготовлені із сталі 9Х2МФ, 60Х2СМФ.

Таблиця 1.2 – Розміри валків реверсивного стану 1680

Найменування Валків	Розміри					
	бочки		шийки		трефа	
	діаметр	довжина	діаметр	довжина	діаметр	довжина
Робочі	510/470	1680	260	250	250	260
Опорні	1420/1370	1760	890/ 734 (конус)	780	-	-

Швидкість прокатки: -заправна – до 0,5 м/с; -максимальна робоча до 4,74 м/с.Привід натискних гвинтів від двох електродвигунів по 442 кВт. І 775об/хв, через два редуктори з передавальним числом 1100:1. Швидкість переміщення натискних гвинтів 9,96 мм/хв. Електродвигуни з'єднані роз'ємною електромагнітною муфтою для забезпечення спільної або

роздільної роботи гвинтів. Величина переміщення гвинтів вказується продуктметрами, розташованими на постах керування. Врівноваження верхніх опорних і робочих валків здійснюється за допомогою спеціальної гідравлічної системи з тиском мастила 125атм. Прокатні валки: розміри валків: сталь 60Х2СМФ, опорних бочка 9ХФ, матеріал валків: робочих серцевина – 40ХН2МА. Робочі валки-цільноковані із загартованою поверхнею бочки, опорні валки-з насадними бочками. твердість поверхні валків по Шору (ОСТ 24.013.20-90): робочих (бочка) – від 90 до 98од.; опорних (бочка)-від 70 до 85од.



1,2 – губки; 3- верхній клин; 4,6 – сегменти; 5 – нижній клин; 7 – шток; 8 – привідний вал; 9 – козирок

Рисунок 1.6 – Схема барабана моталки реверсивного стана 1680

Діаметр барабана змотувача, 760 мм. ;

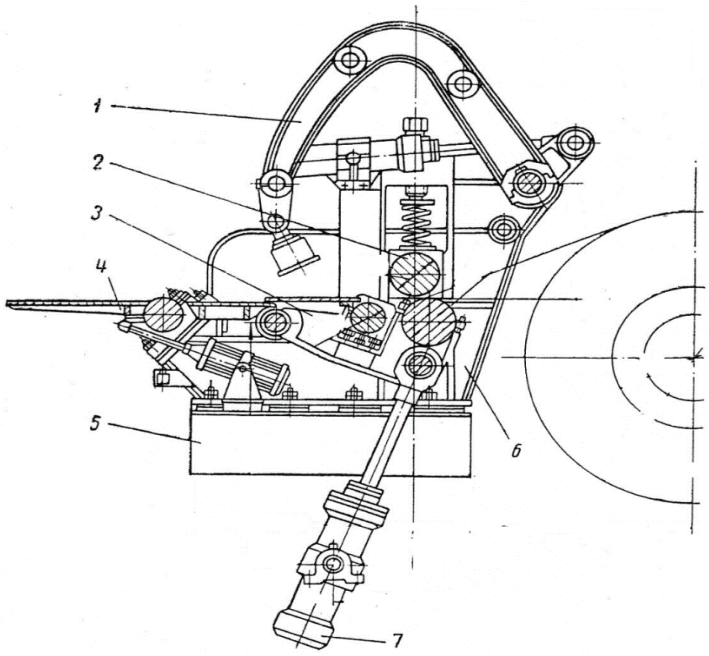
Привід від двигуна, 600 кВт ;

Число оборотів, хв. : мінімальне - 28,5, максимальне - 104,37 ;

Діаметр поршня циліндра, 120 мм.;

Моталки барабанного типу встановлені з передньої та задньої сторін кліті. Діаметр барабана моталки 760мм. Привід кожної моталки від мотора 1450кВт, число обертів барабана моталки за хвилину: мінімальне –28,5, максимальне-104,37. Переміщення верхнього столу преспроводки у

вертикальної площинності здійснюється від пневмоциліндру діаметром 400мм.



1-відгибач, 2- падаючий ролик, 3- загальна рама, 4-відкидна проводка, 5-фундаментна плита, 6- стійки

Рисунок 1.7 – Правильно-тягнуча машина з відгибачем

Реверсивний стан «1680» оснащений двома радіоізотопними товщиномірами , встановленими з лівої та правої сторін за робочою клітиною. Тиск олії в гідросистемі високого тиску реверсивного стану 1680 має бути в межах 125атм.

1.3 Характеристика сортаменту та марки сталі

Підкатом для стану служить гарячекатана штаба відповідно до СТП 226.23-2000, з низьковуглицевої і низьколегованої сталі – після травлення, із сталі марок 65Г, 55, 45 – після травлення і відпалу, з нержавіючої і легованої сталі – після термообробки і травлення.

Ширина штаби 940-1500 мм. Максимальна маса рулону 15 т. Підкат на поверхні якого знайдені дефекти – груба злиткова пелена, грубі залишки окалини, «гармошка», усадка, заворот кромки, складки і інші – в прокатку не допускається.

За розмірами і відхиленнями, що допускаються, холоднокатаний прокат повинен відповідати вимогам ГОСТ 19904-90, холоднокатані штаби в рулонах для виробництва гнутих профілів – вимогам СТП 226.04.26-99 «Сталь штабова в рулонах для профілювання», для виробництва жерсті – СТП 226.10-98.

Штаби завтовшки 0,5 і 0,6 мм, штаби для експорту і підкат для жерсті прокатуються з обрізаними кромками. Сталі 10ХНДП і 09Г2Д – заготівка в рулонах для відділення гнутих профілів.Ширина штаби спокійних сталей – не більше 1400 мм.

Рулони повинні бути замаркіровані швидковисихаючим лаком. На зовнішньому витку рулону повинні бути вказані номер плавки, марка сталі, розміри штаби, номер рулону, номер бригади травильної лінії, у разі виявлення дефекту - вид дефекту (нестачі) і місце його розташування.

З метою попередження утворення корозії на поверхні металу час між травленням і холодною прокаткою гарячекатаних травлених рулонів повинно бути мінімальним.

За розмірами та допустимими відхиленнями холоднокатаний прокат повинен відповідати вимогам ГОСТ 19904-90, холоднокатані штаби в рулонах для виробництва гнутих профілів - вимогам СТП 226.04.26-05 «Сталь полосовая в рулонах для профилирования».

Максимальний зовнішній діаметр холоднокатаного рулону - 1600 мм, внутрішній діаметр - 760 мм.Холоднокатані рулони повинні мати рівну і щільну змотку.

Виступ окремих витків не повинен перевищувати на необрізаному металі - 10 мм, на обрізаному металі - 5 мм.

На поверхні штаби не допускаються подряпини, відбитки, раковини, бруд, масло, волога, зминання кромок, складки, телескопічність, не щільна змотка, "пташки", загнуті, зім'яті і забиті торці.

При наявності вищевказаних дефектів відповідність проката вимогам нормативної документації та замовленням визначається представниками ОТК ділянки ЦХП-1.

Задній і передній кінці не повинні виступати за торець рулону. Передній і задній кінці штаби повинні щільно прилягати до рулону.

Коробоватість на кінцях рулонів не допускається. Коробоватий кінець необхідно обрізати газовим різаком, після чого рулон щільно ув'язується гарячекатаною пакувальною стрічкою перерізом 1,8-2,0×30 мм за допомогою пакувальної машинки.

Таблиця 1.3-Розміри полос із вуглецевих і низьколегованих марок сталі

Марки сталі	Розмір холоднокатаних штаби,мм			Документ,регламентуючий хім. склад салі
	товшина	ширина	товщина підкату	
1	2	3	4	5
0,8кп,0,8пс(для упаковочного листа)	0,5	1000-1220	2,0	ДСУ 7809-2015
	0,5	1220-1250	2,5	
0,8кп,0,8пс(підкат для жерсі)	0,5	1000-1050	2,3	СТП 226.06.01-14
	0,6;0,7	1000-1230	2,0	

Подовження таблиці 1.3

Марки сталі	Розмір холоднокатаних штаби,мм			Документ,регламенту ючий хім. склад салі
	товшина	ширина	товщина підкату	
0,8кп,0,8пс,10кп, 10с,DC01,DX51D	0,5;0,55; 0,6	1000-1230	2,0	ДСТУ 7809-2015 EN 10130-2006 EN 10346-2015
0,8кп,0,8пс,10кп, DC01,DX51D	0,6;0,65	1250	2,2	ДСТУ 7809-2015 ГОСТ 9045-93 EN 10130-2006 EN 10346-2015
Ст1кп,Ст1сп,0, 8кп,0,8сп,0,8Ю, DC01,DX51D	0,7	1000-1250	2,5	ДСТУ 22651-2005 (ГОСТ 380-2005) EN 10130-2006 EN 10346-2015
	0,8;0,9	1000-1250	2,7	
	1,0-1,3	1000-1250	3,0	
	1,4-1,6	1000-1250	3,5	
	1,7-2,0	1000-1250	3,8	
15кп,15пс,Ст2кп, Ст2пс,Ст3кп, Ст3пс	0,5;0,6	1000-1050	2,0	ДСТУ 7809-2015 ДСТУ 2651-2005 (ГОСТ 380-2005)
	0,7	1000-1050	2,5	
	0,8;1,0	1000-1500	3,0	
	1,1;1,3	1000-1500	3,0	
	1,4;1,6	1000-1500	3,5	
	1,7;2,0	1000-1500	3,8	
	1,0;1,2	940-1000	2,7	
	0,5;0,6	1000-1050	2,0	
	0,7	1000-1250	2,3	
	0,8;1,0	1000-1250	2,5	
	1,1;1,2	1000-1500	3,0	
Ст3пс (упаковочний стрічки)10,15, 20кп,20пс	1,3;1,5	1000-1500	3,0	ДСТУ 7809-2015 ДСТУ 2651-2005 ГОСТ 380-2005
	1,6;1,9	1000-1500	3,5	
	2,0	1000-1500	3,8	

Подовження таблиці 1.3

Марки сталі	Розмір холоднокатаніх штаби,мм			Документ,регламенту ючий хім. склад салі
	товшина	ширина	товщина підкату	
20,25,Ст3сп	0,8;1,2	1000	2,0	ДСТУ 7809-2015 ДСТУ 2651-2005 ГОСТ 380-2005
	1,3;1,5	1000-1250	3,0	
	1,6;1,9	1000-1400	3,5	
	2,0	1000-1400	3,8	
10Г2	0,5	1000	2,0	ГОСТ 4543-71
	0,8;2,0	1000	2,3	
	1,3;1,5	1000	2,7	
	1,6;2,0	1000	3,2	
60Г,65Г,70Г	0,8;2,0	1050	3,0	ГОСТ 14959-79
	1,5	1250	3,0	
	2,0	1250	3,2	
55	0,8;2,0	1080	3,2	ДСТУ 7809-2015
45	0,7;1,5	1080	2,7	ДСТУ 7809-2015
10ХНДП	1,0	980-1124	3,0	ДСТУ 8546-2015

Таблиця 1.3-Марки сталі і розміри штаби із легованої сталі

Маркра сталі	Номінальні розміри гарячекатаних штаби,мм		Номінальні розміри холоднокатаних штаби,мм		Примітки
	товщина	ширина	товщина	ширина	
25ХГСА, 30ХГСА, 12Х2НВФА, 19Х2НВФА 23Х2НВФА 25ХСНВФА 30ХСНВФА 28Х3СНМВФА 38Х3СНМВФА 43Х3СМВФА 42Х2ГСНМ 30Х2ГСНВМ	3,0	1030-1230	0,8-2,0	1000-1200	Для всіх легованих марок сталей

Тблиця 1.4 - Хімічний склад сталі марки 10Г2

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Fe
0,07-0,15	0,17-0,37	1,2-1,6	0,3	0,035	0,035	0,3	0,3	97

Фізико-механічні характеристики стали 10Г2

Сталь 10Г2 добре приймає пластичні деформації. А також добре обробляється різальним інструментом із твердих та швидкорізальних матеріалів (Kv = 1,89…1,92) і зварюється без обмеження із застосуванням електродугового та газового зварювання. Флокононечутлива та не схильна до відпускної крихкості. Деталі та вироби, виготовлені зі сплаву, можуть термозміцнюватися з подальшим повітряним охолодженням. Вони здатні стійко витримати вплив підвищеного тиску та механічні дії у вигляді вібрацій та ударів. Сталь знаходить масове застосування в трубопрокатній галузі, де її використовують для виробництва гарячо-, тепло-і холоднодеформованих труб

різного діаметру. Також сталевий сплав 10Г2 використовується для кріпильних елементів та монтажних скоб і служить матеріалом для виготовлення деталей, що функціонують під тиском та при температурах до -70°С.

1.4 Перспективи розвитку виробництва та пропозицій що до його вдосконалення

Досвід роботи показує, що у зв'язку з усіма вимогами до якості прокату стан має ряд недоліків, які заважають підвищувати, обсяг прокату і його якість.

Основною роботою з реконструкції є заміна застарілого й фізично зношеного головного приводу на новий.

Пропонується замінити старий привід на новий, більш потужний, з більш економічними витратними показниками, цей захід спричинить реконструкцію цілого ряду систем і механізмів.

У цей час заміна робочих валків на стані проводиться за допомогою спеціальної муфти за допомогою електромостового крану.

Пропонується встановити автоматизовані машини для заміни валків, що в свою чергу дозволить припинити використання муфти, яка має великі габарити, зменшити участь людини у процесі заміни валків.

Існуюча емульсійна система на стані – малопотужна, витрата емульсії 260 $м^3$/г (на всі кліті) у результаті чого через перегрів валків не буде забезпечуватися проектна швидкість прокатки 10 м/с, а також погіршується якість прокату.

Пропонується реконструювати емульсійну систему стану, яка матиме більші об’єми баків. Допоміжні об’єми емульсії дозволять зробити більший оборотний цикл в системі. Встановлення фільтрації перед баками, допоможе знизити потрапляння бруду та інших частинок до баків. А також встановити фільтри при подачі СОЖ, що дозволить досягти більшої концентрації

охолоджуючої рідини, це допоможе досягти максимального охолодження валків при прокатці.

Великий час знімання холоднокатаних рулонів з барабана моталки, що гальмує роботу стану.

Пропонується підвищити швидкість руху знімача рулонів до 0,5 - 0,75 м/с. Вироблення поверхні робочих валків можливо виправити лише паліруванням або переточкою його поверхні до повного відновлення поверхні валка до вихідної поверхні. Але це можливе лише до певного значення за досягнення якого валок вже не є можливим відправити на переточку бо він не буде відповідати певним вимогам. Його можливо буде лише переточити на валок для іншого стану наприклад як реверсивний стан 1200мм.

Недолік вироблення підшипників і втулок вирішується лише заміною їх в разі появи різнотовщиності на полосі, або при закінчені терміну дії який вказаний виробником.

1.4.1 Зниження витрат металу та поліпшення якості штаби

Ніколи не втрачає актуальності питання зниження витрат металу і поліпшення якості штаби при виробництві металопродукції.

У ЦХП холоднокатаний прокат з сталей марок 10Г2, 50-70Г виробляється товщиною 0,8-2,0 мм і шириною 1000-1150мм.

Технологія виробництва холоднокатаних листів і рулонів передбачає наступні операції:

- травлення гарячекатаних рулонів на травильній лінії №4;
- пом'якшувальний відпал гарячекатаних рулонів в одностопних ковпакових печах;
- холодна прокатка рулонів на реверсивному стані 1680;
- відпал холоднокатаних рулонів в одностопних ковпакових печах;
- дресирування та порізка холоднокатаних листів.

У ЦХП відсутня технологія та обладнання для зварювання рулонів сталей марок 50-70Г, 10Г2. Для виробництва холоднокатаних рулонів і листів використовуються гарячекатані рулони одинарної маси. Використання рулонів одинарної маси на всіх переділах ЦХП характеризується підвищеними трудовитратами, великим видатковими коефіцієнтом металу на прокат, малою продуктивністю.

Згідно діючої технології, прокатка штаби із середньовуглецевих і конструкційних марок сталі (10Г2, 50-70Г) на реверсивному стані холодної прокатки 1680 ЦХП повинна здійснюватися з перемотуванням штаби в першому пропуску, тобто штаба перемотується в розведених валках з притиснутою прес-проводкою.

У результаті перерозподілу обтиснень по пропусках фактична кількість пропусків при прокатці холоднокатаних штаби перерізом 0,8-1,0 мм склало 9 проти 11, тобто кількість пропусків зменшується на 2 і підвищується продуктивність стана 1680. Враховуючи, що товщина гарячекатаних кінців зачасту перевищує номінальні розміри штаби, абсолютне обтиснення при прокатці в першому пропуску буде становити 2,8-2,3 = 0,5 мм, а середня ширина прокатуваних штаби становить 1040 мм, то економія металу: 0,0005 м х1,04 м х8 м х7850кг/м3=32,66 кг/рул.

Одним з напрямків поліпшення поперечної різнотовщинності – поліпшення валків. Особливої уваги заслуговує розробка способів мобільного впливу на профіль валкового зазору і, відповідно, профіль штаби і листів в процесі прокатки. Одним із способів швидкого впливу на профіль прокатної щілини є осьове зміщення робочих валків типу CVC .

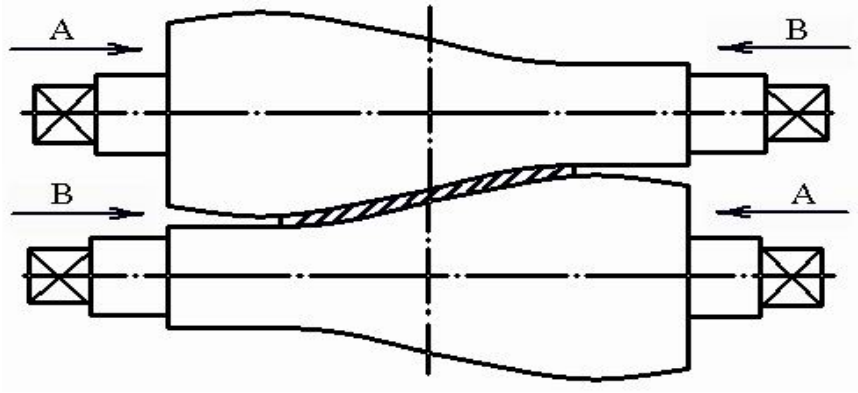


Рисунок 1.8 – Профілювання валків типу CVC.

У зв'язку з впливом натягу на якість холоднокатаного листа і на інші параметри прокатки, а також з метою запобігання утворення таких дефектів холоднокатаного листа як неплощинність, телескопічність, злами, зварюваність витків рулону при відпалі необхідно забезпечити при прокатці сталість питомих натягів як по ширині штаби, так і по її довжині. Для здійснення цих заходів необхідно на стані установити сучасні автоматичні системи виміру і регулювання як натягу, так і інших параметрів прокатки.

А якщо за умовами виробництва під час усього періоду прокатки необхідно періодично регулювати величину натягу, у зв'язку з небезпекою втрати стійкості рулону і зварювання витків рулону при відпалі, то установка автоматичних систем регулювання натягу доцільна і просто необхідна.

Спосіб прокатки, що передбачає періодичну зміну величини натягу протягом змотки рулону, забезпечує, порівняно, невисокий міжвитковий тиск у рулонах після зняття з моталки, і зменшує небезпеку втрати стійкості внутрішніх витків рулону. У результаті виконаного аналізу дійсним дипломним проектом пропонується спосіб намотування штаби, відповідно до якого величину натягу змінюють під час всього часу намотування по синусоїдальній залежності з амплітудою в межах 0,1 – 0,3 номінальної величини натягу. При цьому частота зміни величини натягу не повинна бути рівна чи кратна частоті власних коливань приводної лінії барабана моталки.

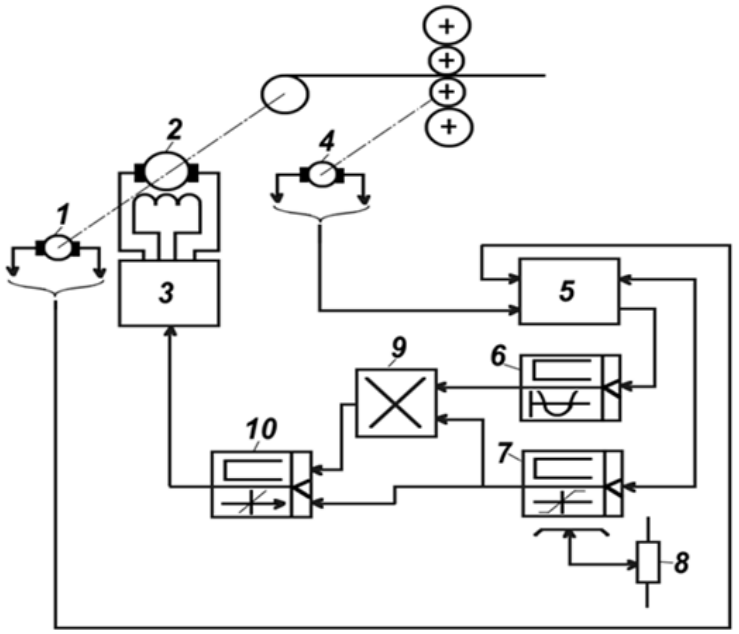
Для реалізації способу стосовно до стану холодної прокатки 1680, необхідно установити пристрій для регулювання натягу штаби при намотуванні рулонів. Пристрій регулювання натягу штаби показан на рисунку.

Пристрій містить датчик швидкості барабана моталки, датчик сигналу, залежного від швидкості штаби, з'єднаний із блоком обчислення радіуса намотуваного рулону, до виходу якого підключений блок завдання уставки натягу, побудований на підсилювачі з регульованим за допомогою реостата рівнем вихідної напруги, а також підсумовуючим підсилювачем, входи якого з'єднані з виходом блоку завдання уставки натягу, один безпосередньо, а другий через помножувач. Другий вхід помножувача з'єднаний з виходом нелінійного перетворювача, вхід якого підключений до другого виходу блоку обчислення радіуса рулону. Вхід підсумовуючого підсилювача, який є виходом пристрою, підключений до системи регулювання електропривода моталки.

Крім описаного вище ефективного способу намотування штаби, що передбачає періодичну зміну натягу для запобігання втрати стійкості внутрішніх витків рулону після зняття з барабана моталки, можна застосовувати спосіб намотування, при якому перші п'ять – десять витків намотують з підвищеним натягом, наприклад для вуглицевих сталей, у два-п'ять разів перевищуючим технологічне, з наступним зниженням натягу до технологічного після 50 – 100 оборотів моталки. Однак поряд з перевагами цей спосіб володіє і недоліками. Зокрема, збільшення натягу при намотуванні перших витків веде до зростання тиску рулону на барабан моталки, до зварювання перших витків рулону при відпалі, а також збільшення натягу при намотуванні перших витків рулону може привести до пориву штаби, що небажано.

При прокатці на реверсивному стані 1680 в шліфованих валках проводиться приготування прокатної емульсії із зниженою концентрацією, що дозволяє виключити зміщення штаби під час прокатки і утворення телескопічності штаби або утворення заворотів які можуть утворитися в

результаті зсуву. Також замінено мастило в підшипниках прес-проводки. До заходу не рідкі були випадки вимивання прокатної емульсією мастила з роликів підшипників, що призводило до їх заклинювання і утворення на поверхні штаби подряпини з крихтою або рисок. Використання нового технологічного мастила з підвищеними водовідштовхувальними і трибологічними властивостями дозволило виключити або значно знизити утворення дефекту подряпина з крихтою.



1 – датчик швидкості барабана моталки; 2 – привід моталки; 3 – система регулювання привода моталки; 4 – датчик сигналу; 5 – блок обчислення радіуса рулона; 6 – нелінійний перетворювач; 7 – блок завдання уставки натягу;8 – реостат; 9 – помножувач; 10 – підсумовлюючий підсилювач

Рисунок 1.9 – Пристрій для регулювання натягу штаби при змотці в рулон.

По технологічній інструкції на реверсивних станах прокатка штаби здійснюється за 3, 5, 7 проходів, залежно від товщини гарячекатаного підкату. Так як після кожного проходу зазор між робочими валками зменшується,

відповідно з'являється різниця по товщині між обтисненими і не обтисненими ділянками штаби, автоматикою передбачений запас у вигляді «недокату» уникнення «надава» на валки. Так як маса прокатного устаткування (робочі і опорні валки) значна то і відповідно має місце інерційність обладнання-штаби.

Оптимальні налаштування автоматичних керуючих систем дозволили зменшити відстань недокатів на 30%, що в свою чергу дозволяє економити придатну ділянку кожної штаби. Крім цього раніше для забезпечення якісного захоплення штаби моталками необхідно було намотувати 2 технологічних витка, після чого виробляли натяг і прокатку штаби. Після здійснення модернізації конструкції зівів барабанів моталок, які стали забезпечувати більш якісне захоплення штаби (фіксацію в зіві барабана моталки) з'явилася можливість скоротити кількість технологічних витків до 1,0-1,5 проти 2-х. У такому випадку при здійсненні прокатки кожної штаби можна скоротити витрат металу в обрізь в межах 35-50% в залежності від сортаменту прокатуваних штаби.

Економія металу, підвищення продуктивності шляхом одночасного збирання готового рулону і зварювання.

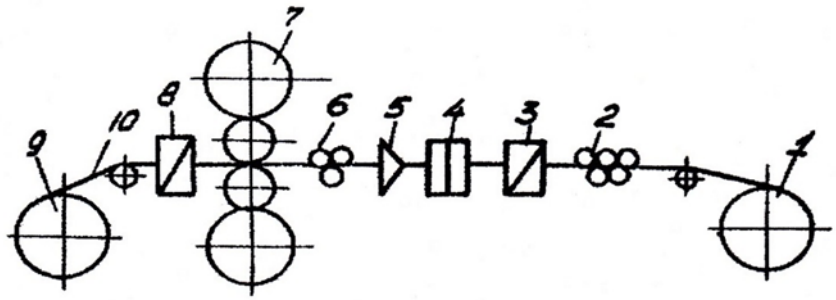
Спосіб полягає в тому, що прокатку штаби ведуть без обтиснення переднього і заднього кінців, так як вони закріплені на моталці, потім необтиснений кінець попереднього рулону відрізають, приварюють до подальшого рулону і здійснюють подальшу прокатку.

На рисунку зображена установка, що реалізує запропонований спосіб прокатки.

Установка має в своєму складі наступне обладнання: задню моталку, правильну машину, кінцеві ножиці, стикозварювальну машину, гратознімач, роликову прес-проводку, прокатну (реверсивну) кліть, ділильні ножиці і передню моталку.

Після змотування в рулон на передню моталку прокатаної на стані готової штаби ділянка першої штаби, що залишився в кліті, відрізають ділильними ножицями і після зняття рулону першої штаби заправляють його

в передню моталку, одночасно звільняючи задній кінець першої штаби задньої моталки, правлять його на правильній машині, зачищають на ножицях і підводять до стикозварювальної машини. В цей же час встановлюють на задню моталку другий рулон, передній кінець його також подають до стикозварювальної машини, і після зварювання кінців, видалення грата на гратознімачі проводять спільну прокатку задньої кінцевої ділянки штаби першого рулону і штаби другого рулону до отримання кінцевої товщини.



1 – задня моталка; 2 – правильна машина; 3 – кінцеві ножиці; 4 – стикозварювальна машина; 5 – гратознімач; 6 – роликова прес-проводка; 7 – прокатна кліть; 8 – ділильні ножиці; 9 – передня моталка; 10 – штаба

Рисунок 1.10 – Установка для зварювання кінців рулонів.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок режимів деформації

Початкові дані:

$h_0 \times b_0 = 2,5 \times 1150$ мм;

$h_n \times b_n = 0,8 \times 1150$ мм

Марка сталі – 10Г2

Визначаємо загальний коефіцієнт обтисків

$$\eta_{заг.} = \frac{h_n}{h_0}, \text{ мм} \qquad (2.1)$$

де: h_n – кінцева товщина штаби, мм;

h_0 – початкова товщина штаби, мм

$$\eta_{заг.} = \frac{0,8}{2,5} = 0,3.$$

Визначаємо середній коефіцієнт обтисків

$$\eta_{ср.} = \sqrt[n]{\eta_{заг.}} \qquad (2.2)$$

де:

n – кількість проходів

$$\eta_{ср.} = \sqrt{0,3} = 0,66.$$

Розподіляємо коефіцієнт обтисків по проходах

$$\eta_{заг.} = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times \eta_4 \times \eta_5 \qquad (2.3)$$

$$\eta_{заг.} = 0,65 \times 0,66 \times 0,85 \times 0,9 \times 0,95 = 0,3.$$

Визначаємо товщину штаби по проходах

$$h_1 = h_0 \times \eta_1, \text{ мм}; \qquad (2.4)$$

$h_1 = h_0 \times \eta_1 = 2,5 \times 0,65 = 1,62$мм;

$h_2 = h_1 \times \eta_2 = 1,62 \times 0,66 = 1,06$ мм;

$h_3 = h_2 \times \eta_3 = 1,06 \times 0,85 = 0,9$ мм;

$h_4 = h_3 \times \eta_4 = 0,9 \times 0,9 = 0,81$ мм;

$h_5 = h_4 \times \eta_5 = 0,81 \times 0,95 = 0,76$ мм.

Визначаємо абсолютний обтиск по проходах

$\Delta h_1 = h_0 - h_1$, мм; (2.5)

$\Delta h_1 = h_0 - h_1 = 2,5 - 1,62 = 0,88$ мм;

$\Delta h_2 = h_1 - h_2 = 1,62 - 1,06 = 0,56$ мм;

$\Delta h_3 = h_2 - h_3 = 1,06 - 0,9 = 0,16$ мм;

$\Delta h_4 = h_3 - h_4 = 0,9 - 0,81 = 0,09$ мм;

$\Delta h_5 = h_4 - h_5 = 0,81 - 0,76 = 0,05$ мм;

Визначаємо відносне обтиснення по проходах

$$\varepsilon_h = \frac{h_0 - h_1}{h_0} \times 100\%; \quad (2.6)$$

$$\varepsilon_{h1} = \frac{h_0 - h_1}{h_0} \times 100\% = \frac{2,5-1,62}{2,5} \times 100\% = 32\%;$$

$$\varepsilon_{h2} = \frac{h_1 - h_2}{h_1} \times 100\% = \frac{1,62-1,06}{1,62} \times 100\% = 34\%;$$

$$\varepsilon_{h3} = \frac{h_2 - h_3}{h_2} \times 100\% = \frac{1,06-0,9}{1,06} \times 100\% = 15\%;$$

$$\varepsilon_{h4} = \frac{h_3 - h_4}{h_3} \times 100\% = \frac{0,9-0,81}{0,9} \times 100\% = 10\%;$$

$$\varepsilon_{h5} = \frac{h_4 - h_5}{h_4} \times 100\% = \frac{0,81-0,76}{0,81} \times 100\% = 6\%.$$

Визначаємо сумарне відносне обтиснення по проходах

$$\sum\varepsilon_h = \frac{h_0 - h_1}{h_0} \times 100\%; \quad (2.7)$$

$$\sum\varepsilon_{h1} = \frac{h_0 - h_1}{h_0} \times 100\% = \frac{2,5-1,62}{2,5} \times 100\% = 32\%;$$

$$\sum\varepsilon_{h2} = \frac{h_0 - h_2}{h_0} \times 100\% = \frac{2,5-1,06}{2,5} \times 100\% = 57\%;$$

$$\sum\varepsilon_{h3} = \frac{h_0 - h_3}{h_0} \times 100\% = \frac{2,5-0,9}{2,5} \times 100\% = 64\%;$$

$$\sum\varepsilon_{h4} = \frac{h_0 - h_4}{h_0} \times 100\% = \frac{2,5-0,81}{2,5} \times 100\% = 67\%;$$

$$\sum\varepsilon_{h5} = \frac{h_0 - h_5}{h_0} \times 100\% = \frac{2,5-0,76}{2,5} \times 100\% = 69\%.$$

Визначаємо площі поперекового перетину штаби по проходах

$$F = h \times b, \text{ мм}^2; \quad (2.8)$$

де:

b – ширина штаби, мм;

$F_1 = h_1 \times b_1 = 1,62 \times 1150 = 1863$ мм^2;

$F_2 = h_2 \times b_2 = 1,06 \times 1150 = 1219$ мм^2;

$F_3 = h_3 \times b_3 = 0,9 \times 1150 = 1035$ мм^2;

$F_4 = h_4 \times b_4 = 0,81 \times 1250 = 931$ мм^2;

$F_5 = h_5 \times b_5 = 0,76 \times 1250 = 874$ мм^2.

Визначаємо витяжки по проходах

$$\mu_1 = \frac{F_0}{F_1} = \frac{2875}{1863} = 1,54; \quad (2.9)$$

$$\mu_2 = \frac{F_1}{F_2} = \frac{1863}{1219} = 1,52;$$

$$\mu_3 = \frac{F_2}{F_3} = \frac{1219}{1035} = 1,17;$$

$$\mu_4 = \frac{F_3}{F_4} = \frac{1035}{931} = 1,11;$$

$$\mu_5 = \frac{F_4}{F_5} = \frac{931}{874} = 1{,}06.$$

Складаємо підсумкову таблицю розрахунку

Таблиця 2.1 - Підсумки розрахунку

№ проходу	Початкова товщина, h_0, мм	Кінцева товщина, h_k,	Ширина штаби, b, мм	Абсолютное обтисненя, Δh, мм	Відносне обтисненя Eh, %	Сумарне обтисненяΣ Eh, %	Кути захоплення, α, °	Витяжки
1	2,5	1,62	1150	0,88	32	32	3	1,54
2	1,62	1,06	1150	0,56	34	57	2,5	1,52
3	1,06	0,9	1150	0,16	15	64	2	1,17
4	0,9	0,81	1150	0,09	10	67	1,6	1,11
5	0,81	0,76	1150	0,05	6	69	1,1	1,06

2.2 Розрахунок зусилля прокатки

Розрахунок зусилля прокатки ведемо за методом М. Стоуна

$$P = p_{ср.} \times F, \qquad (2.10)$$

де: $p_{ср.}$ – контактний тиск;

F – площа контактной поверхні.

Визначення контактного тиску здійснюємо по формулі

$$p_{ср.} = k \times n_b \times n'_\sigma \times n''_\sigma \times n_\sigma''' ; \qquad (2.11)$$

де: k – опір деформації в умовах лінійного стиснення з урахуванням ступеню наклепу;

n_b – коефіцієнт, який враховує вплив ширини штаби;

n_σ' - коефіцієнт, який враховує вплив зовнішнього тертя;

n_{σ}'' - коефіцієнт, який враховує вплив зовнішніх зон;

n_{σ}''' - коефіцієнт, який враховує вплив натягу.

По графіку визначаємо межу текучесті, дані для визначення межи текучесті приймаємо з попереднього розрахунку

$\sigma_{т.о} = 480$ МН/м^2; (2.12)

$\sigma_{т.1} = 840$ МН/м^2;

$\sigma_{т.2} = 930$ МН/м^2;

$\sigma_{т.3} = 965$ МН/м^2;

$\sigma_{т.4} = 990$ МН/м^2;

$\sigma_{т.5} = 1000$ МН/м^2.

Для кожного проходу визначаємо опір деформації в умовах лінійного стиснення з урахуванням ступеня наклепу

$k = \frac{\sigma_{T.O} + \sigma_{T.1}}{2}$, МН/м^2; (2.13)

$k_1 = \frac{\sigma_{T.O} + \sigma_{T.1}}{2} = \frac{480 + 840}{2} = 660$ МН/м^2;

$k_2 = \frac{\sigma_{T.1} + \sigma_{T.2}}{2} = \frac{840 + 930}{2} = 885$ МН/м^2;

$k_3 = \frac{\sigma_{T.2} + \sigma_{T.3}}{2} = \frac{930 + 965}{2} = 948$ МН/м^2;

$k_4 = \frac{\sigma_{T.3} + \sigma_{T.4}}{2} = \frac{965 + 990}{2} = 978$ МН/м^2;

$k_5 = \frac{\sigma_{T.4} + \sigma_{T.5}}{2} = \frac{990 + 1000}{2} = 995$ МН/м^2.

Визначаємо довжину осередку деформації для кожного проходу, дані для визначення довжини осередку деформації приймаємо з попереднього розрахунка та заводських даних

$l = \sqrt{R \times \Delta h}$, мм; (2.14)

де:

R – радіус робочих валків, R = 250 мм;

Δh – абсолютний обтиск, мм;

$l_1 = \sqrt{R \times \Delta h_1} = \sqrt{250 \times 0{,}88} = 15$мм;

$l_2 = \sqrt{R \times \Delta h_1} = \sqrt{250 \times 0{,}56} = 12$мм;

$l_3 = \sqrt{R \times \Delta h_1} = \sqrt{250 \times 0{,}16} = 6$ мм;

$l_4 = \sqrt{R \times \Delta h_1} = \sqrt{250 \times 0{,}09} = 5$ мм;

$l_5 = \sqrt{R \times \Delta h_1} = \sqrt{250 \times 0{,}05} = 4$ мм.

Враховуючи, що відношення $\frac{b}{l}$ для усіх проходів > 5, приймаємо $n_b = 1{,}15$;

Для визначення n_σ''' попередньо визначаємо натяг

$\sigma = \sigma_т \times (0{,}3 \div 0{,}35)$, МН/м^2; (2.15)

$\sigma_o = \sigma_{To} \times 0{,}35 = 480 \times 0{,}35 = 168$ МН/м^2;

$\sigma_1 = \sigma_{T1} \times 0{,}35 = 840 \times 0{,}35 = 294$ МН/м^2;

$\sigma_2 = \sigma_{T2} \times 0{,}35 = 930 \times 0{,}35 = 326$ МН/м^2;

$\sigma_3 = \sigma_{T3} \times 0{,}35 = 965 \times 0{,}35 = 338$ МН/м^2;

$\sigma_4 = \sigma_{T4} \cdot 0{,}35 = 990 \cdot 0{,}35 = 347$ МН/м^2;

$\sigma_5 = \sigma_{To} \cdot 0{,}35 = 1000 \cdot 0{,}35 = 350$ МН/м^2.

Визначаємо коефіцієнт, який враховує вплив натягу

$n_\sigma''' = 1 - \frac{\sigma_O + \sigma_1}{2 \times k \times n_b}$; (2.16)

де:σ – натяг, МН/м^2;

k – опір деформації в умовах лінійного стиснення з урахуванням ступеню наклепу, МН/м^2;

n_b – коефіцієнт, який враховує вплив ширини штаби;

$$n_{\sigma 1}''' = 1 - \frac{\sigma_o + \sigma_1}{2 \times k_1 \times n_b} = 1 - \frac{168 + 294}{2 \times 660 \times 1{,}15} = 0{,}69;$$

$$n_{\sigma 2}''' = 1 - \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2 \times k_2 \times n_b} = 1 - \frac{294 + 326}{2 \times 885 \times 1{,}15} = 0{,}69;$$

$$n_{\sigma 3}''' = 1 - \frac{\sigma_2 + \sigma_3}{2 \times k_3 \times n_b} = 1 - \frac{326 + 338}{2 \times 948 \times 1{,}15} = 0{,}69;$$

$$n_{\sigma 4}''' = 1 - \frac{\sigma_3 + \sigma_4}{2 \times k_4 \times n_b} = 1 - \frac{338+347}{2 \cdot 978 \cdot 1{,}15} = 0{,}69;$$

$$n_{\sigma 5}''' = 1 - \frac{\sigma_4 + \sigma_5}{2 \times k_5 \times n_b} = 1 - \frac{347+350}{2 \cdot 995 \cdot 1{,}15} = 0{,}69.$$

Визначаємо коефіцієнт контактного тертя для кожного проходу

$$f_y = k_f \cdot \left(0{,}07 - \frac{0{,}1 \times V^2}{2 \times (1+V) + 3V^2}\right); \qquad (2.17)$$

де: k_f – коефіцієнт, враховуючий вплив змазки;

V – швидкість валків, м/с;

Згідно з використаною технічною літературою коефіцієнт враховуючий вплив змазки для емульсії буде дорівнювати 1,0; швидкість валків = 3,8 м/с.

$$f_{y.} = 1 \cdot \left(0{,}07 - \frac{0{,}1 \times 3{,}7^2}{2 \times (1+3{,}7) + 3 \times 3{,}7^2}\right) = 0{,}036.$$

Визначаємо першу номографічну величину

$$\left(\frac{f_y \times l}{h_{cp.}}\right)^2 = \left(\frac{f_y \times l}{h_O + h_1}\right)^2; \qquad (2.18)$$

де: f_y – коефіцієнт контактного тертя;

l – довжина осередку деформації, мм;

$h_{ср.}$ – товщина штаби, приймаємо з попереднього розрахунку, мм;

- для першого проходу:

$$\left(\frac{f_{y.} \times l_1}{h_{cp}}\right)^2 = \left(\frac{2 \times 0{,}043 \times 13}{3 + 2{,}28}\right)^2 = 0{,}039;$$

-для другого проходу:

$$\left(\frac{f_{y.}\times l_2}{h_{ср}}\right)^2=\left(\frac{2\times 0{,}043\times 11}{2{,}28+1{,}8}\right)^2=0{,}038;$$

- для третього проходу:

$$\left(\frac{f_{y.}\times l_3}{h_{ср}}\right)^2=\left(\frac{2\times 0{,}043\times 9}{1{,}8+1{,}49}\right)^2=0{,}13;$$

- для четвертого проходу:

$$\left(\frac{f_{y.}\times l_4}{h_{ср.}}\right)^2=\left(\frac{2\times 0{,}043\times 7}{1{,}49+1{,}29}\right)^2=0{,}10;$$

- для п’ятого проходу:

$$\left(\frac{f_{y.}\times l_5}{h_{ср.}}\right)^2=\left(\frac{2\times 0{,}043\times 5}{1{,}29+1{,}19}\right)^2=0{,}13.$$

Визначаємо другу номографічну величину

$$2\cdot\frac{R}{93000}\times\frac{f_y}{h_{ср.}}\times\left(1{,}15\times k-\frac{\sigma_O+\sigma_1}{2}\right);\qquad(2.19)$$

де:R – радіус робочого валка, згідно з технічною характеристикою обладнання стана R = 250 мм;

f_y – коефіцієнт контактного тертя;

$h_{ср.}$ – середня висота осередку деформації, мм;

k – опір деформації в умовах лінійного стиснення з урахуванням ступеня наклепу, МН/м^2;

σ – натяг, МН/м^2;

- для першого проходу:

$$2\times\frac{R}{93000}\times\frac{f_{y.}}{h_{ср.}}\times\left(1{,}15\times k_1-\frac{\sigma_O+\sigma_1}{2}\right)=2\times\frac{250}{93000}\times\frac{0{,}043\times 2}{5{,}28}\times\left(1{,}15\times 660-\frac{168+294}{2}\right)=$$

0,053;

- для другого проходу:

$$2\times\frac{R}{93000}\times\frac{f_{y.}}{h_{ср.}}\times\left(1{,}15\times k_2-\frac{\sigma_1+\sigma_2}{2}\right)=2\times\frac{250}{93000}\times\frac{0{,}043\times 2}{4{,}08}\times\left(1{,}15\times 885\times\frac{294+326}{2}\right)=$$

0,070;

- для третього проходу:

$$2\times\frac{R}{93000}\times\frac{f_{y.}}{h_{cp.}}\times\left(1{,}15\times k_3-\frac{\sigma_2+\sigma_3}{2}\right)=2\times\frac{250}{93000}\times\frac{0{,}043\times 2}{3{,}29}\times\left(1{,}15\times 948\times\frac{326+338}{2}\right)=$$

0,076;

- для четвертого проходу:

$$2\times\frac{R}{93000}\times\frac{f_{y.}}{h_{cp.}}\times\left(1{,}15\times k_4-\frac{\sigma_3+\sigma_4}{2}\right)=2\times\frac{250}{93000}\times\frac{0{,}043\times 2}{2{,}78}\times\left(1{,}15\times 978-\frac{338+347}{2}\right)=$$

= 0,078;

- для п’ятого проходу:

$$2\times\frac{R}{93000}\times\frac{f_{y.}}{h_{cp.}}\times\left(1{,}15\times k_5-\frac{\sigma_4+\sigma_5}{2}\right)=2\times\frac{250}{93000}\times\frac{0{,}043\times 2}{2{,}48}\times\left(1{,}15\times 995-\frac{347+350}{2}\right)=$$

= 0,079.

За номограмою М. Стоуна визначаємо значення х для усіх проходів

$x_1 = 0{,}28;$ (2.20)

$x_2 = 0{,}34;$

$x_3 = 0{,}29;$

$x_4 = 0{,}28;$

$x_5 = 0{,}25.$

Згідно отриманого значення х знаходимо по таблиці коефіцієнт, який враховує вплив зовнішнього тертя [1]

$n'_{\sigma.1} = 1{,}125;$ (2.21)

$n'_{\sigma.2} = 1{,}166;$

$n'_{\sigma.3} = 1{,}16;$

$n'_{\sigma.4} = 1{,}155;$

$n'_{\sigma.5} = 1{,}137.$

З величини $x = \frac{l_{cf}}{h_c}$ знаходимо $l_{c.}$

$$l_{c.} = \frac{x \times h_{cp.}}{f_{y.}}, \text{ мм;} \quad (2.22)$$

де: $h_{cp.}$ – середня висота осередку деформації, мм;

f_y – коефіцієнт контактного тертя;

$$l_{c.1} = \frac{x \times h_{cp.}}{f_{y.}} = 0{,}28 \times 4{,}052 \times 0{,}036 = 15{,}75 \text{ мм;}$$

$$l_{c.2} = \frac{x \times h_{cp.}}{f_{y.}} = 0{,}34 \times 2{,}682 \times 0{,}036 = 12{,}7 \text{ мм;}$$

$$l_{c.3} = \frac{x \times h_{cp.}}{f_{y.}} = 0{,}29 \times 1{,}82 \times 0{,}036 = 8 \text{ мм;}$$

$$l_{c.4} = \frac{x \times h_{cp.}}{f_{y.}} = 0{,}28 \times 1{,}712 \times 0{,}036 = 6 \text{ мм;}$$

$$l_{c.5} = \frac{x \times h_{cp.}}{f_{y.}} = 0{,}25 \times 1{,}572 \times 0{,}036 = 6 \text{ мм.}$$

Визначаємо контактний тиск по проходах

$$p_{cp.n} = k_n \times n_{b.} \times n'_{\sigma.n} \times n''_{\sigma.n} \times n'''_{\sigma.n} \quad (2.23)$$

$$p_{cp.1} = k_1 \times n_{b.} \times n'_{\sigma.1} \times n''_{\sigma.1} \times n'''_{\sigma.1} = 660 \times 1{,}15 \times 1{,}115 \times 1{,}0 \times 0{,}69 = 583 \text{ МН/м}^2;$$

$$p_{cp.2} = k_2 \times n_{b.} \times n'_{\sigma.2} \times n''_{\sigma.2} \times n'''_{\sigma.2} = 885 \times 1{,}15 \times 1{,}166 \times 1{,}0 \times 0{,}69 = 818 \text{ МН/м}^2;$$

$$p_{cp.3} = k_3 \times n_{b.} \times n'_{\sigma.3} \times n''_{\sigma.3} \times n'''_{\sigma.3} = 948 \times 1{,}15 \times 1{,}16 \times 1{,}0 \times 0{,}69 = 872 \text{ МН/м}^2;$$

$$p_{cp.4} = k_4 \cdot n_{b.} \cdot n'_{\sigma.4} \cdot n''_{\sigma.4} \cdot n'''_{\sigma.4} = 978 \cdot 1{,}25 \cdot 1{,}155 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}28 = 395 \text{ МН/м}^2;$$

$$p_{cp.5} = k_5 \cdot n_{b.} \cdot n'_{\sigma.5} \cdot n''_{\sigma.5} \cdot n'''_{\sigma.5} = 995 \cdot 1{,}25 \cdot 1{,}137 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}28 = 396 \text{ МН/м}^2.$$

Визначаємо зусилля прокатки для кожного проходу

$$P_1 = p_{cp.1} \times b \times l_{c1} = 583 \times 1{,}15 \times 0{,}015 = 10{,}05 \text{ МН;} \quad (2.24)$$

$$P_2 = p_{cp.2} \times b \times l_{c2} = 818 \times 1{,}15 \times 0{,}012 = 11{,}28 \text{ МН;}$$

$$P_3 = p_{cp.3} \times b \times l_{c3} = 872 \times 1{,}15 \times 0{,}007 = 8 \text{ МН;}$$

$P_4 = p_{ср.4} \cdot b \cdot l_{c4} = 896 \cdot 1{,}15 \cdot 0{,}009 = 7$ МН;

$P_5 = p_{ср.2} \cdot b \cdot l_{c5} = 898 \cdot 1{,}15 \cdot 0{,}007 = 6$ МН.

Підсумки розрахунку заносимо у таблицю

Таблиця 2.2 - Підсумки розрахунку

№ прох.	$\sigma_т$, МН/м^2	σ, МН/м^2	n'''_σ	n'_σ	L, мм	l_c, мм	1-а н.в.	2-ан.в.	x	$p_{ср}$, МН/м^2	P, МН
1	840	294	0,69	1,115	13	13	0,039	0,053	0,23	583	10,05
2	930	326	0,69	1,166	11	11	0,038	0,070	0,3	818	11,34
3	965	338	0,69	1,16	8	8	0,013	0,076	0,29	872	8
4	978	347	0,69	1,155	6	6	0,010	0,078	0,28	896	7
5	995	350	0,69	1,137	6	6	0,013	0,079	0,25	898	6

2.3 Розрахунок продуктивності стану

Знаходимо годинну продуктивність за наступною формулою

$$A_ч = \frac{3600 \cdot G \cdot k_1}{T \cdot k_2} \qquad (2.25)$$

де:G – вага рулону = 10 т

K_1 – коефіцієнт використання обладнання = 0,91

K_2 – витратний коефіцієнт = 1,097.

Визначити довжину раскату по проходах

$$l_0 = \frac{G}{h_0 \cdot b_0 \cdot p}, \text{ м} \quad (2.26)$$

$$l_0 = \frac{10}{0{,}003 \cdot 1{,}15 \cdot 7{,}85} = 369 \text{ м}$$

$l_i = l_i \cdot \mu_i$

$l_1 = l_0 \cdot \mu_1 = 369 \times 1{,}54 = 568$ м

$l_2 = l_1 \cdot \mu_2 = 568 \times 1{,}52 = 863$ м

$l_3 = l_2 \cdot \mu_3 = 863 \times 1{,}17 = 1009$ м

$l_4 = l_3 \cdot \mu_4 = 1009 \times 1{,}11 = 1112$ м

$l_5 = l_4 \cdot \mu_5 = 1112 \times 1{,}06 = 1178$ м.

Визначаємо машинний час

$$t = \frac{l}{v} = \frac{l}{v} \quad (2.27)$$

$$t_1 = \frac{l_1}{v} = \frac{568}{5} = 117 \text{ с}$$

$$t_2 = \frac{l_2}{v} = \frac{863}{5} = 172 \text{ с}$$

$$t_3 = \frac{l_3}{v} = \frac{1009}{5} = 201 \text{ с}$$

$$t_4 = \frac{l_4}{v} = \frac{1112}{5} = 222 \text{ с}$$

$$t_5 = \frac{l_5}{v} = \frac{1178}{5} = 235 \text{ с.}$$

Визначаємо сумарний машинний час

$$\sum t_м = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 \quad (2.28)$$

$$\sum t_м = 117 + 172 + 201 + 222 + 235 = 947 \text{ с}$$

Визначаємо час пауз

$\sum t_n$ = 290 с

- транспортування рулону з конвеєра на стіл – 7 с
- перекидання рулону з підводячого столу – 6 с
- перекидання рулону з розмотувача – 7 с
- поворот рулону, видача переднього кінця штаби до кліті – 50 с
- прохід переднього кінця штаби через стан – 30 с
- задача штаби в зев барабана моталки – 10 с
- прохід заднього кінця штаби через стан – 35 с
- зняття рулону з моталки – 15 с
- реверсування – 10 с.

Визначаємо ритм прокатки

$$T = \sum t_м + \sum t_n \qquad (2.29)$$

T = 947 + 290 = 1237 с.

Визначаємо годинну продуктивність

$$A_ч = \frac{3600 \times 10 \times 0{,}91}{1237 \times 1{,}097} = 24{,}14 \text{ т/г.} \qquad (2.30)$$

Визначаємо середньо-годинну продуктивність

$$A_{ср.ч} = \frac{П_{ч_1} \cdot Ψ + П_{ч_2} \cdot Ψ + П_{ч_3} \cdot Ψ + П_{ч_4} \cdot Ψ + П_{ч_5} \cdot Ψ}{100} \qquad (2.31)$$

де $Ψ$ - обсяг виробництва

$A_ч$ – відповідна продуктивність данної марки сталі.

Таблиця 2.3 - Вихідні дані для розрахунку середньої продуктивності

$N^n/_n$	Марка сталі	Продуктивність, т/г	Об'єм виробництва,%
1	Ст.15КП	28,4	12
2	Ст.1КП	29,6	16
3	10Г2	24,14	13
4	Ст.3ПС	27,8	14
5	08КП	28,9	45

$$Аср.ч = \frac{1}{\frac{0,12}{28,4}+\frac{0,16}{29,6}+\frac{0,13}{24,14}+\frac{0,14}{27,8}+\frac{0,45}{28,9}} = \frac{1}{0,0317} = 28,07 \text{ т/ч.}$$

2.4 Висновки до розділу

У результаті виконаних розрахунків у технологічній частині були визначені основні параметри процесу деформації, розраховані енергосилові характеристики прокатного процесу, а також техніко-економічні показники виробництва.

Отримані результати підтверджують доцільність обраного технологічного процесу з погляду енерговитрат та економічної ефективності. Проведені розрахунки дозволяють оптимізувати режим прокатки, забезпечити необхідну якість готової продукції та знизити витрати на виробництво.

3 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА

Розрахунок технологічного інструменту та вузлів прокатного обладнання на міцність, жорсткість тощо.Розрахунок валків на міцність здійснюємо по максимальному зусиллю прокатки згідно попереднього розрахунку.

Визначаємо розподіл зусилля між опорними і робочими валками по формулам, враховуючи, що згідно заводських даних максимальний діаметр валків після перешліфовки становить $D_{оп.}$= 1420 мм, $D_{р.}$ = 500 мм

$$\left(D_{оп.} / D_{р.}\right)^4 = \left(1{,}42 / 0{,}5\right)^4 = 65; \quad (3.1)$$

$$P_{р.} = \frac{P_{мак.}}{1+\left(D_{оп.} / D_{р.}\right)^4}, \text{ МН};$$

$P_{мак.}$ – максимальне зусилля прокатки, $P_{мак.}$ = 11,28 МН;

$P_{р.} = \frac{11.28}{1+65}$ = 0,17 МН;

$P_{оп.} = P_{мак.} - P_{р.}$, МН;

$P_{р.}$ – зусилля прокатки яке сприймають робочі валки, $P_{р.}$ = 0,17 МН;

$P_{оп.}$ = 11,28 – 0,17 = 11,11 МН.

Таким чином, робочі валки сприймають тільки $\frac{0{,}17}{11{,}28} \times 100\%$ = 1,3% від загального тиску на валки при прокатці.

Визначаємо крутний момент за формулою

$M_{кр.} = M_{пр.} + M_{тр.} \pm M_{н.}$, МН·м ; (3.2)

де:

$M_{пр.}$ – момент прокатки;

$M_{тр.}$ – момент тертя;

$M_{н.}$ – момент від дії натягу.

Визначаємо момент прокатки

$$M_{пр.} = P \cdot \psi \cdot \sqrt{R_2 \times \Delta h_2}, \text{ МН·м;} \quad (3.3)$$

P – зусилля прокатки, МН;

Ψ – коефіцієнт, який показує частину від довжини осередку деформації складає плече ψ = 0,35;

R – радіус робочих валків, згідно з технічною характеристикою обладнання стана R = 250 мм;

Δh – абсолютний обтиск метала, згідно попереднього розрахунку Δh = 0,48 мм;

$M_{пр.} = 11{,}28 \times 0{,}35 \times \sqrt{250 \times 0{,}00056} = 0{,}014$ МН·м.

Визначаємо момент тертя

$$M_{тр.} = P \times d_{оп.} \times f_n \cdot \frac{Dp.}{Don.}, \text{ МН·м;}$$

(3.3)

$d_{оп.}$ – діаметр шийки опорного валка, згідно з технічною характеристикою обладнання стана $d_{оп.}$= 890 мм;

$D_{р.}$, $D_{оп.}$ – діаметри бочки відповідно робочого і опорного валків, згідно з технічною характеристикою обладнання стана $D_{р.}$ = 500 мм, $D_{оп.}$= 1420 мм;

$$M_{тр.} = 11{,}28 \times 0{,}89 \times 0{,}014 \times \frac{0{,}5}{1{,}42} = 0{,}049 \text{ МН·м.}$$

Визначаємо момент від дії натягу

$$M_{н.} = (Q_1 - Q_2) \cdot R, \text{ МН·м;} \quad (3.4)$$

$M_{н.} = (0{,}7709 - 0{,}5584) \cdot 0{,}25 = 0{,}053$ МН·м.

Визначаємо крутний момент

$M_{кр} = M_{пр}+M_{тр}+M_{н}$, МН·м (3.5)

$M_{кр.} = 0,014 + 0,049 + 0,053 = 0,116$ МН·м.

Визначаємо максимальний згинаючий момент в середині бочки опорного валка

$$M_{зг.оп.} = \frac{P_{оп.}}{4}\cdot\left(a-\frac{b}{2}\right), \text{ МПа;} \quad (3.6)$$

$P_{оп.}$ – тиск металу сприймаємий опорними валками, МН;

b – ширина штаби, мм;

$$a = l_{б.оп.} + \frac{l_{ш.оп._1}}{2}+\frac{l_{ш.оп._2}}{2}, \text{ мм.}$$

$l_{б.оп}$ – довжина бочки опорного валка, мм;

$l_{ш.}$ – довжина шийки опорного валка, мм;

$$a = l_{б.оп.} + \frac{l_{ш.оп._1}}{2}+\frac{l_{ш.оп._2}}{2} = 1,76 + \frac{0,78}{2}+\frac{0,78}{2} = 2,54 \text{ м;} \quad (3.7)$$

$$M_{зг.оп} = \frac{11,28}{4} \times 2,54 - \frac{1,15}{2} = 6,58 \text{ МПа.}$$

Визначаємо максимальний згинаючий момент в середині бочки робочого валка

$$M_{зг.р.} = \frac{P_{р.}}{4}\cdot\left(a'-\frac{b}{2}\right), \text{ МПа;} \quad (3.8)$$

$P_{р.}$ – тиск металу сприймаємий робочими валками, МН;

$$a' = l_{б.р.} + \frac{l_{ш.р._1}}{2}+\frac{l_{ш.р._2}}{2}, \text{ мм;}$$

$l_{б.р.}$ – довжина бочки робочого валка, мм;

$l_{ш.}$ – довжина шийки робочого валка, мм;

$$a' = l_{б.р.} + \frac{l_{ш.р._1}}{2}+\frac{l_{ш.р._2}}{2} = 1,68 + \frac{0,25}{2}+\frac{0,25}{2} = 1,93 \text{ м;}$$

$$M_{зг.р.} = \frac{0,2}{4}\cdot\left(1,93-\frac{1,15}{2}\right) = 0,047 \text{ МПа.}$$

Визначаємо напруження вигину в бочці опорного валка

$$\sigma_{б.оп.} = \frac{M_{зг.оп.}}{0{,}1 \cdot D^3}, \text{ МПа;} \qquad (3.9)$$

$M_{зг.оп.}$ – згинаючий момент діючий в розглянутому перетині бочки опорного валка, МПа;

$D_{оп.}$ – діаметр бочки опорного валка, згідно з технічною характеристикою обладнання стана $D_{оп.}$ = 1420 мм;

$\sigma_{б.оп} = \frac{6{,}58}{0{,}15 \times 0{,}5} = 87{,}7$ МПа.

Визначаємо напруження вигину в бочці робочого валка

$$\sigma_{б.р.} = \frac{M_{зг.р.}}{0{,}1 \cdot D^3}, \text{ МПа;} \qquad (3.10)$$

$M_{зг.р.}$ – згинаючий момент діючий в розглянутому перетині бочки робочого валка, МПа;

$D_{р.}$ – діаметр бочки робочого валка, згідно з технічною характеристикою обладнання стана $D_{р.}$ = 500 мм;

$\sigma_{б.р.} = \frac{0{,}047}{0{,}15 \times 0{,}5} = 5{,}4$ МПа.

Визначаємо напруження вигину в шийці опорного валка

$$\sigma_{ш.оп.} = \frac{P_{оп.} \cdot l_{ш.}}{0{,}4 \cdot d^3}, \text{ МПа;} \qquad (3.11)$$

$P_{оп.}$ – тиск металу сприймаємий опорними валками, МН;

$l_{ш.}$ – довжина шийки опорного валка, мм;

$d_{оп.}$ – діаметр шийки опорного валка, мм;

$\sigma_{ш.оп} = \frac{11{,}11 \times 0{,}78}{0{,}4 \times 0{,}89} = 24{,}65$ МН.

Визначаємо запас міцності опорного валка

$$n_{оп.} = \frac{\sigma_{в.}}{\sigma_{ш.оп.}}; \quad (3.12)$$

$\sigma_{в.}$ – межа міцності матеріалу валка на вигин;

$\sigma_{ш.оп.}$ – напруження вигину в шийці опорного валка, МПа;

$n_{оп.} = \frac{750}{24,65} = 30,4.$

Визначаємо напруження вигину в шийці робочого валка

$$\sigma_{ш.р.} = \frac{P_{р.} \cdot l_{ш.}}{0,4 \cdot d^3}, \text{ МПа}; \quad (3.13)$$

$P_{р.}$ – тиск металу сприймаємий робочими валками, МН;

$l_{ш.}$ – довжина шийки робочого валка, мм;

d – діаметр шийки робочого валка, мм;

$\sigma_{ш.р.} = \frac{0,15 \times 0,25}{0,4 \times 0,26} = 5,3$ МПа.

Визначаємо напруження крутіння на шийці робочого валка

$$\tau_{ш.р.} = \frac{M_{кр.}}{0,2 \cdot d^3}, \text{ МПа}; \quad (3.14)$$

$M_{кр.}$ – крутячий момент, МН·м;

$d_{ш.р.}$ – діаметр шийки робочого валка, згідно з технічною характеристикою обладнання стана $d_{ш.р.} = 260$ мм;

$\tau_{ш.р.} = \frac{11,11}{0,2 \times 0,26} = 24$ МПа.

Визначаємо результуюче напруження

$$\sigma_{рез.} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}, \text{ МПа}; \quad (3.15)$$

σ – напруження вигину в шийці робочого валка, МПа;

τ – напруження крутіння на шийці робочого валка, МПа;

$\sigma_{рез.} = \sqrt{7,17 + 3 \times 24} = 8,9$ МПа.

Визначаємо запас міцності робочих валків

$$n_{роб.} = \frac{\sigma_{в.}}{\sigma_{рез.}};$$

$\sigma_{в.}$ – межа міцності матеріалу валка на вигин;

$\sigma_{рез.}$ – результуюче напруження, МПа;

$$n_{роб.} = \frac{750}{8,9} = 84,2.$$

3.2 Висновки до розділу

На основі попереднього розрахунку максимального зусилля прокатки було здійснено розрахунок валків на міцність. Також виконано перевірку технологічного інструменту та вузлів прокатного обладнання.

Результати показали, що запас міцності валків забезпечено, що гарантує надійність і безпечну експлуатацію прокатного устаткування в умовах реального виробництва.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕНА БЕЗПЕКА

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я й працездатності людини в процесі трудової діяльності (стаття 1 закону «Про охорону праці» від 21.11.02).

Правовою основою охорони праці на ПАТ «Запоріжсталь» є Конституція України, закони України: «Про охорону праці», «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування», «Про охорону здоров'я», «Про пожежну безпеку», Кодекс законів про працю (КЗпП), а також підзаконні нормативні акти: Правила охорони праці в прокатному виробництві підприємств металургійного комплексу (НПАОП 27.1-1.04-09); Правила охорони праці в металургійній промисловості; «Порядок розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві», а також розроблене на їх основі «Положення про систему управління охороною праці на ПАТ «Запоріжсталь».

4.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації реверсивного стану 1680

На реверсивному стані холодної прокатки 1680 застосовується реверсивний процес прокатки, тобто метал знаходиться відразу у всіх клітях, які зменшують час процесу прокатки і кількість допоміжних операцій, це зменшує можливі випадки травматизму.

Умови праці під час холодної прокатки більш сприятливі внаслідок незначних тепловиділень і відсутності пилу. Але слід зазначити, що умови роботи на реверсивному стані 1680 ускладнюються тим, що робоча зона розташована в безпосередній близькості до стану і не захищена закритою

кабіною. В повітрі можлива наявність високомолекулярних жирних кислот, оксиду вуглецю, хлору. Тому реверсивний стан холодної прокатки 1680 повинен бути обладнаний місцевою витяжною вентиляцією.

Небезпечними виробничими факторами на прокатному стані є наступні: захоплювання валками і сполучними шпинделями; затягування рук при подачі кінців рулонів в розмотуючі і змотуючі барабани; удари кінцем листа з боку намотувального барабана; спостерігаються випадки травмування частинами уламків, які відлітають при розриві прокатуваного листа; пари змащувально-охолоджувальної рідини можуть викликати подразнення слизової оболонки верхніх дихальних шляхів.

Технічні засоби безпеки на стані холодної прокатки повинні виключати можливість: ведення процесу при несправності кінцевих вимикачів, пристроїв заземлення, огороджень; вимикання стану при перебуванні працюючих в небезпечній зоні біля стану. Щоб уникнути травмування повинні бути виключені всі роботи з ручним завданням або іншими операціями на стані шляхом механізації й автоматизації роботи прокатного стану. Для запобігання травмуванню робітників сполучні шпинделі і муфти огороджують не тільки збоку, але і зверху. Для запобігання виходів розкатів в сторону прокатне поле рекомендується огороджувати міцними суцільними бортами з нахилом.

У зв'язку з можливістю відколювання і відльоту уламків металу від валків під час прокатки, а також розриву штаби, збоку клітей необхідно встановити запобіжні металеві сітки.

Запобіжні кожухи прокатного стану необхідно обов'язково обладнати блокуванням, що виключає можливість включення стана при їх відсутності.

Вентилі, які регулюють подавання емульсії, мають бути винесені убік від клітей на безпечну відстань. На клітях повинні бути встановлені відбивні щитки, які перешкоджають розбризкуванню емульсії на робочі місця.

Травмонебезпечні операції по стропуванню і перевезенню валків на візку. Візок повинен завантажуватися не вище бортів. При стропуванні і знятті валків працюючий повинен знаходитись збоку візка.

Вальцювальники і їх підручні повинні дотримуватися ряду правил техніки безпеки. Насамперед, це стосується робіт, пов'язаних з перебуванням працюючих біля робочої кліті стану: перевалка, зачистка, чистка емульсивного колектора. Перед пуском стана вальцювальник зобов'язаний перевірити справність стану, наявність необхідних огорож і запобіжних пристроїв, переконатися у відсутності робітників поблизу частин стану і допоміжного обладнання, що обертаються. Після цього подати встановлений сигнал.

4.2 Заходи з поліпшення праці, пожежної безпеки тощо

На ділянці стана на здоров'я робітників впливають шкідливі хімічні і психологічні чинники технологічного процесу: підвищені рівні шуму, запиленість, загазованість, низька освітленість.

До виробничої санітарії відносяться: обладнання приміщень вентиляцією, опалюванням і іншими санітарно-технічними пристроями; оснащення вбиралень, душових, вмивальних і інших санітарно-побутових приміщень; забезпечення працівників індивідуальними засобами захисту; запобігання забрудненню довкілля рідинами, газами, парами, випромінюваннями, шумами.

Таблиця 4.1 - Витяг з карти умов праці безперервного чотирьох-клітьового стану 1680 щодо вальцювальників.

Фактори	**ГДР**	**Фактично**
Пил, мг/м^3	4,0	4,4284
Ангідрид сірчаний, мг/м^3	10,0	5,9
Оксид вуглецю, СО (мг/м^3)	20,0	10,2
Шум, Дб	80	97,1
Виробниче освітлення, лк	75	37

4.2.1 Мікроклімат

Стан повітря робочої зони в виробничому приміщенні називають мікрокліматом або метеорологічними умовами.

Мікроклімат визначається такими параметрами, як температурою повітря в приміщенні, відносною вологістю повітря, рухливістю повітря.

В холодну пору року температура повітря 18 - 20°С прийнятна, якщо людина виконує легку роботу, якщо ж людина виконує фізичну роботу, то для створення комфорту температура навколишнього повітря повинна бути порядку 14 - 17 °С.

Температура повітря в цеху в літню пору року не повинна перевищувати на 5°С температуру зовнішнього повітря, в той же час не повинна бути більше 28°С.

Параметри мікроклімату на реверсивному стані 1680 наводяться в таблиці 6.2.2.

Таблиця 4.2 - Параметри мікроклімату на реверсивномустані 1680

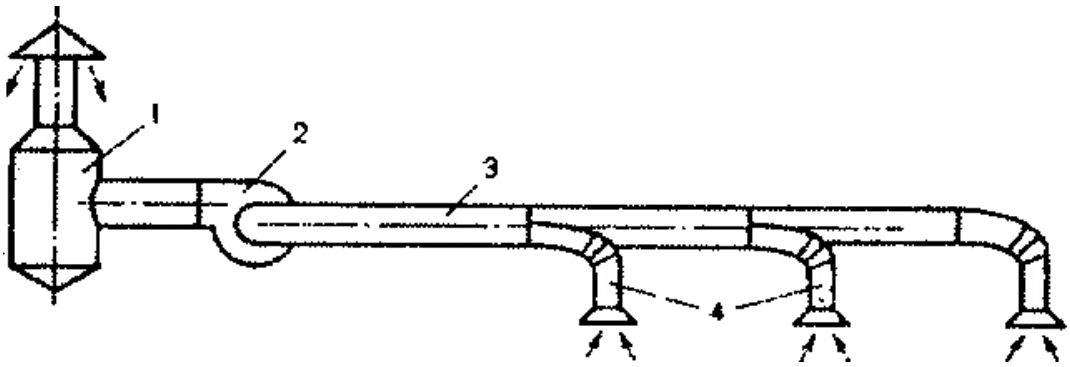
Микроклімат:		
Фактори	ГДР	Фактично
Температура, °С	15 - 27	33,2
Відносна вологість, %	55	47
Швидкість повітря, м/с	0,2 - 0,5	0,8

4.2.2 Склад повітря робочої зони

Шкідливі речовини, які потрапили в організм, можуть викликати отруєння (гострі та хронічні). Шкідливі речовини поділяються на хімічні речовини і виробничий пил.

Основним шкідливим фактором на багатьох промислових підприємствах є пил. Пил обумовлена недосконалістю технологічного процесу та обладнання.

Запобігання проникнення шкідливих речовин у повітря робочої зони досягається за рахунок герметизації обладнання, поліпшення з'єднань, люків та отворів, удосконалення технологічного процесу; видалення шкідливих речовин, які потрапляють у повітря робочої зони за рахунок вентиляції, аспірації або очищення і нормалізації повітря за допомогою кондиціонерів; застосування засобів захисту людини. Схема витяжної вентиляції представлена на рисунку 4.2.



1 - пристрій очистки;

2 - вентилятор;

3 - центральний повітропровід;

4 - допоміжний повітропровід.

Рисунок 4.2. - Схема загальнообмінної витяжної вентиляції

На безперервному травильному агрегаті №4 існує небезпека потрапляння в атмосферу приміщення парів і бризк травильного розчину. Захист робітників від даної небезпеки досягається: видаленням парів (HCl) з робочої зони за допомогою аераційних ліхтарів; герметизацією всього обладнання ділянок травлення, газоочистки, регенерації; оснащенням травильних і промивних ванн системами вентиляції та газоочистки, що виключають викиди парів соляної кислоти в атмосферу цеху та обладнання кабін мостових кранів, що працюють в травильному відділенні, приточною вентиляцією.

4.2.3 Виробниче освітлення

Правильне раціональне освітлення має велике значення при виконанні роботи.

Стан освітлення виробничих приміщень відіграє важливу роль і для попередження виробничого травматизму. Багато нещасних випадків на виробництві відбувається через погане освітлення. Втрати через це становлять значні суми, а головне, людина може загинути або стати інвалідом. Тому необхідно раціонально організувати виробниче освітлення на підприємстві.

Раціональне освітлення повинно відповідати таким вимогам: бути достатнім (відповідним нормі); рівномірним; не утворювати тіней на робочій поверхні; не засліплювати працюючого; напрямок світлового потоку має відповідати зручному виконанню роботи. Це сприяє підтримці високого рівня працездатності, зберігає здоров'я людини та зменшує травматизм.

Залежно від джерела світла виробниче освітлення може бути трьох видів: природне, штучне і суміщене.

4.2.4 Виробничий шум

Виробничим шумом називається шум на робочих місцях, на ділянках або на територіях підприємств, який виникає під час виробничого процесу, хаотичне поєднання різних за частотою і силою звуків.

Підвищений шум впливає безпосередньо на різні відділення головного мозку, змінюючи нормальні процеси нервової діяльності. Характерним впливом шуму є скарги на підвищення стомлюваності, загальну слабкість, роздратування, апатію, погіршення пам'яті, пітливість та інші нездужання. Практикою встановлено також вплив шуму на органи зору людини - зниження гостроти зору і зниження чутливості розрізнення кольорів. Страждає від шуму також вестибулярний апарат, порушуються функції шлунково-кишкового тракту, підвищується внутрішньочерепний тиск, порушуються процеси обміну в організмі та ін.

Рівень шуму в робочій зоні вальцівника за картою умов праці складає 97,1 дБ, що перевищює ГДР (80 дБ)

Для зменшення шуму при роботі на реверсивному стані 1680 необхідно застосувати звукоізоляцію і звукопоглинання.

Звукоізолюючі кожухи, екрани, стіни, перетинки виготовляють із щільних твердих матеріалів, здатних добре відображати звукові хвилі, запобігаючи їх поширення (метал, пластмаса, бетон, цегла).

Для захисту від шуму, який випромінюється в діапазоні високих і середніх частот, застосовуються акустичні екрани - це щити, облицьовані металом з боку джерела шуму звуковбирними матеріалом завтовшки не менше 50 - 60 мм. Їх призначення - зниження інтенсивності прямого звуку або відбитого шуму, які направляються на працівника. Екран є перепоною, за якою

утворюється акустична тінь із низьким рівнем звукового тиску. Обов'язково використання засобів індивідуального захисту.

4.2.5 Пожежна безпека

Правовою основою діяльності в галузі пожежної безпеки є Закон України «Про пожежну безпеку», ПБЕ, ДСТУ В,1.1-36:2016.

Згідно ДСТУ В,1.1-36:2016 пожежна безпека об'єкту забезпечується системою запобігання пожежі, системою пожежного захисту і заходами організаційного характеру.

4.2.6 Технічні рішення системи запобігання пожежі

Система запобігання пожеж включає, передусім, два основних напрямки: попередження утворення горючого середовища і попередження виникнення в займистму середовищі або внесення в це середовище джерела загоряння.

Найбільш радикальним заходом попередження утворення горючого середовища є заміна горючих речовин і матеріалів, які використовуються, на негорючі та важкозаймисті.

Запобігання формуванню горючого середовища досягається: застосуванням герметичного виробничого обладнання; обмеженням кількості застосовуваних і збережених пожежонебезпечних і вибухонебезпечних речовин, а також правильним їх розміщенням; ізоляцією гарячого та вибухонебезпечного середовища; застосуванням робочої та аварійної вентиляції; застосуванням робочої та аварійної сигналізації.

З метою запобігання формування горючого середовища при роботі реверсивного стану 1680 необхідно дотримуватись певних правил при його експлуатації.

Мастилопроводи систем управління та централізованого змащування стана повинні проводитися з негорючих матеріалів. Системи гідроприводу повинні бути обладнані пристроєм для автоматичного перекриття напірних засувок при обриві маслопроводу. Вентиляційні пристрої тунелів і маслопроводів повинні автоматично вимикатися в разі виникнення пожежі.

Запобігання виникненню в займистому середовищі джерела запалення досягається: використанням устаткування і пристроїв, при роботі яких не виникає джерел займання; виконанням вимог спільного зберігання речовин і матеріалів; використанням обладнання, що задовольняє вимогам електростатичної іскробезпеки.

Одним з найпоширеніших засобів є використання електрообладнання, яке відповідає за своїм виконанням пожежонебезпечним і вибухонебезпечним зонам, групам і категоріям вибухонебезпечних сумішей.

4.2.7 Технічні рішення системи протипожежного захисту

Система пожежного захисту - це сукупність організаційних заходів, а також технічних засобів, спрямованих на запобігання впливу на людей небезпечних факторів пожежі та обмеження матеріального збитку від нього.

При проектуванні промислових підприємств мають бути забезпечені необхідні вимоги пожежної безпеки. До цих вимог відносяться: раціональне розміщення будівель і споруд на території підприємства з урахуванням вибухової, вибухопожежної і пожежної небезпеки технологічних процесів окремих цехів і інших виробничих об'єктів, а також з врахуванням створення оптимальних умов для запобігання поширенню і ліквідації пожеж; наявність доріг, що забезпечують безперешкодний під'їзд пожежних підрозділів у разі виникнення пожежі; раціональне розташування комунікацій з урахуванням вимог пожежної безпеки.

Протипожежні перешкоди влаштовують для запобігання поширенню пожежі. До них відносяться перекриття, що не згорають, і протипожежні стіни.

Для подачі пожежної тривоги на території підприємства необхідно встановити звукові сигнали.

Територію і кожне приміщення підприємства потрібно забезпечити необхідною кількістю первинних засобів пожежогасіння та встановити спеціальні щити пожежного інвентарю.

З настанням холодної пори року вогнегасники та бочки з водою потрібно забирати з не опалювальних приміщень і встановлювати їх в опалювальних приміщеннях. На території і в приміщенні цеху, відділення, вивішуються вказівники найближчого місця розташування засобів пожежогасіння.

Внутрішні пожежні крани варто встановлювати в доступних місцях - на виходах, у вестибюлях, коридорах, проходах і т.п. При цьому їх розташування не повинно заважати евакуації людей.

Кожен пожежний кран має бути укомплектований пожежним рукавом однакового з ним діаметра та стволом, а також важелем для полегшення відкриття вентиля.

Відповідно до ДСТУ В,1.1-36:2016 ЦХП відноситься до категорії «В», тому що в цеху застосовуються негорючі речовини і матеріали в гарячому, розжареному або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променевого тепла, іскор, полум'я, горючих газів, рідини , твердих речовин, які спалюються або утилізуються як паливо.

Згідно з ПБЕ, ЦХП відноситься до пожежонебезпечного класу П - IIа, так як в цеху знаходяться тверді горючі речовини і матеріали.

ЦХП за ступенем небезпеки ураження електрострумом належить до 1-ї категорії. Так як в цеху в літню пору року температура повітря перевищує 30°С, також є струмопровідний пил.

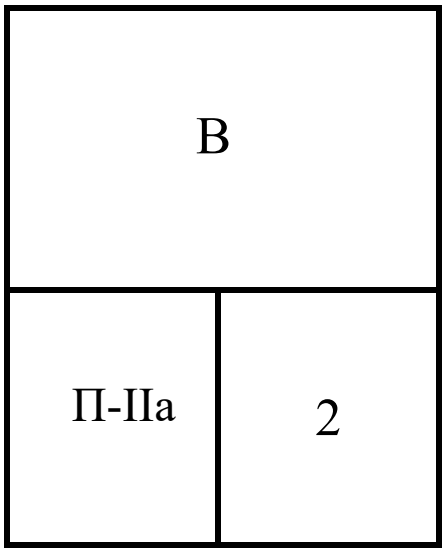


Рисунок 4.3 – Знак пожежонебезпеки

4.3 Висновки до розділу

У розділі «Охорона праці та техногенна безпека» розглянуто основні заходи щодо забезпечення безпеки працівників на реверсивному стані. а також дії при аварійних ситуаціях. Запропоновано заходи щодо підвищення безпеки за рахунок модернізації систем

ВИСНОВКИ

В проєкті розглянуті заходи щодо поліпшення якості штаби і зменшення витрат металу :

- одним з напрямків поліпшення поперечної різнотовщинності поліпшення валків. Особливої уваги заслуговує розробка способів мобільного впливу на профіль валкового зазору і, відповідно, профіль штаби і листів в процесі прокатки. Одним із способів швидкого впливу на профіль прокатної щілини є осьове зміщення робочих валків типу CVC;

- У зв'язку з впливом натягу на якість холоднокатаного листа здійснюється встановлення сучасних заходів автоматичних систем виміру і регулювання як натягу, так і інших параметрів прокатки;

- Економія металу, підвищення продуктивності шляхом одночасного

збирання готового рулону і зварювання. Спосіб полягає в тому, що прокатку штаби ведуть без обтиснення переднього і заднього кінців, так як вони закріплені на моталці, потім необтиснений кінець попереднього рулону відрізають, приварюють до подальшого рулону і здійснюють подальшу прокатку.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. В.М. Данченко, В.О. Гринкевич, О.М. Головко Теорія процесів обробки металів тиском: Підручник. Дніпро: ПОРОГИ, 2008. 370 с

2. Я.Д. Василев, О.А. Мінаєв Теорія поздовжньої прокатки: Підручник. Донецьк: УНІТЕХ, 2009. 488с.

3. О.П. Грудєв, Л.Ф. Машкін Технологія прокатного виробництва: Київ: АРТ.- Бізнес – Центр. Київ, 1994. 651с.

4. В. Попович, В. Голубець Технологія конструкційних металів і матері- алознавство: Навчальний посібник. Суми: ВТД Університецька книга 2020. 260с.

5. В.А. Ніколаєв Холодна прокатка штаби Запоріжжя: ЗДІА. 2004. 154с

6. Б.П. Середа, Обробка металів тиском. Учб. Посібник: Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2005. 243 с.

7. І.М. Бойчик Економіка Навчальний посібник Київ: Атіка 2004. 180с.

8. В.О. Ніколаєв Теорія та обладнання точної прокатки штаб: методичні рекомендації до виконання практичних завдань, контрольних і самостійних робіт для здобувачів ЗДІА напряму 8.0504104 ”Обробка металів тиском”. Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 52 с

9. «Металургія», рівня вищої освіти «Магістр» денної і заочної форм навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 42 с.

10. О. В. Явтушенко, В. М. Проценко, О. О. Корнілов Розрахунок валків прокатних станів на міцність і деформацію у програмному комплексі «AutoCAD Mechanical». Металургія : Збірник наукових праць. Запоріжжя , 2018. Вип. 2 (40). С. 85 – 90.

11. ДСТУ 3008 : 2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення. [На заміну ДСТУ 3008-95. Чинний від 2017-07-01]. Київ : Держстандарт України, 1995. 26 с. (Інформація та документація).

12. В. О. Ніколаєв Теорія прокатки штаб : навчальний посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2014. 259 с.

13. В. Р. Румянцев, І. О. Кутузова Профілактика виробничого травматизму та професійних захворювань : навч. посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2015. 132 с.

14. В. М. Проценко Обтискне та сортове виробництво : методичні вказівки до лабораторних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності 136 "Металургія" освітньо-професійної програми "Металургія". Запоріжжя : ЗНУ, 2020. 51 с.