

Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет

(центральний офіс державної адміністрації університету)

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

(назва факультету)

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

(назва кафедр)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної магістерської роботи

рівень вищої освіти другий (магістерський)

(другий (магістерський) рівень)

на тему Вплив технологічного мастила на якість металу при прокатуванні штаб на неперервних станах

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1362-омт

Клименко Данило Євгенович

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

136 Металургія

(номер і назва)

спеціалізація

(номер і назва)

освітньо-професійна програма

обробка металів тиском

(номер і назва)

Керівник к.т.н. доц. Бондаренко Ю.В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент Белоконь Ю.О.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Запоріжжя – 2023 року

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім Ю.М. ПОТЕБНИ**

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

Рівень вищої освіти другий магістерський рівень

(другий (магістерський) рівень)

Спеціальність 136 металургія

(спеціальність)

Освітньо-професійна програма обробка металів тиском

(спеціальність)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МТЕТБ

Ю.О. БЕЛОКОЇ

" 07 " 05 2023 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ) СТУДЕНТУ**

Клименко Данило Євгенович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Вплив технологічного мастила на якість металу при прокатуванні штаб на неперервних станах

керівник роботи (проекту) Бондаренко Юлія Володимирівна к.т.н, доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від "07" 05 2023 року № 632с від 01.05.2023

2. Строк подання студентом роботи (проекта) 01.12.2023

3. Вихідні дані до роботи (проекта) експериментально дослідити можливості підвищення початкової в'язкості рідких мастильних речовин шляхом впливу на них тиском для збільшення товщини мастильної плівки та підвищення ефективності їх дії в осередку деформації.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Реферат. Вступ. Аналітично-поміткова частина. Дослідницько-розрахункова частина, Визначення ефективності технологічних мастил по коефіцієнту напруженого стану при прокатуванні штаб із алюмінію, Охорона праці та техногенна безпека, Висновки. Перелік джерел посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових зреслень)
Креслення презентаційний матеріал 19 слайдах (на 19 сторінках)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата |
|--|---|------------------|
| | | завдання прийняв |
| <u>Розділ 1</u> <u>Дослідницько-розрахункова частина</u> | <i>Бондаренко Ю.В., доцент</i> | |
| <u>Розділ 2</u> <u>Експериментальна та розрахункова частина</u> | <i>Бондаренко Ю.В., доцент</i> | |
| <u>Розділ 3</u> <u>Визначення ефективності технологічних мастит по коефіцієнту напруженого стану при прокатуванні штаб із алюмінію</u> | <i>Бондаренко Ю.В. доцент</i> | |
| <u>Розділ 4</u> <u>Охорона праці та техногенна безпека</u> | <i>Бондаренко Ю.В. доцент</i> | |
| <u>Нормоконтроль</u> | <i>Белоконь Ю.О. завідувач кафедри</i> | |

7. Дата видачі завдання 07.05.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту (роботи) | Срок виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|-------|--|--|----------|
| 1 | <u>Вступ</u> | <i>до 30.11.2023</i> | |
| 2 | <u>Реферат</u> | <i>до 30.11.2023</i> | |
| 3 | <u>Аналітично-пошукова частина</u> | <i>до 30.06.2023</i> | |
| 4 | <u>Експериментальна та розрахункова частина</u> | <i>до 19.11.2023</i> | |
| 5 | <u>Визначення ефективності технологічних мастит по коефіцієнту напруженого стану при прокатуванні штаб із алюмінію</u> | <i>до 26.11.2023</i> | |
| 6 | <u>Охорона праці та техногенна безпека</u> | <i>до 30.11.2023</i> | |
| 7 | <u>Висновки</u> | <i>до 30.11.2023</i> | |

Студент _____ *Клименко Д.Є.*
(підпис) (підписати та вказати дату)

Керівник проекту (роботи) _____ *Ю.В. Бондаренко*
(підпис) (підписати та вказати дату)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра: 79 с., 17 рис., 5 табл., 24 джерел посилання.

ВИПЕРЕДЖЕННЯ, ПОКАЗНИК ТЕРТЯ, СИЛА ПРОКАТКИ, ПОЛОСА, КОЕФІЦІЄНТ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ, ТЕХНОЛОГІЧНІ МАСТИЛА, ДОВЖИНА ДУГИ КОНТАКТУ, ЕМУЛЬСІЯ, ШТАБА.

Об'єкт дослідження - дослідження впливу технологічних мастил на вдосконалення режиму деформації штаб при холодному прокатуванні .

Мета роботи – експериментально дослідити можливості підвищення початкової в'язкості рідких мастильних речовин шляхом впливу на них тиском для збільшення товщини мастильної плівки та підвищення ефективності їх дії в осередку деформації.

Експериментально показано, що збільшення в'язкості мастила зменшує енергосилові параметри прокатування алюмінієвих зразків до 10-18%.

Ефективність мастила – індустріальне 20 і емульсії по різних показникам при прокатуванні практично однакові, а різниця складає 1-3% .

Охолоджуюча здатність звичайних прокатних емульсій (концентрацією 2-5%) практично така ж як у води. Найбільш універсальною для холодної прокатки є прокатна емульсія концентрацією 2-5%.

В розділі «Охорона праці та техногенна безпека» було проведено аналіз умов праці на робочому місці в приміщенні лабораторії. Виявлені шкідливі та небезпечні фактори виробничого середовища і розроблені заходи, націлені на утворення безпечних умов праці, що відповідають вимогам усіх норм і стандартів з охорони праці.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| Вступ..... | 7 |
| 1. Аналітично пошукова частина..... | 9 |
| 1.1 Стан проблеми..... | 9 |
| 1.1.1 Умови прокатки штаб н неперервних станах | 9 |
| 1.1.2 Обладнання емульсійної системи стана холодної прокатки..... | 15 |
| 1.1.3 Використання мастила в процесі прокатки..... | 15 |
| 1.2 Літературний огляд..... | 17 |
| 1.2.1 Вплив використання технологічного мастила на якість штаби... | 17 |
| 1.2.2 Тертя і технологічні мастила..... | 21 |
| 1.3 Постановка задачі..... | 30 |
| 2. Дослідницько-розрахункова частина..... | 32 |
| 2.1 План проведення та характеристика обладнання для виконання експериментальних досліджень..... | 32 |
| 2.2 Обробка та обговорення результатів досліджень..... | 37 |
| 2.3 Пропозиції та заходи щодо вдосконалення процесу..... | 37 |
| 3. Визначення ефективності технологічних мастил по коефіцієнту напруженого стану при прокатуванні штаб із алюмінію..... | 42 |
| 3.1 План проведення експериментів та методика визначення коефіцієнту напруженого стану..... | 42 |
| 3.2 Розрахунки та визначення коефіцієнту напруженого стану..... | 45 |
| 3.3 Обробка та обговорення результатів досліджень..... | 62 |
| 3.4 Пропозиції та заходи щодо вдосконалення процесу..... | 62 |
| 4. Охорона праці та техногенна безпека..... | 68 |
| 4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів..... | 68 |
| 4.2 Заходи з поліпшення умов праці..... | 69 |
| 4.3 Заходи з електробезпеки..... | 72 |

| | |
|--|----|
| 4.4. Заходи з пожежної та техногенної безпеки..... | 73 |
| 4.5 Розрахунок захисного заземлення..... | 74 |
| ВИСНОВКИ..... | 79 |
| Перелік джерел посилання..... | 80 |

ВСТУП

Відомо, що завантаження клітей безперервних широкоштабових станів холодної прокатки по швидкісних і силових параметрам в знаній мірі залежить від величини коефіцієнта тертя в осередку деформації клітей. Величина коефіцієнта тертя, у свою чергу, визначається змащувальною здатністю технологічного мастила, яке подається в кліті у вигляді мастильно-охолоджувальної рідини (МОР) або водомасляної суміші (ВМС).

Параметри мастил серйозно впливають на процес прокатки. Збільшення кислотного числа свідчить про окислення масла, і його низьку термоокислювальну стабільність, що призводить до розкладання мастила в осередку деформації та зменшення кількості мастила в контактній зоні. Процес прокатки металу стає нестійким. Штаба забруднюється продуктами окислення і металевим частинками зносу її і валків, які при прокатуванні сталі вкатуються у її поверхню. Крім того, відбувається підвищене забруднення устаткування стану і забруднення на штабі, яке не видаляється при звичайному способі очищення. Низьке число омилення свідчить про погіршення здатності мастила до омилення при очищенні. Низьке йодне число призводить до погіршення мастильної здатності внаслідок зміни співвідношення насичених і ненасичених кислот в мастилі. Підвищення температури плавлення збільшує ймовірність застигання мастила в трубопроводах при відкачці відпрацьованого мастила для спалювання, а також відкладення продуктів розкладання мастила на стінках обладнання. Наявність великої кількості вологи сприяє окисленню мастила. Зниження в'язкості призводить до зменшення товщини мастильної плівки на штабі, здатної витримувати великі навантаження. Високий вміст механічних домішок у мастилі сприяє появі додаткових забруднень на штабі. Низька температура спалаху погіршує термічну стійкість мастила в осередку деформації.

1 АНАЛІТИЧНО ПОШУКОВА ЧАСТИНА

1.1 Стан проблеми

1.1.1 Умови прокатки штаб на неперервних станах

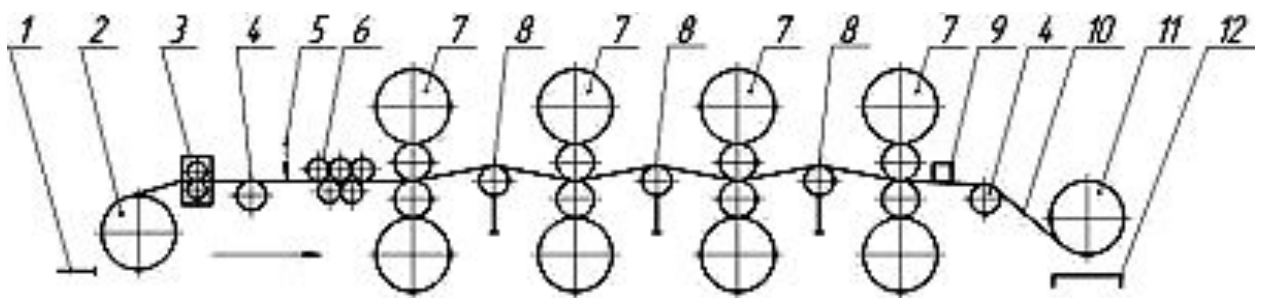
Неперервні стани холодної прокатки меткомбінату «Запоріжсталь» (стан 1680, м. Запоріжжя), Маріупольського меткомбінату (стан 1700), Магнітогорського меткомбінату (стан 2500) відносять до станів першого покоління. Швидкість прокатки (фактична) на цих станах не перевищує 15 м/с, а керування процесом прокатки виконується вручну. На станах застосовують порулонний спосіб прокатки при вазі рулону після укрупнення 10...30 т.

На рисунку 1.1 [1] представлена схема розташування обладнання чотирьохкільцевого неперервного стана 1700 порулонної прокатки. Укрупненні рулони після травлення подають мостовими кранами на прийомний транспортер 1, з якого вони поступають на стіл розмотувача 2. Розмотувач має два конусних виступи і щоківини для центрування і бічного затиску рулону. Відгинач переднього кінця рулону 3 задає його в натяжний роликівий пристрій 6 і після захвату штаби валками першої кліти 7 починається процес прокатки. На початку передній кінець штаби, поки він не зайде в моталку, прокатують на заправній швидкості, рівній 0,5...0,75 м/с, а потім швидкість збільшують до максимальної для цих станів швидкості. В період заправляння штаби в стан її передній кінець прокатують без натягання і зазор між валками зменшують проти номінального з метою необхідного обтиску штаби і отримання потрібної товщини. Проте не дивлячись на це передній кінець штаби завжди перевищує номінальну товщину.

Під час прокатки штаби на максимальній швидкості стабільність товщини штаби забезпечується або вручну або регулюється автоматично

(тонке регулювання) в залежності від зміни величин міжклітьових натягувань штаби.

Як правило, величина міжклітьових натягувань коливається в період проходження штаби через стан в усталеному процесі внаслідок наявності поздовжньої різнотовщинності початкового гарячекатаного підкату, биття валків кліті, зміни умов тертя і т. п. При підході до кліті №1 ділянки штаби із зварним швом швидкість валків на виході із чистової кліті автоматично або вручну зменшується до $v_{4ш} = 2...4$ м/с ($v_{4ш}$ – швидкість валків кліті 4).



1 - приймальний транспортер; 2 - розмотувач; 3 - відгинач кінців рулонів; 4 - обвідний ролик; 5 - індикатор шва; 6 - роликовий натягач; 7 - чотирьохвалкові кліті; 8 - ролик тензометричного пристрою; 9 - товщиномір; 10 - готова штаба; 11 - моталка; 12 - прибиральний транспортер

Рисунок 1.1- Схема розташування устаткування неперервного стана порулонної холодної прокатки

Зменшення швидкості зумовлено побоюванням пориву шва, забурюванням штаби на повній швидкості і пошкодженням валків усіх клітей. Прокатка штаби на зменшеній швидкості знижує втрати у випадку пориву шва. Під час прокатки ділянки шва на малій швидкості відбуваються найбільші зміни величин міжклітьових натягувань. При такому режимі прокатки величини натягання штаби на всіх ділянках стана зростають на 10...40% порівняно з прокаткою на максимальній швидкості. Зниження колової швидкості валків приводить до збільшення коефіцієнта тертя [1,2] і, отже, сили прокатки, зазору між валками і товщини штаби на ділянці шва.

З метою зниження товщини штаби на цій ділянці штаби перед входом її у стан міжвалкові зазори перших двох або всіх чотирьох клітей зменшують вручну або автоматично за заданою програмою, що викликає зміну міжклітьових натягувань. Так, на ШСХП 1680 меткомбінату «Запоріжсталь» застосування додаткового обтиску в клітях 1 і 2 під час прокатки шва на зменшеній швидкості міжклітьове натягання на першій і другій ділянках зростають в 1,18...1,37 рази порівнянно з натягуванням в усталеному процесі. Раціональні додаткові обтиски у всіх чотирьох клітях стана сприяють зниженню міжклітьових натягувань і поздовжньої різнотовщинності штаби на ділянках зварних швів. Зниження міжклітьових натягувань забезпечує також зменшення розривів швів і виходу робочих валків із строю [1,2].

Після виходу шва із останньої кліті швидкість валків і зазор між валками збільшують до номінальних параметрів. Часто штаби товщиною більше 1,4 мм з якісним швом прокатують на максимальній швидкості без регулювання міжвалкового зазора, що дає змогу збільшити продуктивність стана, але приводить одночасно до збільшення поздовжньої різнотовщинності готової штаби внаслідок збільшення сили прокатки і пружних деформацій кліті на витовщених ділянках штаби в районі зварного шва.

При підході заднього кінця до кліті 1 колову швидкість валків зменшують до $v_{1к} \approx 0,5$ м/с і одночасно зменшують міжвалковий зазор в двох або у всіх чотирьох клітях. При додатковому обтиску заднього кінця двома клітями у межах $S_1 + S_2 = 1,45$ мм за продуктиметром товщина заднього кінця на тонких штабах завжди перевищує номінальну товщину штаби (S_1 та S_2 – величини переміщення натискних гвинтів). Після виходу заднього кінця із кліті 1 і втрати натягання міжвалковий зазор в клітях 2 - 4 зменшують на допустиму величину для зменшення товщини штаби.

На неперервних станах холодної прокатки штаб застосовують чотирьохвалкові і шестивалкові кліті. Чотирьохвалкові кліті мають два

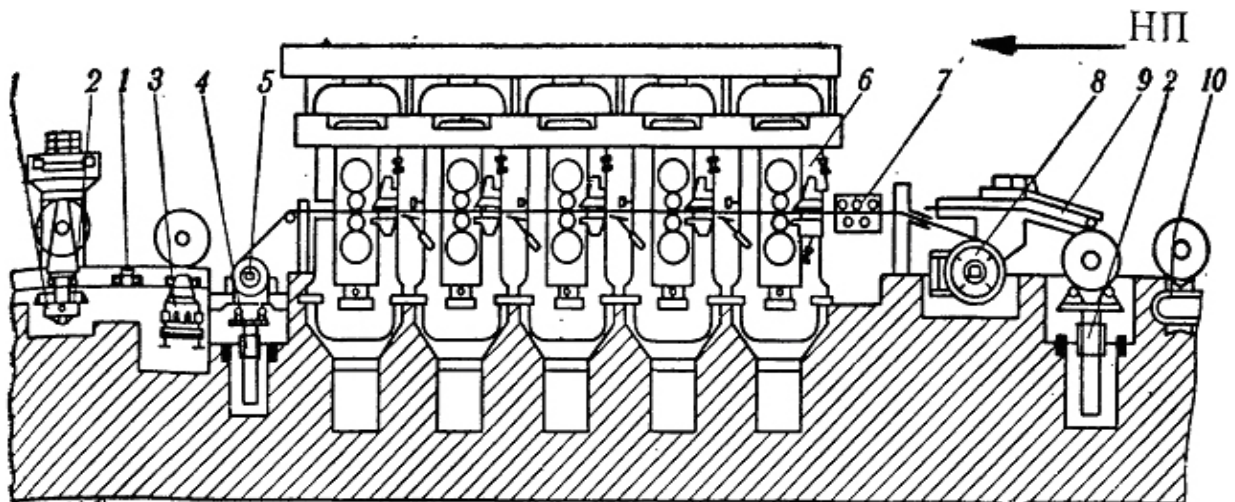
робочих і два опорних валка (рис. 1.1). Опорні валки великого діаметра, які забезпечують жорсткість вузла, запобігають значному прогину робочих валків. При деформації металу робочими валками невеликого діаметра утворюється порівняно невеликі підпіральні напруження σ_3 [1-3], які обумовлюють менші середні нормальні контактні напруження порівняно з прокаткою в валках більшого діаметра. Це, а також менша довжина дуги контакту, визначають і меншу величину сили прокатки (шестивалкові кліті).

Опорним і робочим валкам при перешліфуванні надають необхідне профілювання утворюючих бочок, яке забезпечує отримання штаб потрібної площинності і стабільність процесу прокатки. Опорні валки мають скоси (урізи) і циліндричні (випуклі) форми бочок, а робочі валки виготовляють із циліндричними і випуклими профілями. Поверхню робочих валків першої, передостанньої і останньої клітей після шліфування піддають насиченню на дробометних або дробострумних машинах для утворення шорсткості із середньою висотою нерівностей в межах 3...6 мкм R_a . Застосування насичених валків в кліті 1 забезпечує надійний захват переднього кінця штаби і запобігає пробуксовуванню валків по полосі, а в останній (чистовій) кліті – забезпечує шорстку поверхню штаби, що запобігає зварюванню витків рулонів при рекристалізаційному відпалі в ковпакових печах. В передостанній кліті використання насичених робочих валків забезпечує збільшення зносостійкості шорсткості валків в чистовій кліті. В процесі експлуатації опорні валки розігріваються до температур 45...55⁰С, а робочі до температур 60...70⁰С незважаючи на інтенсивне охолодження мастильно-охолоджувальною рідиною (МОР) (емульсією) з концентрацією масла 2...4%. Емульсія не тільки охолоджує валки і штабу, але і знижує сили тертя на контактній поверхні осередку деформації. При цьому емульсія не повинна забруднювати штабу.

Режим деформації штаби на штабових станах розроблюють з урахуванням рівномірного завантаження головних приводов, приблизної рівності сили прокатки по клітям. Проте це можливо виконати на

п'ятиклітьовому стані і часто не вдається здійснити на старих чотирьохклітьових неперервних станах. На виході із останньої кліті поверхню штаби спеціально захищають від попадання на неї емульсії. Рулони готової штаби передають в термічне відділення для рекристалізаційного відпалу.

На рисунку 1.2 представлена схема розташування устаткування неперервного п'ятиклітьового стана 1700 Карагандинського металургійного комбінату (КарМК, Казахстан) [1,2].



1 – ланцюгові конвеєри №1,2; 2 – передавальні візки; 3 – ваги; 4 – знімач рулонів; 5 – моталка; 6 – робоча кліть кварто; 7 – правильно-тягнуча машина; 8 – розмотувач; 9 – відгинач кінців штаби; 10 – конвеєр

Рисунок 1.2 - Неперервний 5-клітьовий стан 1700:

Технічна характеристика цього стана відмінна від характеристики, чотирьохклітьових станів, 1680 і 1700:

| | |
|--|--------------------|
| Маса рулонів (подвійних), т | -11-23 |
| Товщина підкату, мм | -2-6 |
| Розміри готової штаби, мм | - 0,4-3,5×700-1550 |
| Номінальні розміри валків, мм | - 600/1500×1700 |
| Сумарна потужність головних двигунів у кожній кліті, кВт | -8400 |
| Швидкість прокатки за кліттю №5, м/с | - до 25 |

| | |
|---|--------|
| Допустиме зусилля прокатки, МН | - 25, |
| Продуктивність системи подачі емульсії на валки стана, л/хв. | -32000 |

1.1.2 Обладнання емульсійної системи стана холодної прокатки

Залежно від виду продукції, характеристик обладнання та типу використовуваного мастила емульсійна система може бути циркуляційна або прямої дії.

У циркуляційних системах технологічне мастило виконує одночасно функції змащення та охолодження. Особливістю циркуляційної системи є багаторазове використання технологічного мастила.

На металургійних підприємствах циркуляційна емульсійна система стана холодної прокатки зазвичай складається з декількох систем: одна система обслуговує перші кліті стана, друга - середні кліті, і третя система обслуговує останню кліть. Перші дві системи часто об'єднують, проте система подачі емульсії на останню кліть зазвичай виділяється окремо для забезпечення високої чистоти поверхні холоднокатаного прокату на виході зі стана [1,4,5].

Відпрацьована емульсія з картера стану холодної прокатки самоплином надходить в баки, де крупнодисперсні домішки осідають на дно, і далі відкачуються в грязьовий бак. З баків емульсія подається на відстійники. Відстійники складаються з декількох секцій.

У першій секції, як правило, встановлений магнітний сепаратор, де під дією електромагніта металеві частинки (продукти стирання валків і штаби) налипають на ланцюговий механізм. Металеві домішки збираються в грязьові кишені, розташовані у верхній частині сепаратора, звідки скидаються в контейнер шламових відходів. Завантаження магнітних сепараторів по швидкості руху магнітних стрижнів визначається вмістом заліза в емульсії.

Очищена від металевих домішок емульсія надходить у наступну секцію, обладнану скребковим транспортером . Скребкові транспортери призначені для видалення пінопродукта і відпрацьованого мінерального масла.

Далі очищена емульсія переливається в чистову останню секцію відстійника, де емульсія додатково відстоюється. Після цього емульсія, що пройшла через фільтри і теплообмінники надходить у колектора подачі мастила на штабу і валки стана.

Системи прямої подачі емульсії застосовуються зазвичай для прокатки жерсті. У таких системах мастило використовується лише один раз або в чистому вигляді або у вигляді водомасляної суміші. Вода для охолодження валків подається з іншої системи, яка також може бути циркуляційної або одноразового використання. Система прямої подачі емульсії включає в себе: баки для змащення, трубопроводи, наноси, фільтри, форсунки, колектора.

1.1.3 Використання мастила в процесі прокатки

При виборі мастила виходять з природи тертя при прокатуванні і поверхневих фізичних явищ (адсорбції, змочування, хімічної взаємодії та ін.).

Мастило повинне задовольняти наступним вимогам [4-8].

- мати хорошу мастильну і миючу здатність, і високі охолоджуючі властивості;
- забезпечувати низький знос і високу чистоту поверхні;
- запобігати утворенню дефектів та зварювання металу і валків;
- знижувати величину коефіцієнта тертя і граничні навантаження на стані;
- бути стабільною в експлуатації та зберіганні;
- відповідати екологічним вимогам;
- забезпечувати отримання якісного прокату з заданими значеннями шорсткості поверхні;

- забезпечувати низьку витрату валків і високу продуктивність прокатного стану [10].

Крім того, при виборі мастила враховується, що воно повинно мати низьку витрату і недорогу ціну, легко готуватися і регенеруватися, не мати подразнюючого запаху, не надавати негативного впливу на прокат та обладнання.

Для кожного типу стану холодної прокатки металу в залежності від видів виробленої продукції визначаються специфічні вимоги до технологічного мастила.

Такими вимогами можуть бути: забезпечення максимальної швидкості прокатки при мінімальних енергосилових параметрах, хороша сублімація при відпалі, відсутність відкладень на трубах і колекторах, швидкість розкладання у відстійниках, забезпечення вмісту забруднень на штабі після прокатки не більше 400 мг/м^2 , збільшення кампанії робочих валків і т.д.

Остаточне рішення про використання конкретного виду технологічного мастила зазвичай приймається за результатами проведення промислових випробувань на даному прокатному стані.

Часто як технологічне мастило використовують емульсії або суміші мастила з водою. Залежно від вимог, що пред'являються до мастила на конкретному стані холодної прокатки металу може бути використана метастабільна, стабільна або нестабільна емульсія. Вибір типу емульсії буде визначатися завданнями технологічного процесу виробництва продукції.

Стабільні емульсії містять велику кількість емульгаторів, які не дають їй розшаруватися, тому дана емульсія не вимагає перемішування. Перевагою даного виду емульсії є її хороша фільтрація, а недоліком її здатність довго утримувати в своєму об'ємі різні забруднення, наприклад сторонні гідравлічні масла. Такий вид емульсії часто використовується при отриманні металопрокату товщиною понад 0,30 мм. Для прокатки тонкого металу (0,16-0,36 мм) часто вибирають метастабільні або нестабільні емульсії, які легко розділяються на воду і масло, що дозволяє швидко

видаляти сторонні забруднення. Однак, такі емульсії вимагають постійного перемішування.

Вибір мастила завжди визначається конкретними завданнями отримання якісної металопродукції. Наприклад, при прокатуванні тонкого листа дуже важлива вимога щодо зниження сил тертя, а для прокатки автомобільного листа необхідна в першу чергу чистота поверхні прокату і точність прокатки сталі.

1.2 Літературний огляд

1.2.1 Вплив використання технологічного мастила на якість штаби

Доки стан випускає певну продукцію, в більшості випадків немає необхідності знижувати тертя, яке забезпечується застосуванням мастила. Однак, якщо покращити характеристики тертя, то на чотирьохкільтовому стані можливо прокатувати штабу, для обтиснення якого потрібно п'ятикільтовий стан, або навіть здійснити таке ж обтиснення за три проходи на реверсивному стані. Максимально можливе обтиснення і мінімально можлива товщина визначаються для кожного виду застосуванням того або іншого мастила. Тому багатокільтові сучасні стани холодної прокатки, що мають зазвичай діаметр робочих валків близько 500 мм, в залежності від виду продукції (штаба, жерсть, високоміцні сталі) використовують різні типи мастильно-охолоджуючих рідин [1,4,5,7].

Точність прокатки по довжині і ширині штаби залежить від сталості умов тертя поряд з такими чинниками, як рівномірність охолодження, стабільність механічних властивостей штаби і т.д. Вид мастила повинен бути врахований при розрахунку можливої різнотовщинності штаби; відповідним добором мастила можливо домогтися отримання мінімальної різнотовщинності штаби.

Формування поверхні штаби в самому широкому сенсі визначається мастилом і інструментом (валки) [5]. Мікрогеометрія поверхні прокату формується спільним впливом на штабу інструменту і мастила. Значною мірою мастило визначає ті зміни, які відбуваються на поверхні металу в процесі його відпалу. Поява сажистих нальотів, плям, кольорів мінливості визначається залишками мастила і продуктів зносу на поверхні металу після прокатки. Утворення багатьох дефектів поверхні пов'язане із застосуванням мастила, яке може як запобігати, так і сприяти їхній появі. Дефекти можуть виникати власне при прокатуванні (риски, подряпини), після відпалу (сажа, плями) і до прокатки - в результаті травмування поверхні штаби при травленні, змотуванні та розмотуванні рулону і транспортуванні. Ці дефекти теж пов'язані зі змазкою і тертям, але не стільки на самому прокатному стані, скільки при інших виробничих операціях, де теж використовуються різні змащення (наприклад, промаслювання підкату) та інші рідини (миючі засоби, вода з добавками ПАР в петльових ямах).

Таким чином, якість поверхні металу визначається тертям, мастилом і рядом поверхневих явищ на всіх операціях виробництва холоднокатаного листа.

До технологічних факторів виробництва, які визначають застосування технологічного мастила або мастильно-охолоджувальної рідини, відносяться знос валків та їх охолодження [1,5,7]. Необхідність охолодження інструменту (валків) зумовлює широке застосування рідин, основною складовою частиною яких є вода, тобто різного роду емульсій. Вимоги до очистки та рециркуляції емульсій, а іноді і масел призводять до створення складних систем технологічного змащення й охолодження прокатних станів, які поряд із системами змащування агрегатів є найважливішою складовою частиною прокатного обладнання. Ці системи включають в себе конструктивні елементи, загальні для всього мастильного обладнання, а також ряд специфічних вузлів і деталей, що вимагають спеціальної розробки. Від застосування тієї чи іншої змащувальної рідини

залежить конструкція системи її подачі. Залежно від продукції, що випускається вибирають спосіб змащування.

Сортамент (по товщині) і якість продукції (принаймні, по поверхні прокату) визначаються процесами, в числі яких тертя є одним з провідних.

Ланцюг взаємопов'язаних технологічних операцій, в яких тертя і змащення грають важливу роль, вимагає повного обліку всіх факторів, що впливають на умови експлуатації мастила. Вимоги, що пред'являються до технологічного мастила, дуже багатосторонні, найважливіші з них:

- забезпечення необхідної мастильної здатності, тобто певної величини сил тертя або коефіцієнта тертя і граничної навантажувальної здатності;
- висока охолоджуюча здатність;
- чистота поверхні прокату, мінімальний знос, гарна миюча дія, здатність до очищення;
- відсутність корозії;
- стабільність в експлуатації і при зберіганні, біологічна стабільність;
- зручність подачі, для масел - низька температура застигання і мала в'язкість;
- відсутність шкідливих впливів на працюючих, тобто різкого запаху, токсикологічної дії;
- здатність піддаватися розкладанню і регенерації.

Вимоги до технологічних мастил та мастильно-охолоджуючих рідин в кожному окремому випадку залежать від виду продукції та оснащення (наприклад, рівень мастильної здатності) і поряд із загальними показниками включають в себе додаткові характеристики, специфічні для кожного виду продукції й типу стана [1,5,7].

Вибір і правильна експлуатація технологічних мастил і мастильно-охолоджуючих засобів та інших допоміжних рідин, застосовуваних у технології прокатного виробництва, можуть бути здійснені тільки на строго науковій основі, виходячи з механізму їх дії.

Можливо назвати кілька груп речовин, які використовуються як допоміжні технологічні засоби при прокатуванні. Це насамперед вода, масла мінеральні, жирові масла і різні поверхнево активні речовини (ПАР).

Технологічні властивості мастильно-охолодних засобів можуть бути детально розглянуті з позицій молекулярної і хімічної їх взаємодії з поверхнею металу. У той же час в'язкість мастил визначає такі найважливіші властивості, як охолоджуюча здатність, вплив на обробку поверхні.

Застосування технологічних мастильно-охолодних засобів у переважній кількості випадків повинно забезпечувати значний тепловідвід. Практично всі сучасні прокатні стани мають системи технологічного змащення та охолодження.

Взаємодія масел з водою в процесі тертя, а потім при очищенні мастильно-охолоджуючої рідини є найважливішим чинником їх застосування та експлуатації. Роль води і поверхнево активних речовин також повинна розглядатися з позицій фізикохімічної взаємодії рідин між собою і з металевими поверхнями.

Вимоги до технологічних мастильно-охолоджуючих рідин в кожному конкретному випадку формулюються, виходячи з вимог всієї технології прокатного виробництва та якості готової продукції, а не лише умов власне прокатки на стані.

Забезпечення цих вимог поряд з конструктивними заходами по системах технологічного змащення та охолодження проводиться шляхом вибору оптимального виду і конкретного складу мастила, причому в цьому питанні слід виходити з природи тертя при прокатуванні і поверхневих фізичних явищ адсорбції, змочування, хімічної взаємодії і т. п.

1.2.2 Тертя і технологічні мастила

З метою зниження сил тертя, а отже, зниження інтенсивності зносу валків і енергосилових параметрів під час гарячої і холодної прокатки застосовують різні технологічні мастила (масла і емульсії). Технологічне мастило захватується валками і нагнітається в осередок деформації при обертанні валків і просування штаби. В умовах прокатки із мастилами в осередку деформації існує так зване змішане (піврідинне) тертя, коли на контакті одночасно існують ділянки сухого, граничного і рідинного тертя [1,4,7]. Сухе тертя в звичайному процесі прокатки виникає в локальних точках взаємодіючих поверхонь і воно є основною причиною руйнування нерівностей і зносу поверхні валків. На ділянках граничного тертя поверхні розділені тонким і міцним шаром масляної плівки, яка має у своєму складі поверхнево-активні речовини (ПАР) у вигляді, наприклад, жирних кислот. При граничному терті відсутній безпосередній металевий контакт поверхонь валків і штаби. При рідинному терті поверхні мають розділення відносно товстим шаром мастила, товщина якого перевищує сумарну висоту мікронерівностей поверхонь валка і штаби.

В загальному випадку середнє дотичне контактне напруження може бути представлено таким чином [1]:

$$\tau = a_c \cdot \tau_c + a_g \cdot \tau_r + a_p \cdot \tau_p,$$

де τ_c , τ_r , τ_p – дотичні контактні напруження відповідно сухого, граничного і рідинного тертя; a_c , a_g , a_p – відносні долі площі кантакту з відповідними напруженнями тертя.

Відомо, що між напруженнями тертя існує таке співвідношення: $\tau_c > \tau_r > \tau_p$. Тобто, зміна умов прокатки в сторону збільшення долі рідинного тертя (a_p) приводить до загального зниження сили тертя на контакті. Напруження тертя і її складові визначаються умовами прокатки: шорсткістю поверхонь

валків і штаби; коловою швидкістю валків, величиною обтиску, типом технологічного мастила і деякими іншими факторами [1,3,6].

Під час прокатки із мастилом в насічених валках ($R_a \approx 3...6$ мм) на більшій ділянці (a_c) загальної площі контакту діють напруження сухого тертя, які і визначають величину середньої питомої сили тертя. При невеликій швидкості прокатки ($v= 0,4...1$ м/с) коефіцієнт тертя f , який характеризує інтенсивність дії сили тертя, при $R_a \approx 3,8$ мкм досягає величин $0,14...0,16$ (рис.1.3) [1].

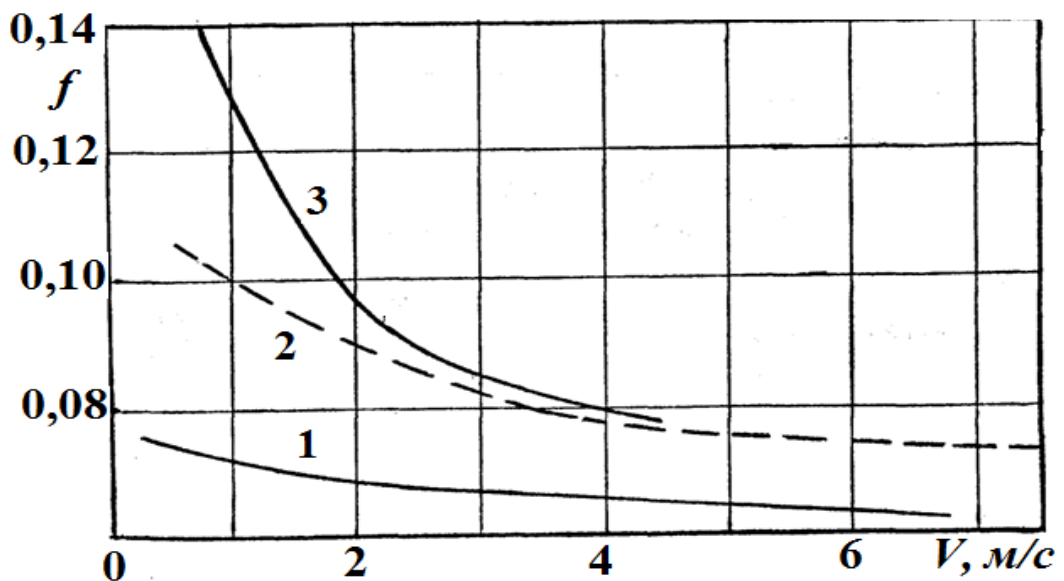


Рисунок 1.3- Вплив швидкості валків на коефіцієнт зовнішнього тертя в процесі холодної прокатки штаб із сталі ст. 08пс з розмірами 0,83-1,57 мм на реверсивних станах 1200 і 1680 (шорсткість валків R_a , мкм: 1-0,65; 2-1,8; 3-3,8)

Збільшення колової швидкості валків поліпшує умови захвату мастила в осередок деформації і цим самим сприяє збільшенню ділянок a_2 і a_p за рахунок зниження доли a_c . Разом з цим коефіцієнт тертя при $v= 4$ м/с знижується до $f = 0,08$ [1,3]. Під час прокатки із швидкістю $v < 3$ м/с шорсткість поверхні валків суттєво впливає на коефіцієнт тертя. Збільшення шорсткості підвищує долю складової площі a_c (збільшує площу дії сухого тертя) і збільшує параметри τ і f . Проте при швидкості $v > 6$ м/с підвищення товщини шару мастила в осередку деформації нівелює вплив шорсткості

валків і зближує значення коефіцієнта тертя при $R_a \approx 0,8$ і $3,8$ мкм. Збільшення шорсткості поверхні початкової штаби викликає збільшення складової a_c і коефіцієнта тертя за рахунок продавлювання мікроступами шару мастила в осередку деформації. Однак, з другого боку, збільшення шорсткості поверхні штаби обумовлює поліпшення захвату мастила в осередок деформації і зниження величин коефіцієнта тертя. Як правило, під час прокатки штаби з шорсткою поверхнею у валках з насіченою поверхнею коефіцієнт тертя зменшується. Збільшення абсолютного обтиску погіршує захват мастила і зменшує її товщину в осередку деформації, що приводить до зниження долі a_r і a_p на площі контакту і підвищення значень τ і f .

Суттєвий вплив на умови тертя і на величини a_r і a_p площі контакту валка і штаби роблять властивості технологічних мастил. Під час гарячої і холодної прокатки як технологічні мастила застосовують масла, водо-масляні суміші і емульсії [1,7]:

- мінеральні масла (трансформаторні, індустріальні 12 і 20, циліндрове 11 і 24, прокатне 28 та ін.);
- рослинні олії натуральні (бавовняна, льняна, пальмова, касторова);
- рослинні олії після спеціальної обробки (гідрогенізовані – соняшникова і коріандрова, полімерізована бавовняна олія);
- мастила на основі синтетичних жирних кислот.

Указані масла застосовують під час прокатки в чистому вигляді або з невеликими домішками антикорозійних, миючих, противоокисних та інших присадок. Ефективність масел залежить від їх в'язкості і складу поверхнево-активних речовин (ПАР). Найменшою ефективністю володіють легкі мінеральні масла, яким властива невелика в'язкість (дивись табл. 1.1). Збільшення в'язкості забезпечує поліпшення умов захвату мастила в осередок деформації і зниження коефіцієнта тертя f [1,7]:

Таблиця 1.1 – В'язкість мастил

| Мастило | В'язкість при 20 ⁰ С, сСт | Коеф. тертя, <i>f</i> |
|------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| Трансформаторне | 30 | 0,104 |
| Індустріальне 20 | 91 | 0,088 |
| Циліндрове 11 | 868 | 0,068 |
| Прокатне 28 | 3610 | 0,055 |

Подібна закономірність спостерігається і при застосуванні рослинних масел, але при одній і тій же в'язкості їх ефективність вища завдяки наявності в них ПАР, здатних до утворення міцних граничних шарів на контактних поверхнях. Однак в натуральному вигляді застосовується лише пальмова олія для прокатки жерсті на сучасних неперервних станах. Інші ж олії використовують після гідрогенізації (соняшникова – ПКС) для прокатки жерсті або полімерізації (бавовняна – ПБМ) для промаслювання штаб на НТА. В результаті підвищується в'язкість олій і їх ефективність (дивись табл. 1.2) Так, збільшення в'язкості бавовняної олії таким чином змінює коефіцієнт тертя:

Таблиця 1.2 – Залежність коефіцієнта тертя від в'язкості мастила

| В'язкість при 50 ⁰ С, сСт | Коеф. тертя, <i>f</i> |
|--------------------------------------|-----------------------|
| 28,2 (натуральне) | 0,067 |
| 160 | 0,047 |
| 301 | 0,040 |
| 700 | 0,035 |
| 1300 | 0,034 |

Масла (олію) подають на штабу або валки в чистому вигляді або, в вигляді водомасляної механічної суміші з концентрацією 7...10%. Емульсії мінеральних масел, які застосовують під час холодної прокатки сталей штаб товщиною більше 0,4 мм, представляють собою дисперсні системи, в яких однією фазою (дисперсне середовище) є вода, а другою (дисперсна фаза) – масло (мінеральне). Емульсію готують безпосередньо в системах

стана із емульсолу, який отримують із нафтопереробних заводів. Сам емульсол містить 80...90% мінерального масла або суміші масел, емульгатор і різні легуючі присадки, які поліпшують ефективність дії мастила і забезпечують високу чистоту поверхні листа. Широко відомий в промисловості емульсол Т, який має такий склад:

| | |
|--|----|
| Масло індустріальне 12, % | 85 |
| Триетаноламінова сіль олеїнової кислоти, % | 12 |
| Вода, % | 3 |
| Кислотне число | 8 |

Цей або інші емульсоли вводять у воду, температура якої знаходиться у межах 40...50⁰С, в кількості 2...4%, що і визначає концентрацію емульсії. Як домішки ПАР в емульсолах застосовують синтетичні жирні кислоти (СЖК), яким властиві високі адгезійні здібності до металу. Нижче приведені деякі дані про застосування технологічних мастил на різних станах [1,7]:

Стани гарячої прокатки – водомасляні механічні суміші (легкі мінеральні масла).

Промаслювання штаб на НТА – емульсії на основі ПБМ (ПХМ) і синтетичного продукту АНСК-50.

Стани холодної прокатки штаб з $h > 0,4$ мм із маловуглецевої сталі – емульсії на основі легких мінеральних масел з домішками ПАР (рис.1.4).

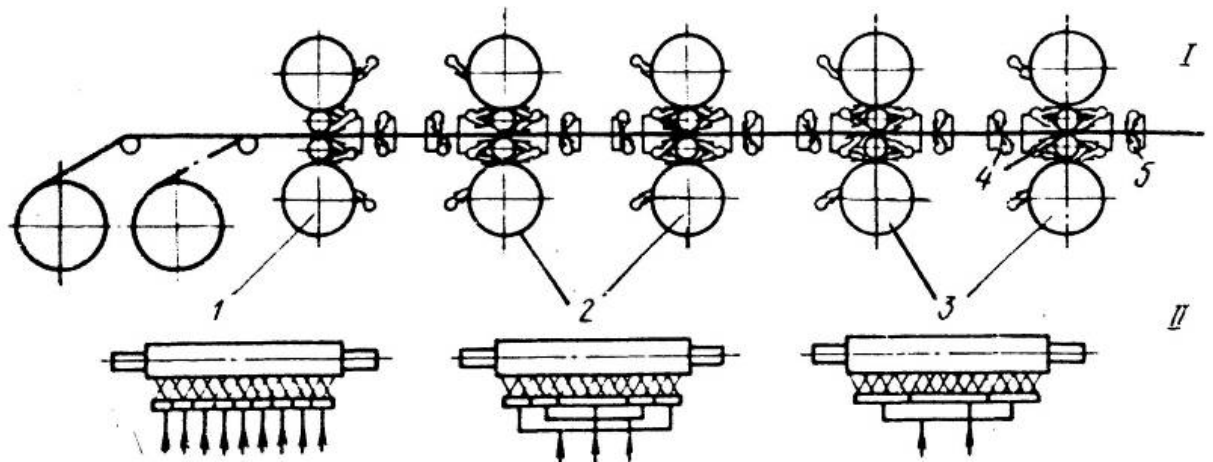
Стани холодної прокатки жерсті з $h < 0,3$ мм – водо-масляні суміші на основі пальмового і гідрогенізованої соняшникової олії (ПКС), замінювачі пальмової олії.

Двадцятивалкові стани – суміші мінеральних масел і емульсії мінеральних масел з домішками ПАР.

Емульсію на валки подають з колекторів з боку входу і виходу штаби (п'ята кліть має колектор тільки з боку входу штаби) (рис. 1.4) [1,7].

Колектори секційовані: на першій і другій клітях – трисекційні; третьої і четвертої – п'ятисекційні; на п'ятій кліті – дев'ятисекційні; на опорних валки – односекційні. Для інтенсивного охолодження штаби передбачена подача

СОЖ (змащувально – охолоджуючий рідини) (емульсії) безпосередньо на штабу при виході її з валків. Окрім емульсії, безпосередньо на штабу може подаватися чисте масло перед входом у відповідну кліть Кліті забезпечені відбійниками штаби для запобігання окову валків, відбійниками емульсії і вихідними провідниками. У п'ятій кліті передбачено пристрій для видалення емульсії зі штаби



I- схема стану; II- схема колекторів; 1 – п'ята кліть; 2 – третя і четверта кліті; 3 – перша і друга кліть; 4 – подача емульсії; 5 – подача масла на штабу

Рисунок 1.4 - Схема подачі емульсії і мастила на валки і штабу:

Колектори секційовані: на першій і другій клітях – трисекційні; третьої і четвертої – п'ятисекційні; на п'ятій кліті – дев'ятисекційні; на опорних валки – односекційні. Для інтенсивного охолодження штаби передбачена подача СОЖ (змащувально – охолоджуючий рідини) (емульсії) безпосередньо на штабу при виході її з валків. Окрім емульсії, безпосередньо на штабу може подаватися чисте масло перед входом у відповідну кліть Кліті забезпечені відбійниками штаби для запобігання окову валків, відбійниками емульсії і вихідними провідниками. У п'ятій кліті передбачено пристрій для видалення емульсії зі штаби.

Автори [5,11] відмічають, що багаторазове обтиснення штаби на багатоклітьових станах призводить до її значного розігріву і до необхідності примусового охолодження валків і штаби. Вже починаючи з швидкості

1 м / с, прокатка без охолодження неможлива, тому обов'язковим елементом конструкції сучасних листових станів холодної прокатки є системи технологічного змащування та охолодження. Застосування технологічних мастил є найважливішою умовою та їх подача нерозривно пов'язана з охолодженням.

В роботі [12] авторами виконано аналіз теплового балансу безперервних станів холодної прокатки який показує, що для усталеного (квазістаціонарного) температурного режиму необхідним є виконання умови, коли тепла потужність, сприйнята валком в зоні деформації, повністю відводиться від нього за один оборот робочого валка. Відомо, що понад 90% тепла, яке необхідно відвести від робочого валка, припадає на частку охолоджуючої рідини.

В даний час на широкоштабових станах для холодної прокатки листової сталі в якості охолоджуючої рідини застосовують або воду (так звані системи прямого типу з роздільною подачею технологічного мастила і води), або емульсії (у разі застосування єдиної МОР). Охолоджуюча здатність води є однією з основних її технологічних характеристик. Вона незначно залежить від забруднень і змісту різних домішок.

Охолоджуюча здатність прокатних емульсій визначається великим числом різних факторів, основними з яких слід вважати: концентрацію, наявність в емульсолі вільних жирних кислот, емульгаторів, змочувачів та ін. Достовірно встановлено, що концентрація емульсій істотно знижує ефективність охолодження починаючи з 8 - 10%. Концентрація емульсій, які використовуються при прокатуванні сталевих штаб на сучасних високопродуктивних широкоштабових станах, зазвичай не перевищує 5%.

Таким чином, проведені експериментальні дослідження та аналіз отриманих результатів показують, що охолоджуюча здатність звичайних прокатних емульсій (концентрацій 2 - 5%) практично така ж, як у води і при розрахунках конвективного теплообміну прокатних валків при застосуванні

як МОР емульсій можна використовувати залежності, отримані при охолодженні водою [12].

В роботі [13] показано що при низьких зовнішніх температурах (приблизно 20°C) в результаті високої в'язкості мастила випередження, коефіцієнт тертя і середній питомий тиск мають невеликі значення, які зі збільшенням температури зростають, що більш помітно при прокатуванні тонких штаб (0,64 мм).

Виконані дослідження показують помітний вплив температури нагріву металу при холодному прокатуванні на коефіцієнт тертя і середній питомий тиск. Характер зміни цих параметрів від температури визначається типом технологічного мастила і товщиною штаби, причому при прокатуванні з високоефективним мастилом умови тертя на контакт, в очевидь, більшою мірою визначаються її в'язкістю, а не механічними властивостями металу зразків.

Авторами [14] досліджено основні параметри холодної прокатки в широкому діапазоні швидкостей і характер їх зміни при підвищенні швидкості до 60 м / с. Встановлено, що в діапазоні швидкостей 5 - 60 м / с зусилля прокатки залишається практично постійним або незначно зменшується з підвищенням швидкості прокатки. Значне збільшення зусилля прокатки відбувається при перевищенні допустимого значення контактної температури ($220 - 245^{\circ}\text{C}$). Зроблено висновок, що збільшення швидкості холодної прокатки до 60 м / с можливо і за умови дотримання теплового режиму, що виключає перевищення допустимого значення контактної температури, не вимагає застосування спеціальних мастил.

В роботі [15] авторами показано, що одним із шляхів вдосконалення технології холодної прокатки є підвищення ефективності мастильної дії в осередку деформації і в контактній зоні опорного і робочого валків. Вирішення цього завдання може бути досягнуто шляхом спрямованого регулювання реологічних властивостей мастила безпосередньо в процесі прокатки і збільшення товщини масляного шару в осередку деформації.

Загально відомо, що товщина шару змащення, формованого на вході деформації, визначається гідродинамічними факторами, такими як швидкість, в'язкість, навантаження (тиск). У свою чергу в'язкість залежить від хімічного складу, температури і тиску. При підвищенні тиску в'язкість рідких мастильних речовин збільшується по експотенціальному закону аж до переходу її в твердий фазовий стан. Тому, застосовуючи попередню обробку мастила тиском, можна збільшити її в'язкість і за рахунок цього забезпечити збільшення товщини шару на вході в осередок деформації.

У даній роботі була поставлена мета - експериментально дослідити можливості підвищення початкової в'язкості рідких мастильних речовин шляхом впливу на них тиском для збільшення товщини мастильної плівки та підвищення ефективності їх дії в осередку деформації.

Експериментально підтверджена можливість збільшення товщини шару мастила, що надходить в осередок деформації, за рахунок попередньої обробки її тиском з метою підвищення її початкової в'язкості. Відновлення вихідної в'язкості мастил після впливу тиском, відбувається не миттєво, а протягом деякого часу. Тому в умовах безперервних станів мастило, що знаходиться в рідкому стані на поверхні штаби, надходить у наступну кліть з підвищеною в'язкістю. Для високов'язких мастил при тисках більше 800 МПа і відповідній температурі можлива зміна фазового стану мастильної речовини - затвердіння. Для станів холодної прокатки умови для затвердіння мастил мають місце в контакті опорного і робочого валків. Явище затвердіння також сприяє збільшенню товщини шару мастила, що надходить в осередок деформації. Відновлення вихідної в'язкості мастила після затвердіння відбувається за час порядку 600 с. Ефекти збільшення в'язкості і затвердіння мастил можуть бути використані для підвищення товщини шару мастила в осередку деформації, що забезпечить зменшення тертя, зносу, втрат мастильних речовин, витрат енергії та інші переваги.

1.3. Постановка задачі

Як видно з літературного огляду при холодному прокатуванні штаб використовується велика кількість змащувально-охолоджуючих рідин (МОР). Це пов'язано з тим, що для кожного типу стана холодної прокатки металу, в залежності від виду виготовляємої продукції, визначаються свої специфічні вимоги до технологічних мастил.

У виконуваний роботі (згідно теми) необхідно вибрати і обґрунтувати тип технологічного мастила для холодної прокатки.

Для умов холодної прокатки МОР повинна задовольняти декільком основним вимогам: мати хорошу змащувальну здатність і високі охолоджуючі властивості; забезпечувати низький знос валків та штаб і високу чистоту поверхні; забезпечувати високу продуктивність стана.

Тому, завдання даної роботи - експериментально і теоретично показати вплив різних типів технологічних МОР на ефективність холодної прокатки і визначити найбільш ефективну МОР.

Висновки

Як показують стан проблеми та літературний огляд, наявність технологічного мастила на контакті штаби з валками забезпечує екранування їх поверхонь, зниження сил тертя і енергосилових параметрів при прокатуванні штаби, зменшує знос поверхонь валків та штаб.

Крім того, мастильно-охолоджуюча рідина виконує дуже важливу вимогу - охолодження валків та штаби, так як багаторазове обтиснення штаби на багатоклітьових станах призводить до її значного розігріву і до необхідності примусового охолодження валків та штаби. Вже починаючи з швидкості 1 м / с, прокатка без охолодження неможлива, тому обов'язковим елементом конструкції сучасних листових станів холодної прокатки є системи технологічного змащення та охолодження. Застосування технологічних мастил є найважливішою умовою та їх подача нерозривно пов'язана з охолодженням.

Тому пошук і розробка ефективних мастильно-охолоджуючих рідин є актуальною проблемою і вимагає постійного вдосконалення.

2 ДОСЛІДНИЦЬКО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Опис та характеристика обладнання для виконання досліджень

Експериментальні дослідження ефективності різних мастильно-охолоджувальних рідин виконували в лабораторії кафедри МТЕТБ ЗНУ Запорізького національного Університету на двовалковому стані з діаметром сталевих валків $D=200\text{мм}$ (рисунок 2.1) з шорсткістю поверхні $\sim 1,8 \dots 2,2 \text{ мкм } R_a$. Колова швидкість валків 16 об/хв.



Рисунок 2.1 - Лабораторний двовалковий стан з діаметром сталевих валків $D=200\text{мм}$

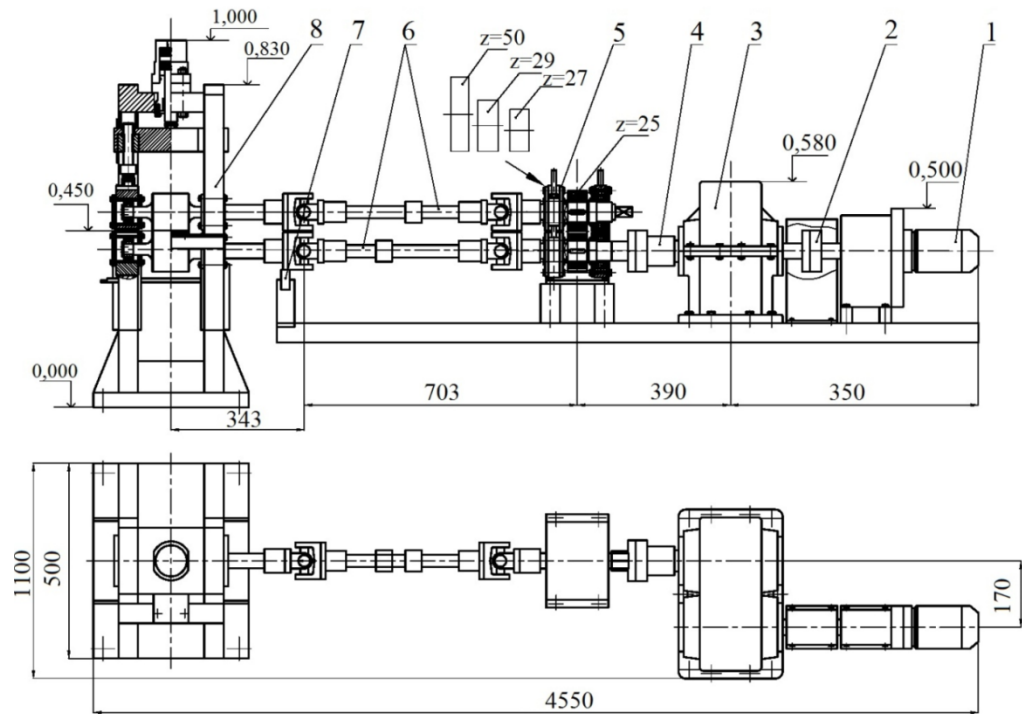
Для виконання дослідів підготували відпалені зразки із алюмінію товщиною $H=1,07\text{мм}$, шириною $B=23,6\text{мм}$, довжиною $l=250\text{мм}$ та різні мастила і змащувальні рідини.

Для порівняння ефективності мастил прокатку проводили: на сухих валках без змащування; з водою; з емульсією; з мастилом індустріальне 20. Після прокатки кожного зразка ретельно витирали валки від забруднення. Зазор між валками установлювали натискними гвинтами, а прокатку виконували при однаковому зазорі для усіх мастильно-охолоджувальних рідин.

Устаткування робочої кліти даного стану, загальний вид і конструкція якої ілюстровані рис. 2.2, містить у собі нижній 1 і верхній 2 робочі валки з номінальними значеннями діаметрів і довжин бочок по 200 мм. За допомогою дворядних сферичних підшипників 3 шийки робочих валків зафіксовано у відповідних подушках 4, 5 між якими з метою зрівноважування верхнього робочого валка 2 розміщені гумові прокладки 5. Самі робочі валки були виготовлені зі сталі 9Х із твердістю утворюючих поверхонь бочок $\approx 85\text{HS}$ і шорсткістю, що відповідає $\sqrt{\text{Ra}1,25}$ [13-14].

Подушки 4 нижнього 1 і подушки 5 верхнього 2 робочих валків, у свою чергу, були розміщені в напрямних вікнах вузла станин 7 (див. рис. 2.2). При цьому у вертикальній площині подушки 4 нижнього робочого валка 1 були зафіксовані нижніми поперечками даного вузла, а подушки 5 верхнього робочого валка 2 через кільцеві пружні елементи мес доз 8 і сферичні тіла коче 9ння були сполучено з натискними гвинтами 10 механічної частини натискного механізму. Бронзові гайки 11 даного механізму різьбові нарізки, що мають 3мм метричні, із кроком, були зафіксовані в розточеннях проміжної рухливої траверси 12, розміщеної за аналогією з подушками 4, 5 робочих валків 1, 2 у напрямних вікнах вузла станин 7. У випадку регулювання величини попереднього межвалкового зазору з використанням тільки механічної частини натискного механізму проміжну рухливу траверсу 12 фіксували у вертикальній

площині за допомогою додаткових проставлень 13, що сполучаються з верхніми поперечками вузла станин 7.



1 -мотор-редуктор типу МЦ 2С- 63, 2-моторна муфта, 3-одноступінчатий циліндричний зубчатий з передавальним редуктором, 4-проміжна муфта, 5 - шестерена кліть, 6- універсальні шпинделі на підшипниках кочення 7 - механізм їх врівноваження, 8 - двохвалкова робочі кліть

Рисунок 2.2 – Загальний вид устаткування лабораторного прокатного міні-стану 200x200

Крім механічної частини конструкція натискного механізму робочої кліті лабораторного міні-стану 200×200 ЗДІА (див. рис. 2.4) містила в собі й гідравлічну частину, виконану у вигляді гідроциліндра поршневого типу, корпус якого був розміщений нерухомо в розточенні верхньої траверси вузла станин, а штоковий елемент сполучений з верхньою опорною поверхнею проміжної рухливої траверси. При цьому, крім безпосереднього регулювання величини попереднього межвалкового зазору з досить високою швидкістю гідравлічна частина була використана для силового розвантаження

додаткових проставлень 13, а також для торировки місдоз 8 шляхом додатка імітаційних сил їх стиску відомої величини. Враховуючи можливість переміщення проміжної траверси 12 у вертикальній площині при подачі робочої рідини в поршневу або в штокову порожнину гідроциліндра вона була постачена пружинним механізмом зрівноважування, а також датчиком лінійних переміщень реостатного типу (див. рис. 2.3).

За аналогією з розглянутим раніше (див. рис. 2.1–2.3) промислово–лабораторним станом вимір сили прокатки на лабораторному міні–стані 200×200 ЗДІА робили за допомогою місдоз 8, а вимір моментів прокатки на кожному з робочих валків – за допомогою тензометричних датчиків опору, наклеєних на тіла відповідних універсальних шпинделів 6 головної лінії робочої кліті (див. рис. 2.1, 2.3). Знімання електричного сигналу з обертових універсальних шпинделів робили за допомогою струнних струмознімачів ковзання.

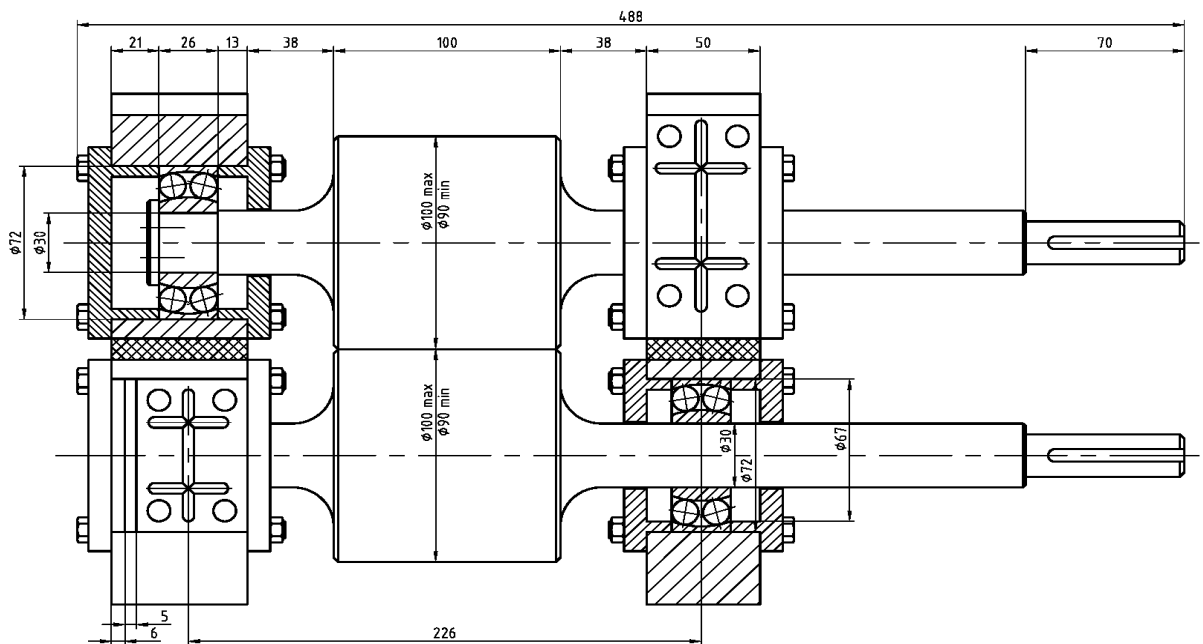


Рисунок 2.3 – Конструкція вузла робочих валків лабораторного прокатного міні-стану 200х200

У цілому состав і конструктивні особливості розглянутого вище встаткування з урахуванням відповідних критеріїв подоби дозволило

досліджувати процес гарячої прокатки щодо товстих аркушів і штаб у горизонтальних робочих валках у всім діапазоні можливих умов його реалізації.

Для порівняння ефективності мастил прокатку проводили: на сухих валках без змащування; з водою; з емульсією; з мастилом індустріальне 20. Після прокатки кожного зразка ретельно витирали валки від забруднення. Зазор між валками установлювали натискними гвинтами, а прокатку виконували при однаковому зазорі для усіх мастильно-охолоджувальних рідин.

Після прокатки товщину штаб вимірювали мікрометром, а ширину штаб штангенциркулем та розраховували абсолютний обтиск, середню ширину штаби, відносний обтиск, та коефіцієнт витягання.

Попередньо по радіусу бочки на верхньому валку і були нанесені кернові позначки, відстань поміж якими $L=99\text{мм}$. Таким чином, коефіцієнт тертя визначали по випередженню металу в процесі прокатування зразків із алюмінію після відпалу

Адекватність моделі перевіряли, вимірюючи силу прокатки P . Для цього використовували тензометричні месدوزи, попередньо тарировані разом з вимірювальною апаратурою на пресі УГ20/2. В процесі вимірів сигнал від месдоз надходив до підсилювача і фіксувався самозаписувачем. Записані осиллограми розшифровувалися за допомогою тарировочного графіка.

Після прокатки товщину штаб вимірювали мікрометром, а ширину штаб штангенциркулем та розраховували абсолютний обтиск, середню ширину штаби, відносний обтиск, та коефіцієнт витягання.

Результати виконаних експериментів та розрахунків представлено в таблиці 2.1 і на рисунках 2.5-2.8.

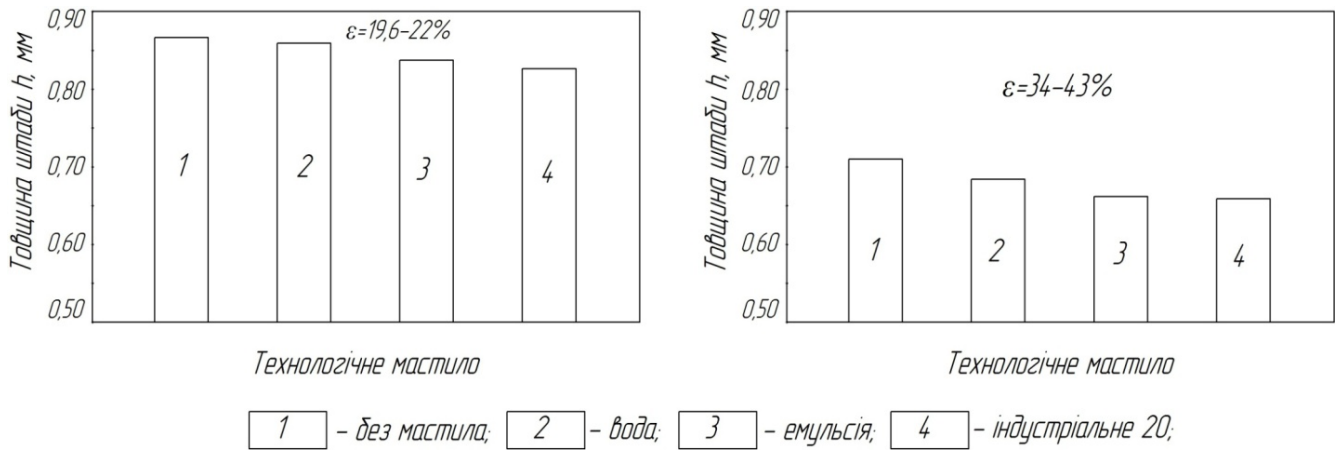


Рисунок 2.4 - Залежність виду технологічного мастила від товщини штаби

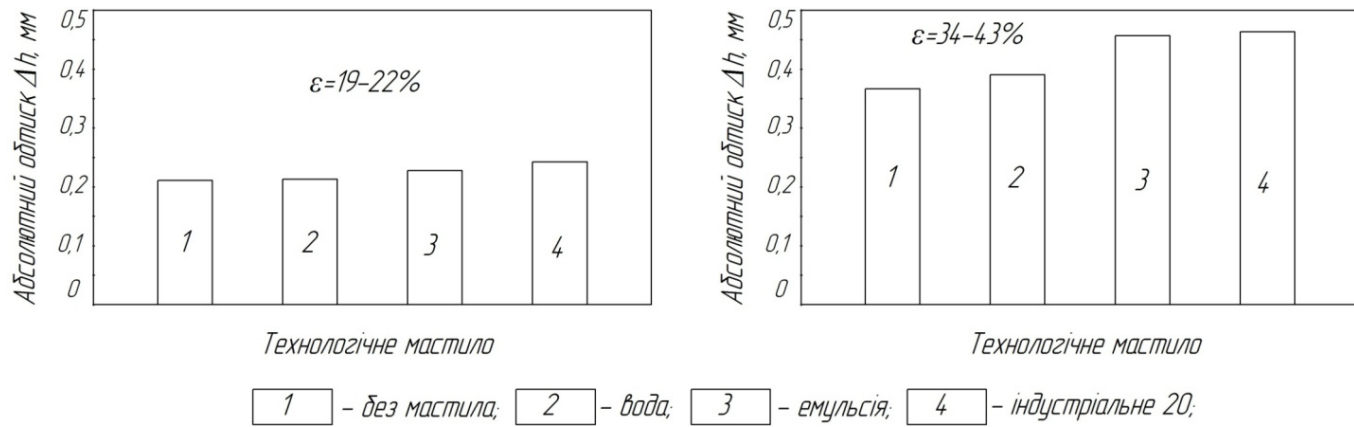


Рисунок 2.5 - Залежність виду технологічного мастила від абсолютного обтиску

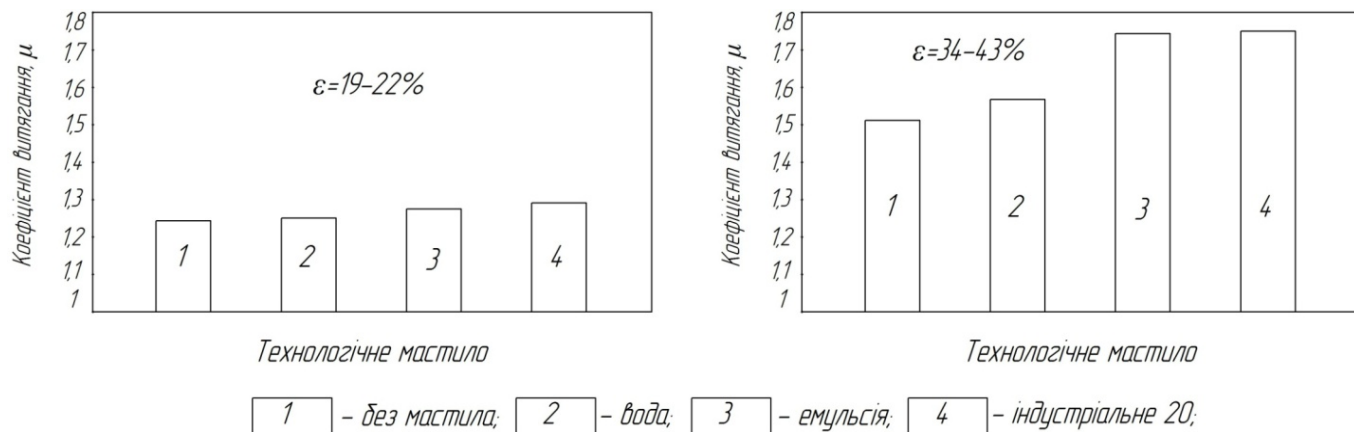


Рисунок 2.6 - Залежність виду технологічного мастила від коефіцієнта

ВИТЯГАННЯ

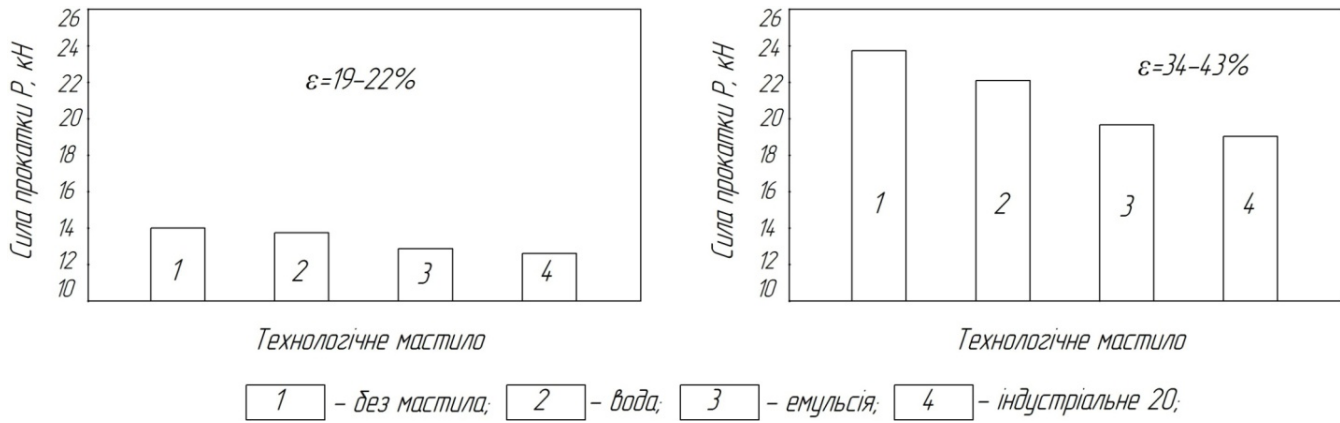


Рисунок 2.7 - Залежність виду технологічного мастила від сили прокатки

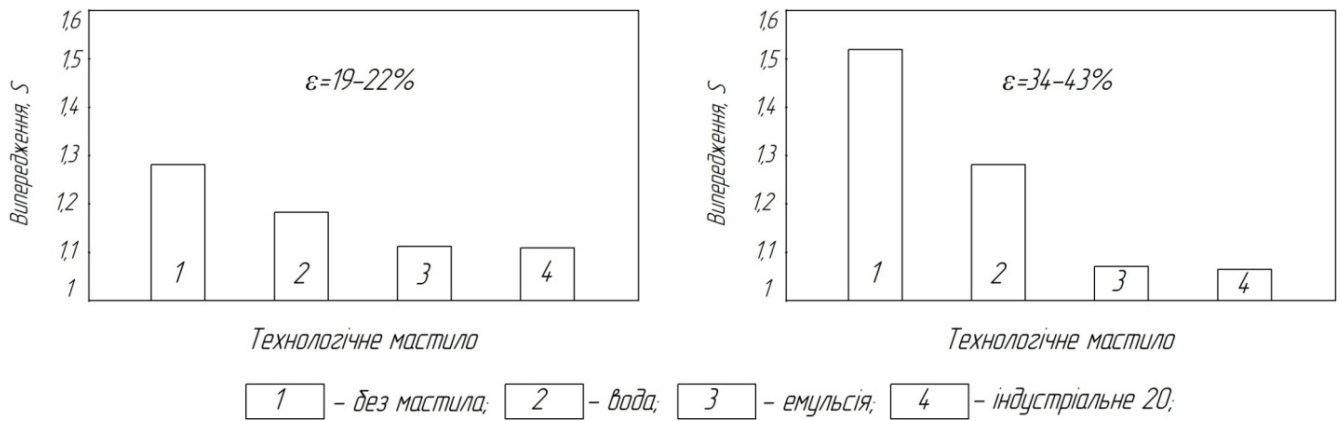


Рисунок 2.8 - Залежність виду технологічного мастила від випередження

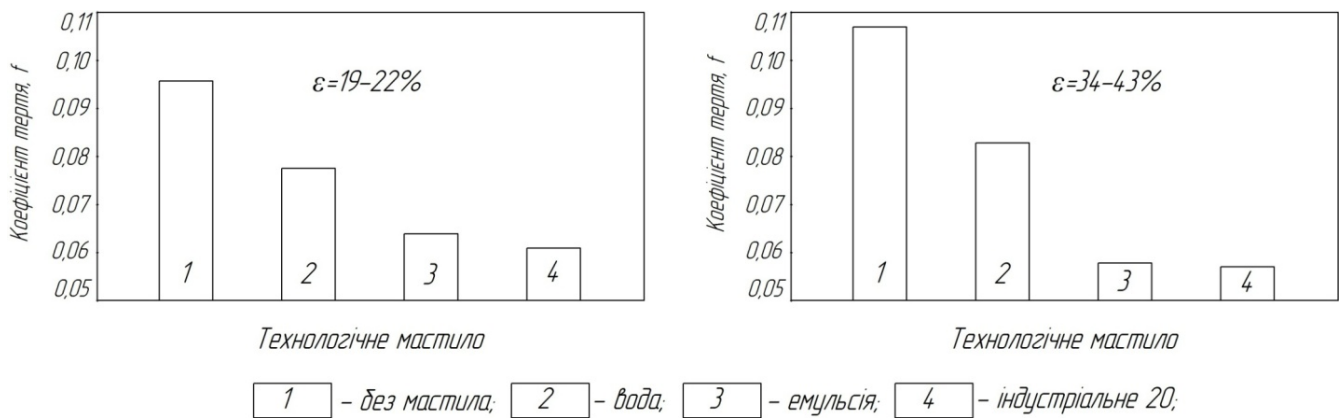


Рисунок 2.9 - Залежність виду технологічного мастила від коефіцієнта тертя

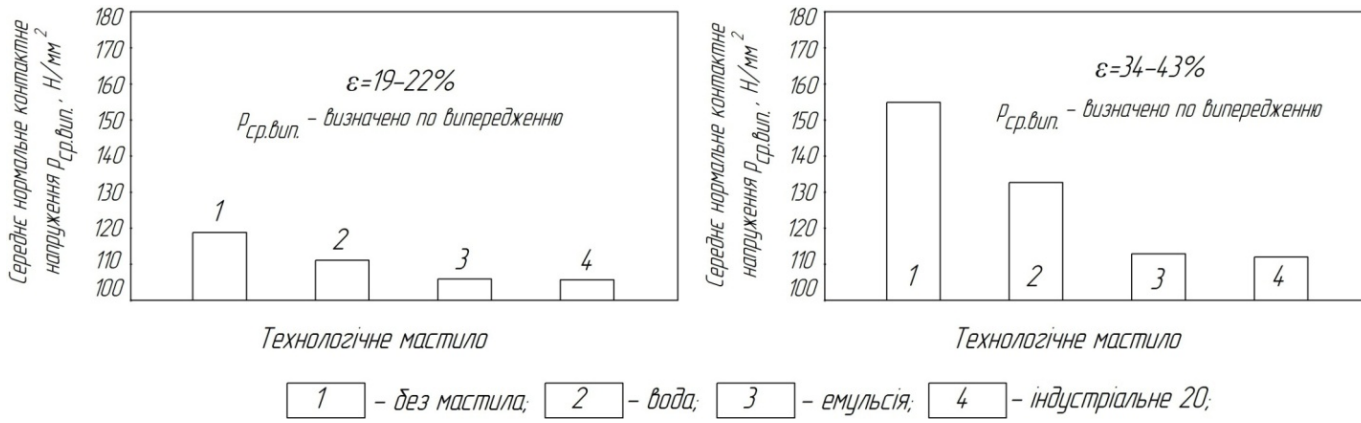


Рисунок 2.10 Залежність виду технологічного мастила від середнього нормального контактного напруження

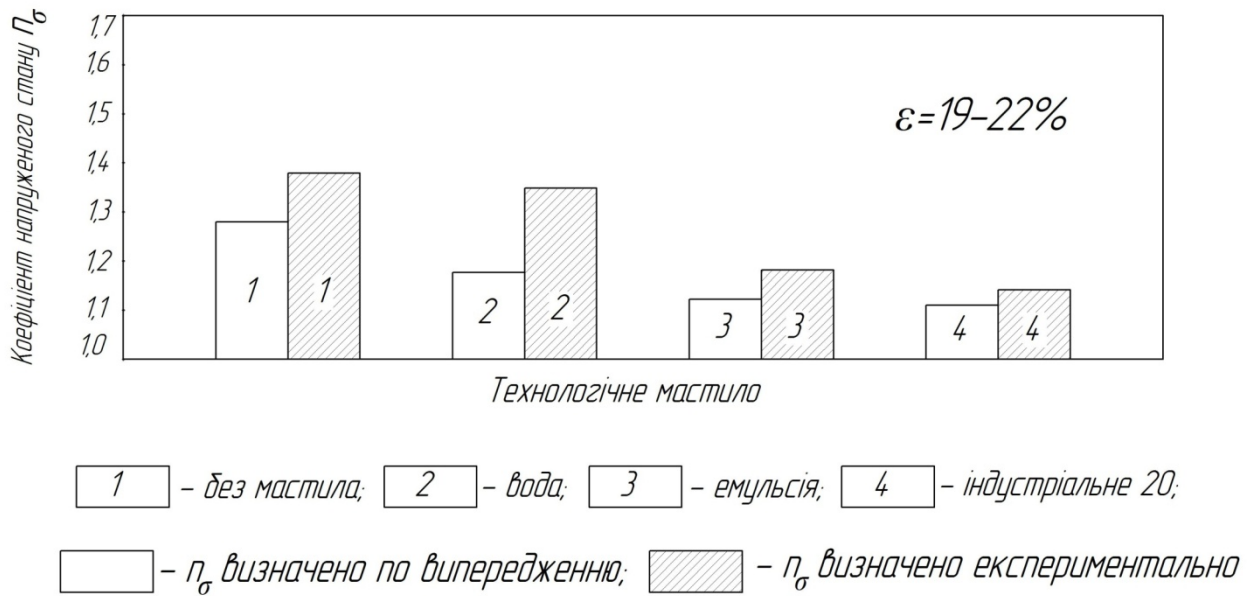
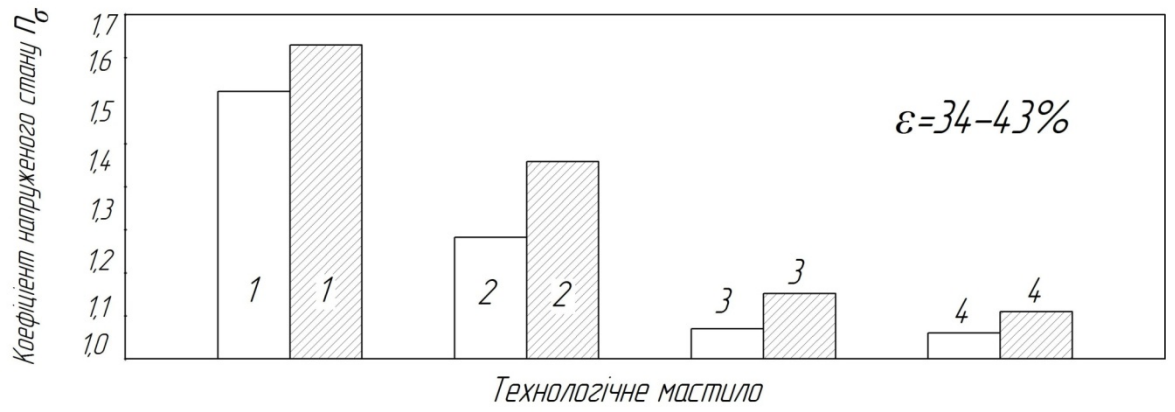


Рисунок 2.11 - Залежність технологічного мастила від коефіцієнта напруженого стану при відносному обтиску 19-22%



1 - без мастила; 2 - вода; 3 - емульсія; 4 - індустріальне 20;

□ - p_{σ} визначено по випередженню; ▨ - p_{σ} визначено експериментально

Рисунок 2.12 - Залежність технологічного мастила від коефіцієнта напруженого стану при відносному обтиску 34-43%

3 ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАСТИЛ ПО КОЕФІЦІЄНТУ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ПРИ ПРОКАТУВАННІ ШТАБІЗ АЛЮМІНІЮ

3.1 План проведення експериментів та методика визначення коефіцієнту напруженого стану

План проведення експериментів та обладнання описано в розділі 2.1. В ньому виконували дослідження ефективності технологічних мастил по геометричним та силовим параметрам. А в цьому розділі визначаємо ефективність технологічних мастил по коефіцієнту напруженого стану по випередженню (по тим же зразкам табл. 2.1) і порівнюємо з коефіцієнтом напруженого стану по дослідній силі прокатки по наступній методиці [16-21]

Методика визначення коефіцієнту напруженого стану n_{σ}

Визначення n_{σ} по випередженню

1. Абсолютний обтиск, мм:

$$\Delta h = H - h;$$

де H і h відповідно товщина штаби до і після прокатки

2. Довжина дуги контакту штаби з валками, мм:

$$l_d = \sqrt{\Delta h \cdot R};$$

де R – радіус валків

3. Випередження:

$$S = \frac{L_n - L_{\epsilon}}{L_{\epsilon}},$$

де L_n і L_{ϵ} відповідно довжина між керновими відмітками на штабі та валках

4. Кут контакту штаби з валками, рад:

$$\gamma = \sqrt{(S \cdot h) / R}$$

5. Кут контакту штаби з валками, рад:

$$\alpha = \sqrt{\Delta h / R}$$

6. Відносний обтиск:

$$\varepsilon = \Delta h / H$$

7. Показник тертя:

$$f_n = \frac{0,5 \cdot \ln(1 + \Delta h / h)}{\sqrt{R / h \cdot (\arctg \sqrt{\Delta h / h} - (2\gamma / \alpha)) \cdot \sqrt{\Delta h / h}}}$$

8. Коефіцієнт тертя:

$$f = 0,5\alpha / (1 - 2\gamma / \alpha)$$

9. Коефіцієнт напруженого стану:

$$n_{\sigma} = f_n / f$$

10. Фактичний опір метала деформації, н/мм²: [16-18]

$$\sigma_{\phi} = 1,15[\sigma_{T0} + 0,67(\sigma_{T1} - \sigma_{T0})],$$

де σ_{T0} і σ_{T1} – напруження течії металу до та після деформації;

1,15 – коефіцієнт Лоде [18]

11. Середнє нормальне контактне напруження, н/мм² :

$$P_{cp} = n_{\sigma} \cdot \sigma_{\phi}$$

Визначення n_{σ} по дослідній силі прокатки

1. Середнє нормальне контактне напруження, н/мм² :

$$P_{cp} = P_{досл} / B_{cp} \cdot l_d$$

де $P_{досл}$ - дослідна сила прокатки; B_{cp} - середня ширина штаби в осередку деформації

2. Коефіцієнт напруженого стану:

$$n_{\sigma} = P_{cp} / \sigma_{\phi}$$

3.2 Розрахунки та визначення коефіцієнту напруженого стану

Визначення n_{σ} по випередженню

Прокатка без мастила

1. Абсолютний обтиск, мм:

$$\Delta h = H - h = 1,07 - 0,86 = 0,21 \text{ мм}$$

2. Довжина дуги контакту штаби з валками, мм:

$$l_d = \sqrt{\Delta h \cdot R} = \sqrt{0,21 \cdot 100} = 4,583 \text{ мм}$$

3. Випередження:

$$S = \frac{L_n - L_{\phi}}{L_{\phi}} = \frac{102,5 - 99}{102,5} = 0,0353$$

де L_n і L_{ϕ} відповідно довжина між керновими відмітками на штабі та

валках

4. Кут контакту штаби з валками, рад:

$$\gamma = \sqrt{(S \cdot h) / R} = \sqrt{(0,0353 \cdot 0,86) / 100} = 0,0174$$

5. Кут контакту штаби з валками, рад:

$$\alpha = \sqrt{\Delta h / R} = \sqrt{0,21/100} = 0,0458$$

6. Відносний обтиск,%:

$$\varepsilon = \Delta h / H = 0,21/1,07 = 19,63\%$$

7. Показник тертя:

$$\begin{aligned} f_n &= \frac{0,5 \cdot \ln(1 + \Delta h / h)}{\sqrt{R/h} \cdot (\arctg \sqrt{\Delta h / h} - (2\gamma / \alpha) \cdot \sqrt{\Delta h / h})} = \\ &= \frac{0,5 \ln(1 + 0,21/1,07)}{\sqrt{100/0,86} \cdot (\arctg \sqrt{0,21/0,86} - (2 \cdot 0,0174 / 0,0458) \cdot \sqrt{0,21/0,86})} = 0,122 \end{aligned}$$

8. Коефіцієнт тертя:

$$f = 0,5\alpha / (1 - 2\gamma / \alpha) = 0,5 \cdot 0,0458 / (1 - 2 \cdot 0,0174 / 0,0458) = 0,096$$

9. Коефіцієнт напруженого стану:

$$n_\sigma = f_n / f = 0,122 / 0,096 = 1,28$$

10. Фактичний опір метала деформації, н/мм²:

$$\sigma_\phi = 1,15[\sigma_{T0} + 0,67(\sigma_{T1} - \sigma_{T0})] = 1,15[56,875 + 0,67(93,4 - 56,875)] = 93,55$$

де $\sigma_{т0}$ і $\sigma_{т1}$ – напруження течії металу до та після деформації;
 1,15 – коефіцієнт Лоде [18]

11. Середнє нормальне контактне напруження, н/мм² :

$$P_{cp} = n_{\sigma} \cdot \sigma_{\phi} = 1,28 \cdot 93,55 = 119,2$$

Визначення n_{σ} по дослідній силі прокатки

1. Середнє нормальне контактне напруження, н/мм² :

$$P_{cp} = P_{досл} / B_{cp} \cdot l_d = 14000 / 23,65 \cdot 4,583 = 129,17$$

де $P_{досл}$ - дослідна сила прокатки; B_{cp} - середня ширина штаби в осередку деформації

2. Коефіцієнт напруженого стану:

$$n_{\sigma} = P_{cp} / \sigma_{\phi} = 129,17 / 93,55 = 1,38$$

Визначення n_{σ} по випередженню

Прокатка на воді

1. Абсолютний обтиск, мм:

$$\Delta h = H - h = 1,07 - 0,857 = 0,213 \text{ мм}$$

2. Довжина дуги контакту штаби з валками, мм:

$$l_d = \sqrt{\Delta h \cdot R} = \sqrt{0,213 \cdot 100} = 4,615 \text{ мм}$$

3. Випередження:

$$S = \frac{L_n - L_e}{L_e} = \frac{102,0 - 99}{102,0} = 0,030$$

де L_n і L_e відповідно довжина між керновими відмітками на штабі та валках

4. Кут контакту штаби з валками, рад:

$$\gamma = \sqrt{(S \cdot h) / R} = \sqrt{(0,030 \cdot 0,857) / 100} = 0,0161$$

5. Кут контакту штаби з валками, рад:

$$\alpha = \sqrt{\Delta h / R} = \sqrt{0,213 / 100} = 0,0461$$

6. Відносний обтиск, %:

$$\varepsilon = \Delta h / H = 0,213 / 1,07 = 19,91\%$$

6. Показник тертя:

$$f_n = \frac{0,5 \cdot \ln(1 + \Delta h / h)}{\sqrt{R / h} \cdot (\arctg \sqrt{\Delta h / h} - (2\gamma / \alpha) \cdot \sqrt{\Delta h / h})} =$$

$$= \frac{0,5 \ln(1 + 0,213 / 1,07)}{\sqrt{100 / 0,857} \cdot (\arctg \sqrt{0,213 / 0,857} - (2 \cdot 0,0161 / 0,0461) \cdot \sqrt{0,213 / 0,857})} = 0,089$$

7. Коефіцієнт тертя:

$$f = 0,5\alpha / (1 - 2\gamma / \alpha) = 0,5 \cdot 0,0461 / (1 - 2 \cdot 0,0161 / 0,0461) = 0,0765$$

8. Коефіцієнт напруженого стану:

$$n_{\sigma} = f_n / f = 0,0899 / 0,0765 = 1,18$$

9. Фактичний опір метала деформації, н/мм²:

$$\sigma_{\phi} = 1,15[\sigma_{T0} + 0,67(\sigma_{T1} - \sigma_{T0})] = 1,15[56,875 + 0,67(93,75 - 56,875)] = 93,82$$

де σ_{T0} і σ_{T1} – напруження течії металу до та після деформації;
1,15 – коефіцієнт Лоде [18]

10. Середнє нормальне контактне напруження, н/мм² :

$$P_{cp} = n_{\sigma} \cdot \sigma_{\phi} = 1,18 \cdot 93,82 = 110,7$$

Визначення n_{σ} по дослідній силі прокатки

1. Середнє нормальне контактне напруження, н/мм² :

$$P_{cp} = P_{досл} / B_{cp} \cdot l_d = 13800 / 23,65 \cdot 4,615 = 126,44$$

де $P_{досл}$ - дослідна сила прокатки; B_{cp} - середня ширина штаби в осередку деформації

2. Коефіцієнт напруженого стану:

$$n_{\sigma} = P_{cp} / \sigma_{\phi} = 126,44 / 93,82 = 1,35$$

Визначення n_{σ} по випередженню

Прокатка з використанням емульсії

1. Абсолютний обтиск, мм:

$$\Delta h = H - h = 1,07 - 0,837 = 0,233 \text{ мм}$$

2. Довжина дуги контакту штаби з валками, мм:

$$l_d = \sqrt{\Delta h \cdot R} = \sqrt{0,233 \cdot 100} = 4,827 \text{ мм}$$

3. Випередження:

$$S = \frac{L_n - L_e}{L_e} = \frac{101,68 - 99}{101,68} = 0,027$$

де L_n і L_e відповідно довжина між керновими відмітками на штабі та

валках

4. Кут контакту штаби з валками, рад:

$$\gamma = \sqrt{(S \cdot h) / R} = \sqrt{(0,027 \cdot 0,837) / 100} = 0,015$$

5. Кут контакту штаби з валками, рад:

$$\alpha = \sqrt{\Delta h / R} = \sqrt{0,233 / 100} = 0,0483$$

6. Відносний обтиск, %:

7.

$$\varepsilon = \Delta h / H = 0,233 / 1,07 = 21,77\%$$

8. Показник тертя:

$$f_n = \frac{0,5 \cdot \ln(1 + \Delta h / h)}{\sqrt{R / h} \cdot (\arctg \sqrt{\Delta h / h} - (2\gamma / \alpha) \cdot \sqrt{\Delta h / h})} =$$

$$= \frac{0,5 \ln(1 + 0,233 / 0,837)}{\sqrt{100 / 0,837} \cdot (\arctg \sqrt{0,233 / 0,837} - (2 \cdot 0,0150 / 0,0483) \cdot \sqrt{0,233 / 0,837})} = 0,0716$$

9. Коефіцієнт тертя:

$$f = 0,5\alpha / (1 - 2\gamma / \alpha) = 0,5 \cdot 0,0483 / (1 - 2 \cdot 0,0150 / 0,0483) = 0,0640$$

10. Коефіцієнт напруженого стану:

$$n_\sigma = f_n / f = 0,0716 / 0,0640 = 1,12$$

11. Фактичний опір метала деформації, н/мм²:

$$\sigma_\phi = 1,15[\sigma_{T0} + 0,67(\sigma_{T1} - \sigma_{T0})] = 1,15[56,875 + 0,67(95,31 - 56,875)] = 95,02$$

де σ_{T0} і σ_{T1} – напруження течії металу до та після деформації;
1,15 – коефіцієнт Лоде [18]

12. Середнє нормальне контактне напруження, н/мм² :

$$P_{cp} = n_\sigma \cdot \sigma_\phi = 1,12 \cdot 95,02 = 106,4$$

Визначення n_σ по дослідній силі прокатки

1. Середнє нормальне контактне напруження, н/мм² :

$$P_{cp} = P_{досл} / B_{cp} \cdot l_d = 12800 / 23,65 \cdot 4,827 = 112,13$$

де $P_{досл}$ - дослідна сила прокатки; B_{cp} - середня ширина штаби в осередку деформації

2. Коефіцієнт напруженого стану:

$$n_\sigma = P_{cp} / \sigma_\phi = 112,13 / 95,02 = 1,18$$

Визначення n_σ по випередженню

Прокатка з використанням мастила – індустріальне 20

1. Абсолютний обтиск, мм:

$$\Delta h = H - h = 1,07 - 0,832 = 0,238 \text{ мм}$$

2. Довжина дуги контакту штаби з валками, мм:

$$l_d = \sqrt{\Delta h \cdot R} = \sqrt{0,238 \cdot 100} = 4,878 \text{ мм}$$

3. Випередження:

$$S = \frac{L_n - L_\epsilon}{L_\epsilon} = \frac{101,58 - 99}{101,58} = 0,0260$$

де $L_{\text{п}}$ і $L_{\text{в}}$ відповідно довжина між керновими відмітками на штабі та валках

4. Кут контакту штаби з валками, рад:

$$\gamma = \sqrt{(S \cdot h) / R} = \sqrt{(0,0260 \cdot 0,832) / 100} = 0,0147$$

5. Кут контакту штаби з валками, рад:

$$\alpha = \sqrt{\Delta h / R} = \sqrt{0,238 / 100} = 0,0488$$

6. Відносний обтиск, %:

$$\varepsilon = \Delta h / H = 0,238 / 1,07 = 22,24\%$$

7. Показник тертя:

$$\begin{aligned} f_n &= \frac{0,5 \cdot \ln(1 + \Delta h / h)}{\sqrt{R / h} \cdot (\arctg \sqrt{\Delta h / h} - (2\gamma / \alpha) \cdot \sqrt{\Delta h / h})} = \\ &= \frac{0,5 \ln(1 + 0,238 / 0,832)}{\sqrt{100 / 0,832} \cdot (\arctg \sqrt{0,238 / 0,832} - (2 \cdot 0,0147 / 0,0488) \cdot \sqrt{0,238 / 0,832})} = 0,068 \end{aligned}$$

8. Коефіцієнт тертя:

$$f = 0,5\alpha / (1 - 2\gamma / \alpha) = 0,5 \cdot 0,0488 / (1 - 2 \cdot 0,0147 / 0,0488) = 0,0615$$

9. Коефіцієнт напруженого стану:

$$n_{\sigma} = f_n / f = 0,068 / 0,0615 = 1,11$$

10. Фактичний опір метала деформації, н/мм²:

$$\sigma_{\phi} = 1,15[\sigma_{T0} + 0,67(\sigma_{T1} - \sigma_{T0})] = 1,15[56,875 + 0,67(95,935 - 56,875)] = 95,50$$

де σ_{T0} і σ_{T1} – напруження течії металу до та після деформації;
1,15 – коефіцієнт Лоде [18]

11. Середнє нормальне контактне напруження, н/мм² :

$$P_{cp} = n_{\sigma} \cdot \sigma_{\phi} = 1,11 \cdot 95,50 = 106,0$$

Визначення n_{σ} по дослідній силі прокатки

1. Середнє нормальне контактне напруження, н/мм² :

$$P_{cp} = P_{досл} / B_{cp} \cdot l_d = 12600 / 23,65 \cdot 4,878 = 109,22$$

де $P_{досл}$ - дослідна сила прокатки; B_{cp} - середня ширина штаби в осередку деформації

2. Коефіцієнт напруженого стану:

$$n_{\sigma} = P_{cp} / \sigma_{\phi} = 109,22 / 95,50 = 1,14$$

Визначення n_{σ} по випередженню

Прокатка без мастила

1. Абсолютний обтиск, мм:

$$\Delta h = H - h = 1,07 - 0,871 = 0,36 \text{ мм}$$

2. Довжина дуги контакту штаби з валками, мм:

$$l_d = \sqrt{\Delta h \cdot R} = \sqrt{0,36 \cdot 100} = 6,0 \text{ мм}$$

3. Випередження:

$$S = \frac{L_n - L_e}{L_e} = \frac{105,5 - 99}{105,5} = 0,066$$

де L_n і L_e відповідно довжина між керновими відмітками на штабі та валках

4. Кут контакту штаби з валками, рад:

$$\gamma = \sqrt{(S \cdot h) / R} = \sqrt{(0,066 \cdot 0,71) / 100} = 0,0216$$

5. Кут контакту штаби з валками, рад:

$$\alpha = \sqrt{\Delta h / R} = \sqrt{0,36 / 100} = 0,06$$

6. Відносний обтиск, $\times 100$ %:

$$\varepsilon = \Delta h / H = 0,36 / 1,07 = 33,65\%$$

7. Показник тертя:

$$f_n = \frac{0,5 \cdot \ln(1 + \Delta h / h)}{\sqrt{R / h} \cdot (\operatorname{arctg} \sqrt{\Delta h / h} - (2\gamma / \alpha) \cdot \sqrt{\Delta h / h})} =$$

$$= \frac{0,5 \ln(1 + 0,36 / 0,71)}{\sqrt{100 / 0,71} \cdot (\operatorname{arctg} \sqrt{0,36 / 0,71} - (2 \cdot 0,0216 / 0,06) \cdot \sqrt{0,36 / 0,71})} = 0,163$$

8. Коефіцієнт тертя:

$$f = 0,5\alpha / (1 - 2\gamma / \alpha) = 0,5 \cdot 0,06 / (1 - 2 \cdot 0,0216 / 0,06) = 0,107$$

9. Коефіцієнт напруженого стану:

$$n_\sigma = f_n / f = 0,163 / 0,107 = 1,52$$

10. Фактичний опір метала деформації, н/мм²:

$$\sigma_\phi = 1,15[\sigma_{T0} + 0,67(\sigma_{T1} - \sigma_{T0})] = 1,15[56,875 + 0,67(104,375 - 56,875)] = 102,01$$

де σ_{T0} і σ_{T1} – напруження течії металу до та після деформації;
1,15 – коефіцієнт Лоде [18]

11. Середнє нормальне контактне напруження, н/мм² :

$$P_{cp} = n_\sigma \cdot \sigma_\phi = 1,52 \cdot 102,01 = 154,9$$

Визначення n_{σ} по дослідній силі прокатки

1. Середнє нормальне контактне напруження, н/мм² :

$$P_{cp} = P_{досл} / B_{cp} \cdot l_d = 23800 / 23,8 \cdot 6,0 = 166,6$$

де $P_{досл}$ - дослідна сила прокатки; B_{cp} - середня ширина штаби в осередку деформації

2. Коефіцієнт напруженого стану:

$$n_{\sigma} = P_{cp} / \sigma_{\phi} = 166,6 / 102,01 = 1,63$$

Визначення n_{σ} по випередженню

Прокатка на воді

1. Абсолютний обтиск, мм:

$$\Delta h = H - h = 1,07 - 0,68 = 0,39 \text{ мм}$$

3. Довжина дуги контакту штаби з валками, мм:

$$l_d = \sqrt{\Delta h \cdot R} = \sqrt{0,39 \cdot 100} = 6,245 \text{ мм}$$

4. Випередження:

$$S = \frac{L_n - L_e}{L_e} = \frac{104,5 - 99}{104,5} = 0,055$$

де $L_{\text{п}}$ і $L_{\text{в}}$ відповідно довжина між керновими відмітками на штабі та валках

5. Кут контакту штаби з валками, рад:

$$\gamma = \sqrt{(S \cdot h) / R} = \sqrt{(0,055 \cdot 0,68) / 100} = 0,0194$$

6. Кут контакту штаби з валками, рад:

$$\alpha = \sqrt{\Delta h / R} = \sqrt{0,39 / 100} = 0,0625$$

7. Відносний обтиск, $\times 100$ %:

$$\varepsilon = \Delta h / H = 0,39 / 1,07 = 36,45\%$$

8. Показник тертя:

$$\begin{aligned} f_n &= \frac{0,5 \cdot \ln(1 + \Delta h / h)}{\sqrt{R / h} \cdot (\arctg \sqrt{\Delta h / h} - (2\gamma / \alpha) \cdot \sqrt{\Delta h / h})} = \\ &= \frac{0,5 \ln(1 + 0,39 / 0,68)}{\sqrt{100 / 0,68} \cdot (\arctg \sqrt{0,39 / 0,68} - (2 \cdot 0,0194 / 0,0625) \cdot \sqrt{0,39 / 0,68})} = 0,106 \end{aligned}$$

9. Коефіцієнт тертя:

$$f = 0,5\alpha / (1 - 2\gamma / \alpha) = 0,5 \cdot 0,0625 / (1 - 2 \cdot 0,0194 / 0,0625) = 0,083$$

9. Коефіцієнт напруженого стану:

$$n_{\sigma} = f_n / f = 0,106 / 0,083 = 1,28$$

10. Фактичний опір метала деформації, н/мм²:

$$\sigma_{\phi} = 1,15[\sigma_{T0} + 0,67(\sigma_{T1} - \sigma_{T0})] = 1,15[56,875 + 0,67(104,375 - 56,875)] = 103,45$$

де σ_{T0} і σ_{T1} – напруження течії металу до та після деформації;
1,15 – коефіцієнт Лоде [18]

11. Середнє нормальне контактне напруження, н/мм² :

$$P_{cp} = n_{\sigma} \cdot \sigma_{\phi} = 1,28 \cdot 103,45 = 132,4$$

Визначення n_{σ} по дослідній силі прокатки

1. Середнє нормальне контактне напруження, н/мм² :

$$P_{cp} = P_{досл} / B_{cp} \cdot l_d = 22600 / 23,85 \cdot 6,245 = 151,73$$

де $P_{досл}$ - дослідна сила прокатки; B_{cp} - середня ширина штаби в осередку деформації

2. Коефіцієнт напруженого стану:

$$n_{\sigma} = P_{cp} / \sigma_{\phi} = 151,73 / 103,45 = 1,46$$

Визначення n_{σ} по випередженню

Прокатка з використанням емульсії

1. Абсолютний обтиск, мм:

$$\Delta h = H - h = 1,07 - 0,615 = 0,455 \text{ мм}$$

3. Довжина дуги контакту штаби з валками, мм:

$$l_d = \sqrt{\Delta h \cdot R} = \sqrt{0,455 \cdot 100} = 6,745 \text{ мм}$$

3. Випередження:

$$S = \frac{L_n - L_e}{L_e} = \frac{102,25 - 99}{102,25} = 0,033$$

де L_n і L_e відповідно довжина між керновими відмітками на штабі та валках

4. Кут контакту штаби з валками, рад:

$$\gamma = \sqrt{(S \cdot h) / R} = \sqrt{(0,033 \cdot 0,615) / 100} = 0,0142$$

5. Кут контакту штаби з валками, рад:

$$\alpha = \sqrt{\Delta h / R} = \sqrt{0,455 / 100} = 0,0675$$

6. Відносний обтиск, x100 %:

$$\varepsilon = \Delta h / H = 0,455 / 1,07 = 42,52\%$$

7. Показник тертя:

$$f_n = \frac{0,5 \cdot \ln(1 + \Delta h / h)}{\sqrt{R/h} \cdot (\arctg \sqrt{\Delta h / h} - (2\gamma / \alpha) \cdot \sqrt{\Delta h / h})} =$$

$$= \frac{0,5 \ln(1 + 0,455 / 0,615)}{\sqrt{100 / 0,615} \cdot (\arctg \sqrt{0,455 / 0,615} - (2 \cdot 0,0142 / 0,0675) \cdot \sqrt{0,455 / 0,615})} = 0,062$$

8. Коефіцієнт тертя:

$$f = 0,5\alpha / (1 - 2\gamma / \alpha) = 0,5 \cdot 0,0675 / (1 - 2 \cdot 0,0142 / 0,0675) = 0,058$$

9. Коефіцієнт напруженого стану:

$$n_\sigma = f_n / f = 0,062 / 0,058 = 1,07$$

10. Фактичний опір метала деформації, н/мм²:

$$\sigma_\phi = 1,15[\sigma_{T0} + 0,67(\sigma_{T1} - \sigma_{T0})] = 1,15[56,875 + 0,67(109,69 - 56,875)] = 106,10$$

де σ_{T0} і σ_{T1} – напруження течії металу до та після деформації;
1,15 – коефіцієнт Лоде [18]

11. Середнє нормальне контактне напруження, н/мм² :

$$P_{cp} = n_\sigma \cdot \sigma_\phi = 1,07 \cdot 106,10 = 113,5$$

Визначення n_σ по дослідній силі прокатки

1. Середнє нормальне контактне напруження, н/мм² :

$$P_{cp} = P_{досл} / B_{cp} \cdot l_d = 19800 / 23,95 \cdot 6,745 = 122,57$$

де $P_{досл}$ - дослідна сила прокатки; B_{cp} - середня ширина штаби в осередку деформації

2. Коефіцієнт напруженого стану:

$$n_\sigma = P_{cp} / \sigma_\phi = 122,57 / 106,10 = 1,15$$

Визначення n_σ по випередженню

Прокатка з використанням мастила – індустріальне 20

1. Абсолютний обтиск, мм:

$$\Delta h = H - h = 1,07 - 0,610 = 0,46 \text{ мм}$$

2. Довжина дуги контакту штаби з валками, мм:

$$l_d = \sqrt{\Delta h \cdot R} = \sqrt{0,46 \cdot 100} = 6,782 \text{ мм}$$

3. Випередження:

$$S = \frac{L_n - L_\phi}{L_\phi} = \frac{102,10 - 99}{102,10} = 0,031$$

де L_n і L_ϕ відповідно довжина між керновими відмітками на штабі та валках

3. Кут контакту штаби з валками, рад:

$$\gamma = \sqrt{(S \cdot h) / R} = \sqrt{(0,031 \cdot 0,61) / 100} = 0,0132$$

4. Кут контакту штаби з валками, рад:

$$\alpha = \sqrt{\Delta h / R} = \sqrt{0,46 / 100} = 0,0678$$

5. Відносний обтиск, x100 %:

$$\varepsilon = \Delta h / H = 0,46 / 1,07 = 42,99\%$$

6. Показник тертя:

$$\begin{aligned} f_n &= \frac{0,5 \cdot \ln(1 + \Delta h / h)}{\sqrt{R / h} \cdot (\arctg \sqrt{\Delta h / h} - (2\gamma / \alpha) \cdot \sqrt{\Delta h / h})} = \\ &= \frac{0,5 \ln(1 + 0,46 / 0,61)}{\sqrt{100 / 0,61} \cdot (\arctg \sqrt{0,46 / 0,61} - (2 \cdot 0,0132 / 0,0678) \cdot \sqrt{0,46 / 0,61})} = 0,0607 \end{aligned}$$

7. Коефіцієнт тертя:

$$f = 0,5\alpha / (1 - 2\gamma / \alpha) = 0,5 \cdot 0,0678 / (1 - 2 \cdot 0,0132 / 0,0678) = 0,057$$

8. Коефіцієнт напруженого стану:

$$n_\sigma = f_n / f = 0,0607 / 0,057 = 1,06$$

9. Фактичний опір метала деформації, н/мм²:

$$\sigma_{\phi} = 1,15[\sigma_{T0} + 0,67(\sigma_{T1} - \sigma_{T0})] = 1,15[56,875 + 0,67(110,31 - 56,875)] = 106,58$$

де σ_{T0} і σ_{T1} – напруження течії металу до та після деформації;
1,15 – коефіцієнт Лоде [18]

10. Середнє нормальне контактне напруження, н/мм² :

$$P_{cp} = n_{\sigma} \cdot \sigma_{\phi} = 1,06 \cdot 106,58 = 112,9$$

Визначення n_{σ} по дослідній силі прокатки

1. Середнє нормальне контактне напруження, н/мм² :

$$P_{cp} = P_{досл} / B_{cp} \cdot l_d = 19400 / 24,0 \cdot 6,782 = 119,19$$

де $P_{досл}$ - дослідна сила прокатки; B_{cp} - середня ширина штаби в осередку деформації

2. Коефіцієнт напруженого стану:

$$n_{\sigma} = P_{cp} / \sigma_{\phi} = 119,19 / 106,58 = 1,11$$

Результати експериментів та розрахунків приведені в таблиці 3.1 та на рисунках 3.1-3.6

3.3 Обробка та обговорення результатів досліджень

Як видно із результатів досліджень, рисунків 3.1.-3.6 і таблиці 3.1 визначення ефективності мастил по коефіцієнту напруженого стану показує, що показники ефективності мастил визначені по геометричним та силовим параметрам (розділ 2.2) співпадають з показниками визначеними по коефіцієнту напруженого стану. Різниця між коефіцієнтами напруженого стану визначених по випередженню та експериментально знаходяться в межах 2-7%. При прокатуванні з водою похибка досягає до 12% за рахунок нестабільного процесу.

3.4 Пропозиції та заходи що до вдосконалення процесу

В цілому експерименти та розрахунки показали, що спосіб визначення енергосилових параметрів по випередженню можливо використовувати в лабораторних та промислових умовах без використання спеціального обладнання.

Таблиця 3.1 – Результати експериментальних та теоретичних досліджень

| Масило | h_{cp} , мм | l_d , мм | l_d/h_{cp} | $L_{п}$, мм | S | α , рад | γ , рад | $f_{п}$ | f | $P_{cp.експ}$, Н/мм ² | σ_f , Н/мм ² | n σ | | $P_{cp.n\sigma}$ |
|----------------------|------------------|---------------|--------------|-----------------|--------|-------------------|-------------------|---------|--------|--------------------------------------|-----------------------------------|------------|------------------|------------------|
| | | | | | | | | | | | | по S | по $P_{експ}$ | |
| без мастила | 0,965 | 4,583 | 4,749 | 102,5 | 0,0353 | 0,0458 | 0,0174 | 0,122 | 0,0960 | 129,17 | 93,55 | 1,28 | 1,38 | 119,2 |
| вода | 0,964 | 4,615 | 4,790 | 102,0 | 0,0300 | 0,0461 | 0,0161 | 0,0899 | 0,0765 | 126,44 | 93,82 | 1,18 | 1,35 | 110,7 |
| емульсія | 0,954 | 4,827 | 5,062 | 101,68 | 0,0270 | 0,0483 | 0,0150 | 0,0716 | 0,0640 | 112,13 | 95,02 | 1,12 | 1,18 | 106,4 |
| індустріаль не 20 | 0,951 | 4,878 | 5,129 | 101,58 | 0,0260 | 0,0488 | 0,0147 | 0,0680 | 0,0615 | 109,22 | 95,50 | 1,11 | 1,14 | 106,0 |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| без мастила | 0,890 | 6,0 | 6,742 | 105,50 | 0,066 | 0,0600 | 0,0216 | 0,163 | 0,107 | 166,67 | 102,01 | 1,52 | 1,63 | 154,9 |
| вода | 0,875 | 6,245 | 7,137 | 104,50 | 0,055 | 0,0625 | 0,0194 | 0,106 | 0,083 | 151,73 | 103,46 | 1,28 | 1,46 | 132,4 |
| емульсія | 0,843 | 6,745 | 8,006 | 102,25 | 0,033 | 0,0675 | 0,0142 | 0,062 | 0,058 | 122,57 | 106,10 | 1,07 | 1,15 | 113,5 |
| індустріаль не 20 | 0,840 | 6,782 | 8,074 | 102,10 | 0,031 | 0,0678 | 0,0132 | 0,0607 | 0,057 | 119,19 | 106,58 | 1,06 | 1,11 | 112,9 |

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Для підвищення працездатності, одним із головних чинників є правильно організоване робоче місце в приміщенні лабораторії. Комфортні і безпечні умови праці – один з основних факторів, які впливають на продуктивність працюючих.

Об'єктом дослідження є приміщення лабораторії, яке знаходиться на першому поверсі Запорізької державної інженерної академії.

В приміщенні на працівника можуть негативно впливати наступні фактори:

шкідливі:

- підвищена або знижена температура повітря;
- підвищена або знижена вологість повітря;
- недостатня освітленість робочого місця;
- електромагнітні випромінювання різних частотних діапазонів;
- підвищений рівень шуму;
- іонізація повітря;
- статична електрика;

небезпечні:

- небезпека ураження електричним струмом;

психофізіологічні:

- перенапруження зорового аналізатора;
- статичні, фізичні навантаження та недостатня рухома активність;
- нервово-емоційне напруження;
- розумове напруження.

Аналіз шкідливих і небезпечних факторів для робочого місця в приміщенні лабораторії представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Оцінка факторів виробничого та трудового процесу працівника лабораторії

| № | Фактори виробничого середовища та трудового процесу | Нормативне значення | Фактичне значення | III клас: шкідливі та небезпечні умови, характер праці | | | Час дії фактора, % |
|---|---|---|-------------------|--|------------|-------------|--------------------|
| | | | | I ступінь | II ступінь | III ступінь | |
| 1 | Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ : I клас безпеки – озон | 0,1 | 0,1 | | | | 40 |
| | II клас безпеки | | | | | | |
| | III-IV клас безпеки – оксиди азоту | 5 | 2 | | | | 40 |
| 2 | Пил, фіброгенної дії, мг/м ³ | 4 | 2 | | | | 50 |
| 3 | Шум, дБА | 50-60 | 68 | 8 | | | 75 |
| 4 | Мікроклімат в приміщенні: - температура повітря, °С | 22-24 | 22 | | | | 100 |
| | - швидкість руху повітря, м/с | 0,1-0,2 | 0,1 | | | | 100 |
| | - відносна вологість повітря, % | 40-60 | 50 | | | | 100 |
| 5 | Важкість і напруженість праці | категорія важкості праці – легка, категорія напруженості праці – мало напружена | | | | | |

Таким чином, аналіз шкідливих і небезпечних факторів дозволяє зробити висновок, що умови праці в приміщенні характеризуються наявністю нешкідливих виробничих чинників, окрім підвищеного рівня шуму, які не призводять до зростання захворюваності з втратою працездатності та проявом початкових ознак професійної патології.

4.2 Заходи з поліпшення умов праці

Приміщення лабораторії є приміщенням легкої категорії (виконуються

легкі фізичні роботи), тому повинні дотримуватися такі вимоги [22]:

- оптимальна температура повітря – 22 °С (допустима – 21-25 °С);
- оптимальна відносна вологість – 40-60% (допустима – не більше 75%);
- швидкість руху повітря не більше 0,1 м/с;
- атмосферний тиск – 750 мм.рт.ст.;
- вміст пилу – не більше 4 мг/м³ повітря робочого місця, максимальні розміри частинок – 2 мкм.

Температура повітря в приміщенні не повинна опускатися нижче +19°С, а при повній завантаженості устаткування температура повітря не повинна перевищувати +25°С.

Для створення і автоматичної підтримки в приміщенні оптимальних значень температури та вологості повітря в холодну пору року використовується водяне опалення, в теплу пору року застосовується кондиціонування повітря. Кондиціонер є вентиляційною установкою, яка за допомогою приладів автоматичного регулювання підтримує в приміщенні задані параметри повітряного середовища [22].

При виконанні зорових робіт високої точності загальна освітленість повинна складати 300 лк, а комбінована – 750 лк; аналогічні вимоги при виконанні робіт середньої точності – 200 лк і 300 лк відповідно. При цьому все поле зору повинне бути освітлено достатньо рівномірно – це основна гігієнічна вимога [23].

У зв'язку з тим, що природне освітлення приміщення здійснюється через віконні отвори і є дуже слабким, на робочому місці має застосовуватися також штучне освітлення. Штучне освітлення створюють електричним джерелом світла, яке включають в міру необхідності, регулюють інтенсивність світлового потоку і його спрямованість.

Додаткове штучне освітлення застосовується не тільки в темний, але і в світлий час доби. У якості джерела штучного освітлення звичайно використовуються люмінесцентні лампи типа ЛБ, або ДРЛ, які попарно

об'єднуються в світильники, які повинні розташовуватися рівномірно над робочими поверхнями [23].

Високий рівень шуму, створюваний робочим обладнанням, обладнанням для кондиціонування повітря, вентиляторами систем охолодження є одним з несприятливих факторів виробничого середовища. Тривала дія шуму високої інтенсивності призводить до патології слухового органу та негативно впливає на нервову систему. Шум призводить до швидкої стомлюваності людини, що в свою чергу веде до виробничих помилок.

Зниження шуму в джерелі випромінювання можна забезпечити застосуванням пружних прокладок між підставою машини, приладу і опорною поверхнею. В якості прокладок використовуються гума, войлок, пробка, різної конструкції амортизатори. Під настільні шумливі апарати можна підкладати м'які килимки з синтетичних матеріалів, а під ніжки столів, на яких вони встановлені, – прокладки з м'якої гуми, войлоку, завтовшки 6-8 мм. Кріплення прокладок можливо шляхом приклейки їх до опорних частин.

Зниження рівня шуму, проникаючого в виробниче приміщення ззовні, може бути досягнуто збільшенням звукоізоляції захищаючих конструкцій, ущільненням по периметру притворів вікон, дверей. Еквівалентний рівень звуку не повинен перевищувати 60 дБА. Для того, щоб добитися цього рівня шуму рекомендується застосовувати звукопоглинальне покриття стін.

- В якості заходів для зниження шуму можна запропонувати наступне:
- екранування робочого місця (постановкою перегородок, діафрагм);
 - установка нового устаткування з меншим рівнем шуму.

При обладнанні і організації робочого місця, треба забезпечувати відповідність конструкції всіх елементів робочого місця та їх взаємного розташування ергономічним вимогам з урахуванням характеру і особливостей трудової діяльності.

Робочі місця слід так розташовувати відносно світлових прорізів, щоб

природне світло падало збоку, переважно зліва, щоб уникнути попадання в очі прямого світла. Джерела освітлення рекомендується розташовувати з обох боків робочого місця паралельно напрямку погляду. Для уникнення світлових відблисків від світильників загального освітлення або сонячних променів, необхідно використовувати антивідблискові сітки, захисні козирки, на вікнах – жалюзі.

4.3 Заходи з електробезпеки

Відповідно до Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) за ступенем небезпеки ураження людей електричним струмом приміщення лабораторії відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки, оскільки в ньому відсутні умови, що створюють підвищену або особливу небезпеку [24].

Основними споживачами електроенергії в приміщенні є система штучного освітлення, обладнання, кондиціонер, допоміжні пристрої. Напруга, яка використовується для роботи електричних приладів складає 220 В.

Обладнання підключено до електромережі тільки за допомогою справних штепсельних з'єднань і електророзеток заводського виготовлення. Розетки знаходяться на відстані 80 см від полу.

Основними причинами поразки працівника приміщення електричним струмом на робочому місці можуть бути: поява напруги дотику на металевих конструктивних частинах обладнання у результаті пошкодження ізоляції; несправність розетки; пошкодження ізоляції дротів; порушення правил експлуатації техніки; заборонене використання електричних приладів, таких як електричні плити, чайники, обігрівачі.

Основними заходами запобігання ураження електричним струмом в приміщенні є захист від дотику до частин електрообладнання, що

знаходяться під напругою, застосування малих напруг, захисного заземлення і відключення, а також організаційні заходи [25].

Електричні мережі і установки в приміщенні виконані так, що їх струмоведучі частини недоступні для випадкового дотику, підлога дерев'яна для зниження величини виникаючих зарядів статичної електрики, також передбачена система аварійного відключення електрики в разі поломки або аварійної ситуації.

4.4 Заходи з пожежної та техногенної безпеки

Приміщення лабораторії можна віднести до категорії «В», а ступінь вогнестійкості приміщення можна визначити як II [26].

Причинами виникнення пожежі в приміщенні можуть бути:

- несправності електропроводки, розеток і вимикачів, які можуть призвести до короткого замикання або пробією ізоляції;
- використання пошкоджених (несправних) електроприладів;
- використання в приміщенні електронагрівальних приладів з відкритими нагрівальними елементами;
- неакуратне поводження з вогнем та недотримання заходів пожежної безпеки.

Для запобігання пожежі приміщення повинно бути оснащено системою автоматичної пожежної сигналізації з димовими пожежними оповіщувачами, кнопкою виклику пожежної служби та переносним вуглекислотним вогнегасником. Не рідше одного разу на квартал необхідно очищати від пилу агрегати та вузли, кабельні канали та простір між підлогами.

Біля телефонних апаратів повинні бути знаходитись таблички з номером виклику пожежної служби, внаслідок виникнення пожежі. Шлях до виходу при евакуації в надзвичайних ситуаціях не повинен бути заставлений речами чи сміттям, що будуть заважати.

У випадку виникнення пожежі необхідно:

- необхідно залишатися спокійним, не панікувати;
- при необхідності прийняти заходи щодо евакуації та порятунку людей та матеріальних цінностей;
- у разі виявлені пожежі, ознак горіння, задимлення чи запаху необхідно визначити причину, і при можливості розпочати заходи ліквідації пожежі;
- при горінні діючих електроустановок необхідно використовувати вуглекислотні вогнегасники;
- при неможливості ліквідації пожежі необхідно повідомити пожежну службу по телефону 101;
- при повідомленні необхідно чітко назвати адресу, назву установи, що горить, чи є в приміщенні люди, або вибухові речовини;
- після виклику необхідно зустріти пожежну службу, організувати доступ на територію підприємства, чи установи, допомогти, якщо це потрібно.

4.5 Розрахунок захисного заземлення

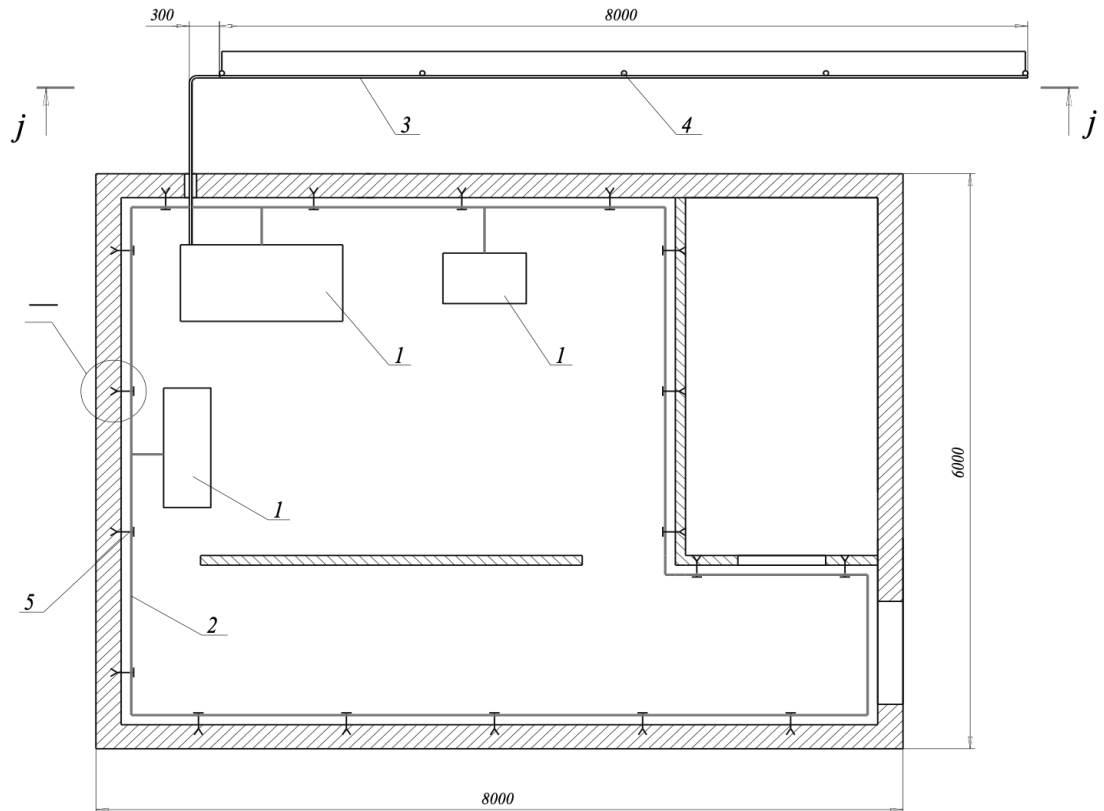
Для забезпечення захисту від ураження електричним струмом при дотику до металевих не струмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою в результаті пошкодження ізоляції, в приміщенні пропонується застосувати захисне заземлення.

Призначення захисного заземлення – створення між металевими конструкціями або корпусом електричного обладнання і землею електричного з'єднання досить малого опору, щоб у разі замикання на землю при дотику людини через його тіло пройшов струм малої величини, безпечний для організму.

Зробимо розрахунок захисного заземлення для приміщення лабораторії

(рис. 4.1).

Вибираємо виносний заземлювальний пристрій, який застосовується при малих струмах замикання на землю, зокрема в установках до 1000 В.



1 – електроустановка; 2 – внутрішній контур заземлення; 3 – сполучна смуга;
4 – заземлювач; 5 – скоба кріплення.

Рисунок 4.1 – Схема виносного заземлення

Заземлювач передбачається виконати з вертикальних труб $l = 2$ м із зовнішнім діаметром $d = 0,03$ м, верхні кінці яких з'єднуються між собою за допомогою горизонтального електрода – сталевій смуги перетином 4×40 мм, покладеної в землю на глибині $t = 0,7$ м. Питомий електричний опір ґрунту $\rho = 100$ Ом·м. Коефіцієнт сезонності для вертикального заземлювача дорівнює $\psi = 1,3$. Нормативний опір заземлювача – 4 Ом.

Визначимо розрахунковий питомий опір ґрунту для вертикального заземлювача [25]:

$$\rho_e = \psi_e \cdot \rho, \quad (4.1)$$

$$\rho_e = 1,3 \cdot 100 = 130 \text{ Ом}\cdot\text{м.}$$

Опір розтіканню струму одиночного вертикального заземлювача, заглибленого в землю на 0,7 м:

$$R_0 = \left(\frac{\rho_e}{2\pi d} \right) \left[\ln \frac{2 \cdot l}{d} + 0,5 \ln \frac{4 \cdot t + 3 \cdot l}{4 \cdot t + l} \right], \quad (4.2)$$

$$R_0 = \left(\frac{130}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \right) \cdot \left[\ln \frac{2 \cdot 2}{0,03} + 0,5 \ln \frac{4 \cdot 0,7 + 3 \cdot 2}{4 \cdot 0,7 + 2} \right] = 15,18 \text{ Ом.}$$

Орієнтовна кількість вертикальних заземлювачів складе:

$$n = \frac{1,3 \cdot R_0}{R_n}, \quad (4.3)$$

$$n = \frac{1,3 \cdot 15,18}{4} = 5 \text{ шт.}$$

Знаходимо відношення відстані між заземлювачами до їх довжини:

$$A = \frac{a}{l}, \quad (4.4)$$

$$A = \frac{2}{2} = 1.$$

Коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів $\eta_e = 0,7$, горизонтальних заземлювачів – $\eta_z = 0,74$.

Опір розтіканню струму групи вертикальних заземлювачів:

$$R_g = \frac{R_0}{n \cdot \eta_g}, \quad (4.5)$$

$$R_g = \frac{15,18}{5 \cdot 0,7} = 4,3 \text{ Ом.}$$

Довжина горизонтальної сполучної смуги:

$$l_z = a \cdot (n - 1), \quad (4.6)$$

$$l_z = 2 \cdot (5 - 1) = 8 \text{ м.}$$

Коефіцієнт сезонності для горизонтального заземлювача при довжині смуги 8 м – $\psi_z = 2,5$.

Розрахунковий питомий опір ґрунту для горизонтального заземлювача:

$$\rho_z = \psi_z \cdot \rho, \quad (4.7)$$

$$\rho_z = 2,5 \cdot 100 = 250 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

Опір горизонтальної смуги, поглибленої в землю на 0,7 м становить:

$$R_z = \left(\frac{\rho_z}{2\pi \cdot l_z \cdot \eta_z} \right) \ln \left(\frac{2l_z^2}{bt} \right), \quad (4.8)$$

$$R_z = \left(\frac{250}{2 \cdot 3,14 \cdot 8 \cdot 0,74} \right) \ln \left(\frac{2 \cdot 8^2}{0,04 \cdot 0,7} \right) = 56,65 \text{ Ом.}$$

Опір заземлювачів в цілому:

$$R_3 = \frac{R_6 \cdot R_2}{R_6 + R_2}, \quad (4.9)$$

$$R_3 = \frac{4,3 \cdot 56,65}{4,3 + 56,65} = 4 \text{ Ом.}$$

Отриманий опір заземлювачів дорівнює номінальному (4 Ом), що відповідає вимогам ПБЕ.

Розташовуємо 5 заземлювачів в ряд на відстані 2 м один від одного.

В розділі «Охорона праці та техногенна безпека» було проведено аналіз умов праці на робочому місці в приміщенні лабораторії. Виявлені шкідливі та небезпечні фактори виробничого середовища і розроблені заходи, націлені на утворення безпечних умов праці, що відповідають вимогам усіх норм і стандартів з охорони праці. Розкриті питання електро-, пожежної та техногенної безпеки в приміщенні. Проведено розрахунок захисного заземлення.

ВИСНОВКИ

Експериментально показано, що збільшення в'язкості мастила зменшує енергосилові параметри прокатування алюмінієвих зразків до 10-18%.

Ефективність мастила – індустріальне 20 і емульсії по різних показникам при прокатуванні практично однакові, а різниця складає 1-3% .

Охолоджуюча здатність звичайних прокатних емульсій (концентрацією 2-5%) практично така ж як у води. Найбільш універсальною для холодної прокатки є прокатна емульсія концентрацією 2-5%.

Спосіб визначення енергосилових параметрів по випередженню можливо використовувати в лабораторних і прокатних умовах без використання спеціальної апаратури.

В розділі «Охорона праці та техногенна безпека» було проведено аналіз умов праці на робочому місці в приміщенні лабораторії. Виявлені шкідливі та небезпечні фактори виробничого середовища і розроблені заходи, націлені на утворення безпечних умов праці, що відповідають вимогам усіх норм і стандартів з охорони праці. Розкриті питання електро-, пожежної та техногенної безпеки в приміщенні. Проведено розрахунок захисного заземлення.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1 Ніколаєв В.О., Мазур В.Л. Виробництво плоского прокату. Підручник Запоріжжя, ЗНТУ, 2010. 320 с.
- 2 Ніколаєв В.О., Мазур В.Л. Технологія виробництва сортового та листового прокату. Навч. посібник. Частина П. Запоріжжя: ЗДІА, 2000. 220 с.
- 3 Николаев В.А. Теория прокатки полос. Запорожье, ЗГИА, 2014. 258 с.
- 4 Николаев В.А. Трение и технологические смазки при прокатке. Запорожье, ЗГИА. 2002. 114 с. Данченко В. М., Гринкевич В. О., Головки О. М. Теорія процесів обробки металів тиском : підручник. Дніпропетровськ : Пороги, 2008. 370 с.
5. Серета Б. П. Прокатне виробництво : навч.-метод. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2008. 252 с.
6. Василев Я. Д., Мінаєв О. А. Теорія поздовжньої прокатки : підручник. Донецьк: УНІТЕХ, 2009. 488 с.
7. Николаев В. А. Теория процессов прокатки : учеб. пособ. Запорожье : ЗГИА, 2002. 188 с.
8. Серета Б. П., Прищип М. Г. Теорія процесів прокатного та трубного виробництва : метод. вказівки до лаборатор. практик. Запоріжжя : ЗДІА, 2004. 42 с.
- 10 Николаев В.А. Валки прокатных станов. Навч. посібник. Запорожье: ЗГИА, 2000. 176 с.
- 11 Горенштейн М.М. Трение и технологические смазки при прокатке, - К.: Техніка, 1972. 192 с.
- 12 Ионов С.М., Белосевич В.К. Эмульсии для холодной прокатки. Производство проката. 1999. № 6. – С. 3 – 6.
- 13 Николаев В.А. Влияние температуры металла на параметри прокатки с технологическими смазками. Изв.вуз. «Черная металлургия», 1975. № 12. С. 91 – 93.

- 14 Клапанов В.И. Тонколистовая высокоскоростная прокатка металла с экономичными технологическими смазками. Киев УМКВО, 1990. 76 с.
- 15 Мазур В.Л. Производство листа с высококачественной поверхностью. К.: Техника, 1982. 166 с.
- 16 Николаев В.А. Теория прокатки. Запорожье, ЗГИА. 2007. 228 с.
- 17 Николаев В.А., Путники А.Ю. Формирование толщины полосы при прокатке на широкополосных станах. Запорожье: Дикое поле, 2011. С.9 – 18.
- 18 Николаев В.А., Васильев А.Г., Куприков В.О. Экспериментальное и Теоретическое определение силы прокатки полос. *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2015. № 2. С. 33 – 37.
- 19 Николаев В.А. Среднее нормальное контактное напряжение при холодной прокатке полос. *Производство проката*. 2012. № 1. С. 6 – 8.
- 20 Николаев В.А. Оценка методов расчета нормальных напряжений при прокатке полос. *Производство проката*. 2013. № 9. С. 20 – 25.
- 21 Николаев В.А., жученко С.В., Васильев А.Г. Определение силы прокатки по опытному опережению. *Производство проката*. 2015. № 8. С. 12 – 15.
- 22 Жидецкий В.Ц. Основи охорони праці. Львів: Афіша, 2002. 320 с.
- 23 Геврик Є.О. Охорона праці: [навчальний посібник для студентів вищих Навчальних закладів]. К.: Ельга, Ніка-Центр, 2003. 280 с.
- 24 ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования. 1992