

Міністерство освіти і науки України

Інженерний інститут Запорізького національного університету

(повне найменування вищого навчального закладу)

Металургійний факультет

(назва факультету)

Кафедра обробки металів тиском

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до магістерської роботи

рівень вищої освіти магістерський

(другий (магістерський) рівень)

на тему «Аналіз якості холоднокатаних штаб після дресування зі змащуванням та без змащування».

Виконав: студент 2 курсу,
Соловйова Д.В.

(ПІБ)

групи МЕТ-18-3мз

(підпис)

спеціальності

136 Металургія

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

освітньо-професійна програма

Обробка металів тиском

(шифр і назва)

Керівник Кругляк Д.О.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Запоріжжя, 2020

Інженерний інститут Запорізького національного університету
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Металургійний

Кафедра Обробки металів тиском

Рівень вищої освіти магістерський
(другий (магістерський) рівень)

Спеціальність 136 «Металургія»
(шифр і назва)

Спеціалізація _____
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма «Обробка металів тиском»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри обробки металів тиском

О.В.Явтушенко

“ _____ ” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Соловійової Дар'ї Володимирівни

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема магістерської роботи «Аналіз якості холоднокатаних штаб після дресування зі змащуванням та без змащування»

керівник магістерської роботи Кругляк Д.О. доцент, к.т.н,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “10” вересня 2019 року № 1541-с

2. Строк подання студентом магістерської роботи 28 грудня 2019 року

3. Вихідні дані магістерської роботи Визначення якості холоднокатаних штаб після дресування з промаслюванням та без промаслювання. Уснення дефектів штаб дресувального стану.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Реферат. Вступ. Аналітично-пошукова частина. Дослідницько-розрахункова частина. Аналіз якості продукції та розробка заходів по зменшенню кількості дефектів. Охорона праці та техногенна безпека. Економічні аспекти. Висновки. Список використаної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Презентаційний матеріал 14 слайдів (на 14 сторінках).

6. Консультанти розділів магістерської роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата |
|--|---|------------------|
| | | завдання прийняв |
| <i>Аналітично-пошукова частина</i> | <i>Кругляк Д.О., доц., к.т.н.</i> | |
| <i>Дослідницько-розрахункова частина</i> | <i>Кругляк Д.О., доц., к.т.н.</i> | |
| <i>Аналіз якості продукції та розробка заходів по зменшенню кількості дефектів</i> | <i>Кругляк Д.О., доц., к.т.н.</i> | |
| <i>Охорона праці та техногенна безпека</i> | <i>Кругляк Д.О., доц., к.т.н.</i> | |
| <i>Економічні аспекти</i> | <i>Кругляк Д.О., доц., к.т.н.</i> | |
| | | |

7. Дата видачі завдання 30 вересня 2019 року**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів магістерської роботи | Строк виконання етапів магістерської роботи | Примітка |
|-------|--|---|-------------|
| 1 | <i>Вступ</i> | <i>03-10.10.2019</i> | <i>вик.</i> |
| 2 | <i>Реферат</i> | <i>15-18.10.2019</i> | <i>вик.</i> |
| 3 | <i>Аналітично-пошукова частина</i> | <i>21-31.10.2019</i> | <i>вик.</i> |
| 4 | <i>Дослідницько-розрахункова частина</i> | <i>4-28.11.2019</i> | <i>вик.</i> |
| 5 | <i>Аналіз якості продукції та розробка заходів по зменшенню кількості дефектів</i> | <i>4-13.12.2019</i> | <i>вик.</i> |
| 6 | <i>Охорона праці та техногенна безпека</i> | <i>16-23.12.2019</i> | <i>вик.</i> |
| 7 | <i>Економічні аспекти</i> | <i>24-27.12.2019</i> | <i>вик.</i> |
| 8 | <i>Висновки</i> | <i>28.12.2019</i> | <i>вик.</i> |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Студент

_____ (підпис)

Д.В. Соловійова
(прізвище та ініціали)

Керівник магістерської роботи

_____ (підпис)

Д.О. Кругляк
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до випускної кваліфікаційної магістерської роботи: 91 с., 33 рис., 10 табл., 17 літературних джерел.

Об'єкт розробки – якість холоднокатаних штаб після дресування.

Мета роботи – визначення залежності шорсткості поверхні штаби від способу насічки робочих валків дресувального стану з метою підвищення якості готового прокату. Визначити залежність хвилястості та коробоватості від ступеню обтиснення штаби під час проходження через валки дресувального стану.

Проведено аналіз існуючої технології дресування без змащування та з змащуванням під час змотування продресерованої штаби в рулон на дресувальних станах ЦХП-1 в умовах ПАТ «Запоріжсталь». Розглянуто дресування з змащуванням штаби під час її проходження через робочі валки стану. Розраховані ступені обтиснення на тонкому та товстому холоднокатаному профілі, визначено оптимальні ступені обтиснення.

В роботі розглянуті методи насічки робочих валків дресувального стану та залежність шорсткості поверхні від способу насічки робочих валків.

Результати роботи можуть бути використані при дресуванні холоднокатаних штаб на дресувальних станах «1700-1» та «1700-2». Застосування запропонованого способу насічки робочих валків стану дозволить зменшити шорсткість готового прокату, тим самим збільшити вихід якісної сталі, підвищити конкурентоспроможність продукції та зменшити витрати на покращення якості поверхні штаб.

ДРЕСУВАННЯ, ДРЕСУВАЛЬНИЙ СТАН, ВАЛОК, ШОРСТІСТЬ, НАСІЧКА, ХВИЛЯСТІСТЬ, КОРОБОВАТІСТЬ, РЕЖИМ ОБТИСНЕННЯ, ПРОМАСЛЮВАННЯ, ПЛАСКІСТЬ, СТАЛЬ.

ABSTRACT

Explanatory note to the final qualification master's work: 91 s., 33 fig., 10 table, 17 literature.

The property development – quality of cold rolled stripes after pinch-pass mill.

Purpose – determination of dependence of roughness of surface of stripe from the method of scratch of working rollers of pinch-pass mill with the purpose of upgrading of the manufactured products. To define dependence of waviness and warping on the compression mode out of stripe during cycle through the roll of pinch-pass mill.

The analysis of existent technology of performing is performing with oiled and without with oiled during winding up of performing stripe in a roll on the pinch-pass mills of cold rolling workshop № 1 in terms PSC "Zaporizstal". Performing is considered with treating with oil of stripe during her passage-way through the working felling of figure. Calculated of degree of wringing out on a fine and thick cold rolled stripes, the optimal degrees of compression are certain.

In-process the considered methods of scratch of working rollers of performing mill and dependence of roughness of surface are from the method of scratch of workers.

Job performances can be used for training of cold rolled stripes on performing mills "1700-1" and "1700-2". Application of the offered method of notch of working rollers of figure will allow to decrease the roughness of the prepared rent, to increase a quality steel output the same, promote the competitiveness of products and decrease expenses on the improvement of quality of surface of stripes.

PERFORMING, PERFORMING MILL, ROLL, ROUGHNESS, SCRATCH, WAVINESS, WARPING, COMPRESSION MODE, OILED, FLATNESS, STEEL.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ..... | 8 |
| ВСТУП | 9 |
| 1. АНАЛІТИЧНО-ПОШУКОВА ЧАСТИНА..... | 11 |
| 1.1 Стан проблеми | 11 |
| 1.2 Літературний огляд | 13 |
| 1.3 Постановка задачі | 22 |
| Висновки до розділу | 25 |
| 2. ДОСЛІДНИЦЬКО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА | 26 |
| 2.1 План проведення теоретичних або експериментальних досліджень.. | 26 |
| 2.2 Методика експериментального та теоретичного дослідження..... | 28 |
| 2.3 Техніка та апаратура експериментальних досліджень..... | 37 |
| 2.3 Обробка та обговорення результатів..... | 45 |
| 2.4.1 Розрахунок коефіцієнту вирівнювання..... | 45 |
| 2.4.2 Формування шорсткості валків та штаби | 59 |
| Висновки до розділу | 62 |
| 3. АНАЛІЗ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ ТА РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ПО ЗМЕНШЕННЮ КІЛЬКОСТІ ДЕФЕКТІВ..... | 63 |
| Висновок до розділу..... | 73 |
| 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕНА БЕЗПЕКА..... | 74 |
| 4.1 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища..... | 74 |
| 4.2 Заходи з поліпшення умов праці, пожежної та техногенної безпеки тощо. | 77 |
| 4.2.1 Заходи з електробезпеки..... | 79 |
| 4.2.2 Заходи з пожежної та техногенної безпеки. | 80 |
| Висновок до розділу..... | 84 |
| 5. ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ | 85 |
| 5.1 Калькуляція собівартості..... | 85 |

| | |
|--|----|
| 5.2 Прибуток, рентабельність, економічна ефективність капіталу вкладень, строк окупності..... | 86 |
| Висновок до розділу..... | 88 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ | 89 |
| Список використаної літератури | 90 |

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

| | | |
|------|---|---|
| ВПІД | - | Верстат Пристосування Інструмент Деталь |
| МІІ | - | мікроінтерферометри Лінника |
| САРФ | - | система автоматичного регулювання форми |
| ПАТ | - | Приватне акціонерне товариство |
| ЗЗВ | - | загальнозаводські витрати |
| ТО | - | технічне обслуговування |
| ППР | - | планово-попереджувальний ремонт |

ВСТУП

В даний час вимоги до якості поверхні холоднокатаного металу значно підвищилися. В умовах високих вимог до продукції підприємства повинні розглядати ресурсозберігаючі технології, удосконалювати і впроваджувати нові технології виробництва, проводити модернізацію обладнання.

Випуск прокатної продукції для вітчизняних і зарубіжних виробників, вимагає зведення до мінімуму виходу продукції з відхиленнями від вимог ДСТУ. Щоб забезпечити необхідну якість поверхні тонкої холоднокатаної листової сталі, яка використовується для виготовлення лицьових деталей автомобільних кузовів і корпусів побутової техніки, регламентуються такі характеристики, як шорсткість і хвилястість.

Пропонована тема «Аналіз якості холоднокатаних штаб зі змащуванням та без змащення» актуальна, оскільки випуск якісної холоднокатаної штаби, як і іншої продукції сортаменту, є першочерговим завданням ПАТ «Запоріжсталь».

Метаю роботи є підвищення якості холоднокатаних штаб після дресування, що в свою чергу веде за собою зниження до мінімуму виходу непридатної продукції, а саме продукції з відхиленнями від необхідної шорсткості і хвилястості.

Метою дресування є усунення дефектів на поверхні штаби, що залишаються після гарячої прокатки і травлення багато нерівностей, а також для створення поверхневого зміцнення (наклепу), що має істотне значення для листів, особливо якщо в подальшому листи надходять на холодне штампування, так як при недостатньо жорсткій поверхні металу на ній можуть з'явитися лінії зсуву (сліди від перетину площин зрушень з зовнішньою поверхнею штаби), а також остаточна обробка поверхні металу та отримання кінцевих механічних властивостей. Основним призначенням дресування є поліпшення планшетності штаби, тобто зменшення або виключення повністю хвилястості і коробоватості. Штаби після

дресування мають рівну гладку поверхню. Щоб надати металу необхідної точності, високої планшетності, забезпечити високу якість поверхні – властивостей, достатніх для подальшої обробки тиском, застосовують дресування.

Крім того, в процесі дресування тонкі шари металу обтискаються в валках і згодом при штампуванні лінії зсуву на поверхні не проступають. А також, дресування дає й інші позитивні ефекти: зменшується хвилястість і коробоватість штаб, дещо поліпшуються механічні властивості металу (межа плинності трохи знижується, міцність збільшується), формується необхідний мікрорельєф поверхні продукції.

З вищесказаного можна визначити наступні цілі дресування металу: коригування шорсткості і усунення поверхневих дефектів; зниження точки плинності; коригування форми і площинності холоднокатаного листа; підвищення міцності; формування мікрорельєфу поверхні штаби.

1. АНАЛІТИЧНО-ПОШУКОВА ЧАСТИНА

1.1 Стан проблеми

Дресировання займає особливе місце в технології виробництва холоднокатаних сталей штаб. Дресировання сталі після рекристалізаційного відпалу проводиться для запобігання появи ліній зсуву при штампуванні металу, отримання необхідного мікрорельєфу поверхні штаби, підвищення її площинності.

В результаті дресировання помітно поліпшується поверхня листової сталі. М'якій листовій сталі після відпалу дресированням надається деяка пружність, що оберігає її від зламування і змінання при подальших операціях.

Якість поверхні дресированих листів залежить від вихідного стану поверхні і якості шліфування і насічки поверхні робочих валків. Шліфування валків проводять колами з графітовими наповнювачами або алмазними колами до 10 - 11-го класу чистоти. Подальша насічка в сучасних цехах холодної прокатки здійснюється на спеціально призначених для цієї операції насічених машинах.

У цехах холодної прокатки для дресировання вуглецевої листової сталі застосовують одно- і двоклітьові чотирьохвалкові стани. При дресированні рулонної сталі з натягом забезпечується не тільки обтиснення, а й правка його розтягуванням. При дресированні листової сталі товщиною 0,5-1,5 мм натяг становить 0,7-0,8 межі текучості. Для отримання рівних листів на дресировальних станах почали застосовувати гідрозгин валків.

До інших операцій обробки тонколистової вуглецевої сталі відносять поперечне і подовжнє різання рулонів. Для цього в цехах холодної прокатки

встановлюють агрегати поперечного і поздовжнього різання, а також комбіновані агрегати для поздовжнього й поперечного різання.

Виконана у промислових умовах діючого дресирувального стану 1700 перевірка точності енергосилових розрахунків за методикою [1] близько 100 штаб показала [2,3], що розбіжність розрахункових та вимірних штатними датчиками зусилля та потужності двигунів знаходяться в діапазоні 38-74%. Це підтвердило актуальність розроблення удосконаленої теорії процесу дресирування, яка не має недоліки, що розглянуті у роботі доктора технічних наук Гарбера Е.О. та кандидата технічних наук Тимофєєвої М.А. [4], що забезпечує суттєве підвищення точності енергосилових розрахунків.

Нові положення, що внесені в теорію дресирування, в короткому викладі полягають в наступному:

1) Прийнято, що осередок деформації складається з трьох ділянок: першого – повністю пружного, пластичного та другого – повністю пружного.

2) Враховуючи відсутність ковзання між половою та валками, дуже малу протяжність осередку деформації та особливо його пластичної ділянки, потужність дресирування розраховується тільки у функції нормальних контактних напружень, діючих на довжині від вхідного січення до вертикальної осьової площини валків, а не у функції дотичних напружень у зоні відстоювання, як прийнято у сучасній теорії прокатки [5].

3) Оскільки відносне обтиснення під час дресирування встановлюють у діапазоні 0,8-1,2%, швидкість штаби на виході з осередку деформації v_1 відрізняється від її швидкості на вході v_0 в середньому на 1%. Враховуючи це, для розрахунку компонентів напружено-деформованого стану штаби у осередку деформації прийнято допущення:

$$v_1 \approx v_0 = v_B \quad (1.1)$$

де v_B – окружна швидкість бочки робочого валка, м/с.

Це допущення вносить похибку до енергосилових розрахунків приблизно 1%, що при звично допустимому діапазоні похибок 5-10% суттєво спрощує розрахунок сил та моментів, а також достовірність визначення значимих факторів технології, що впливають на енергосилові параметри дресирувального стану.

4) Специфіка процесу тертя під час дресування призвела до необхідності розробки більш точної методики визначення напружень контактного тертя у вогнищі деформації. Це пов'язано з тим, що одне з завдань дресування, як останньої обробної операції – надання поверхні штаби заданої шорсткості, регламентоване значення якої встановлюють у залежності від призначення готової штаби у діапазоні $R_a = 0,4 - 1,6$ мкм та більше. При цьому для кожного заданого діапазону R_a штаби використовують робочі валки з різноманітною шорсткістю, що варіюється від 0,63 до 4,4 мкм.

В цих умовах облік напруги контактного тертя в осередку деформації утруднений у зв'язку з тим, що на вході у валки холоднокатана штаба після відпалу у ковпакових печах має шорсткість поверхні не менше 1,1 мкм, яка забезпечується на виході з останньої кліти стану холодної прокатки, щоб попередити злипання витків рулону під час відпалу. Виходячи з цього, при пересуванні штаби через осередок деформації дресирувального стану її шорсткість та коефіцієнт тертя спокою змінюється.

Виходячи з цього для підвищення точності енергосилового розрахунку прийнято рішення відмовитись від усереднення коефіцієнтів тертя покою на всій довжині осередку деформації та усереднювати їх окремо на кожній ділянці.

1.2 Літературний огляд

Дресування – це процес холодної прокатки з малим ступенем обтиску, який проводиться для зміцнення поверхневого шару металу,

запобігання появи ліній зсуву при штампуванні металу, отримання необхідного мікрорельєфу штаби, підвищення її площинності.

Дресированню піддаються холоднокатані відпалені штаби наступних груп марок сталі:

- вуглецеві киплячі і напівспокійні - якісні та звичайної якості загального призначення;

- нестаріюча марка сталі 08Ю;

- низьколеговані марки сталі;

- леговані марки сталі.

Розміри штаб, що задаються у дресировання: 0,36 - 2,5 x 850 - 1500 мм.

Для запобігання утворення зламів на металопрокаті при дресированні на стані використовується спеціальний протизламний ролик.

У процесі дресировання, в разі появи зламів під час розмотування штаби, процес дресировання зупиняється, вмикається (притискається до штаби) протизламний ролик і продовжується дресировання. Під час роботи в міру розмотування штаби становище ролика змінюється відповідно до умов, що змінюються радіусом ролону. Після закінчення процесу дресировання протизламний ролик вимикається (піднімається). При увімкнутому (притиснутому до штаби) протизламному ролику швидкість дресировання не повинна перевищувати 5 м/с.

У процесі дресировання профіль штаби регулюється за допомогою системи протизгину. В системі протизгину робочих валків лівий і правий плунжери працюють спільно або роздільно. Величина тиску масла в плунжерах при спільній або роздільній роботі встановлюється в залежності від товщини і ширини штаби, що дресировується, і стану її площинності (коробовата або хвиляста).

При утворенні коробоватості по середині штаби в процесі дресировання необхідно зменшити загальний тиск в системі, при утворенні хвилястості по краях штаби – тиск збільшити. При утворенні хвилястості по одній з кромки штаби – збільшити тиск відповідного плунжера.

При зміні швидкості дресування вальцювальник регулює величину обтиску за допомогою натискних гвинтів.

При дресуванні особливу увагу необхідно приділяти чистоті поверхні штаби, для чого:

а) обдувати поверхню кожної штаби через сопла стисненим повітрям (3-4 атм.) з метою видалення з неї металевих частинок, піску і інших сторонніх предметів перед входом в валки стану;

б) в кінці кожної зміни проводити огляд і очистку устаткування стану (роликів, столів, валків, проводок та інших частин) від мастила, пилю, бруду і металевих частинок;

в) систематично підтримувати чистоту на стані, що виключає можливість утворення на поверхні штаби відбитків і бруду.

Дресування холоднокатаних штаб з метою забезпечення необхідної планшетності проводиться в порядку спадання ширини. При цьому не вважається порушенням, якщо загальний кілометраж штаб меншої ширини продресированих на валках перед штабами більшої ширини не перевищує 15 км.

При появі на смузі дефектів від валків, що знижують групу обробки поверхні, валки замінюються (проводиться перевалка).

З метою своєчасного виявлення та усунення поверхневих дефектів, що виникають в процесі дресування (подряпин, раковин-вдаючись, металевих частинок, плям забруднень, коробоватості, відбитків, зламів та ін.), а також контролю якості змащення поверхні штаб вальцювальник стану зобов'язаний проводити огляд верхньої і нижньої поверхні штаби на моталці після зупинки стану не рідше ніж на кожному третьому рулоні.

При поставці металу в рулонах без обрізки крайок змащення штаб проводиться на дресувальних станах, для чого стани 1700-1 і 1700-2 оснащені системами подачі технологічного мастила на штабу. Змащення поверхні дресированих штаб проводиться перед їх змотуванням в рулон, за допомогою форсунок. Дресировані штаби змащуються консерваційним

мастилом рекомендованим за результатами дослідно-промислових випробувань. Змащенні рулони повинні бути рівно змотані, без виступаючих окремих витків.

З метою забезпечення щільного змотування рулону натяг штаби моталкою має бути максимально можливим. При цьому оптимальна величина навантаження на двигун моталки повинна бути 1,5 - 1,8 кА (на обох станах).

На вимогу замовника можливе постачання рулонів без змащування або зі змащенням тільки торців рулонів.

Системи для змащення штаби перед змотуванням її в рулон складаються з:

а) на стані 1700-1 - бак для масла ємністю 4,5 м³ (з підігрівом), насос шестерний Г11-22 продуктивністю 18 л/хв - для подачі масла з бака в систему змащення, з робочим тиском в системі змащування 4-10 кг/см², 5 форсунок;

б) на стані 1700-2 - бак для масла ємністю 7 м³ (з підігрівом), насос шестерний Г11-22 продуктивністю 18 л/хв з робочим тиском в системі змащування 4-10 кг/см², 6 форсунок [6].

Викладений вище спосіб дресування холоднокатаної штаби має ряд недоліків. Крім складності конструкції з - за наявності гідравлічної системи високого тиску, в якій тиск має бути постійним і для його створення і підтримки потрібне сучасне дороге обладнання.

При обертанні робочих валків стану притиск здійснюється гідроциліндрами. При обертанні валків забруднення з поверхні штаби, що дресується розлітається і осідає на валках. Потрапляючи на валки, забруднення може вдавлюватися в поверхню, перекочуватися по поверхні валка, пружно і пластично їх деформуючи.

Це означає, що очищаючи поверхню штаби, забруднюється поверхня прокатних валків.

Ці забруднення призводять до зниження міцності і гладкості поверхні валків. Що призводить до частої перевалки валків [7].

Наступним недоліком способу сухого дресування є те, що при такому способі не завжди можливо отримати метал з потрібними механічними властивостями, наприклад, якщо дресування металу проводити при температурі вище 40°C, тобто також має місце обмеження по температурі металу, що дресується.

З підвищенням вимог до чистоти поверхні, точності і площинності холоднокатаних штаб при дресуванні почали застосовувати мастила. Вони повинні забезпечити чистоту поверхні робочих і опорних валків, знизити енергосилові параметри процесу, забезпечити гнучке регулювання теплового профілю валків, отримання стабільної і рівномірної структури металу, задану шорсткість поверхні листів. У якості мастила застосовують мастильно-охолоджуючі рідини на водній основі.

При «мокрому» дресуванні мастило подають або на штабу перед валками (знизу і зверху), або на опорний валок за допомогою форсунок [8].

Даний спосіб дресування виключає налипання на валки металевих частинок. Однак виникає необхідність видалення мастила з поверхні валків і штаби.

Після дресировочної кліті штаба проходить через систему здуву залишків дресировочної рідини з поверхні, яка забезпечує:

- а) повне видалення залишків дресировочної рідини в області між верхнім опорним і верхнім робочим валком за допомогою повітряних форсунок;
- б) повне видалення залишків дресировочної рідини з обох сторін штаби за допомогою повітряних форсунок, розташованих на верхній і нижній штангах, і з крайок нижнього боку штаби за допомогою груп крайніх повітряних форсунок;
- в) передачу залишків дресировочної рідини в збірний бак.

Основним недоліком процесу «мокрого» дресування є і те, що можливі залишки мастила на продресированих штабах, що, в свою чергу, може викликати корозію.

Шорсткість поверхні — характеристика нерівностей, виражена у числових величинах, що визначають ступінь їхнього відхилення на базовій довжині від теоретично гладких поверхонь заданої геометричної форми.

Шорсткість поверхні є важливим показником у технічній характеристиці виробу та точності його виготовлення, що впливає на експлуатаційні властивості деталей і вузлів машин — стійкість до зносу поверхонь тертя, витривалість, корозійну стійкість, збереження натягу у пресових з'єднаннях тощо.

Міждержавним стандартом ДСТУ 2413-94 [9] визначено номенклатуру з 6-ти параметрів оцінки шорсткості поверхні, з яких для характеристики шорсткості вибирається один або декілька. При цьому перевага надається першому. Ці параметри такі:

Висотні:

- R_a — середнє арифметичне відхилення профілю (середнє арифметичне абсолютних значень відхилень профілю в межах базової довжини);

$$R_a = \frac{1}{l} \int_l^0 |y_i| dx \quad (1.2)$$

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| \quad (1.3)$$

- R_z — висота нерівностей профілю по 10 точках (сума середніх абсолютних значень висот п'яти найбільших виступів і глибин п'яти найбільших впадин профілю в межах базової довжини);

$$R_z = \frac{(\sum_{i=1}^5 |H_{i \max}| + \sum_{i=1}^5 |H_{i \min}|)}{5} \quad (1.4)$$

- R_{\max} — найбільша висота профілю (відстань між лінією виступів профілю і лінією впадин профілю в межах базової довжини).

Крокові:

- S — середній крок місцевих виступів профілю (середнє арифметичне значення кроку нерівностей профілю по вершинах в межах базової довжини);

- S_m — середній крок нерівностей профілю по середній лінії (середнє арифметичне значення кроку нерівностей профілю в межах базової довжини).

Висотно-кроковий:

- t_p — відносна опорна довжина профілю (відношення опорної довжини профілю до базової довжини, де p — значення рівня перерізу профілю з ряду 10; 15; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90 %).

$$t_p = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n b_i \quad (1.5)$$

R_a , R_z і R_{\max} визначаються на базовій довжині l , яка може приймати значення з ряду 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8; 25 мм.

Параметр R_a є кращим.

На рисунку 1.1 схематично показані параметри шорсткості, де: l - базова довжина; m - середня лінія профілю; S_{\min} - середній крок нерівностей профілю; S_i - середній крок місцевих виступів профілю; $H_{i \max}$ - відхилення п'яти найбільших максимумів профілю; $H_{i \min}$ - відхилення п'яти найбільших мінімумів профілю; $h_{i \max}$ - відстань від найвищих точок п'яти найбільших максимумів до лінії, паралельної середньої і не перетинає профіль; $h_{i \min}$ - відстань від нижчих точок п'яти найбільших мінімумів до лінії, паралельної середньої і не перетинає профіль; R_{\max} - найбільша висота профілю; y_i -

відхилення профілю від лінії m ; p - рівень перетину профілю; b_n - довжина відрізків, що відсікаються на рівні p .

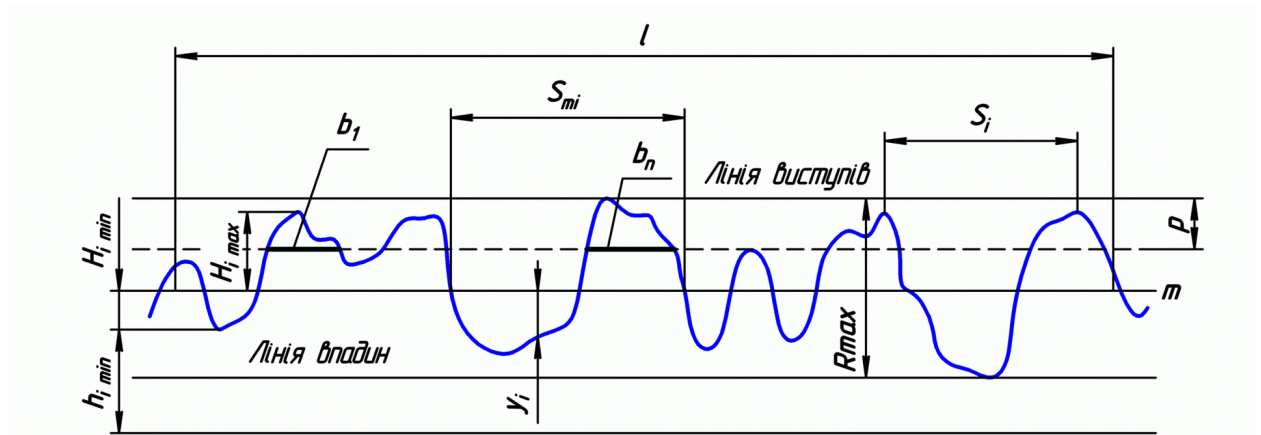


Рисунок 1.1 - Нормальний профіль та параметри шорсткості.

Виступи шорсткості розподіляються на поверхні стінок рівномірно або нерівномірно, причому в загальному випадку вони можуть мати різну форму й розміри. В трубах промислового сортаменту через технологічну недосконалість їх виготовлення шорсткість розподілена нерівномірно. У випадку штучної шорсткості, шорсткість рівномірна за висотою.

При виборі шорсткості поверхонь деталей треба знати їх функціональне призначення та конструктивні особливості. Наприклад, для поверхонь тертя відповідальних деталей установлюють допустимі значення R_a (або R_z), R_{max} і t_p , а також напрямок нерівностей. Для поверхонь циклічно навантажених деталей установлюють R_{max} , S_m і S . Слід враховувати, що параметр R_a дає повнішу оцінку шорсткості, ніж R_z , тому що для його визначення вимірюють і сумують величини більшого числа точок дійсного профілю, тоді як при визначенні параметра R_z вимірюють тільки величину п'яти впадин і п'яти виступів. В окремих випадках встановлюють вимоги до напрямку нерівностей. При цьому слід враховувати, що найменший коефіцієнт тертя та знос деталей, що труться буде, якщо напрямок руху не збігається з напрямком нерівностей.

Однією з найважливіших характеристик якості готового листа (штаби) з погляду точності його виготовлення є його площинність. Непласкістний лист володіє зниженою штампуемостью, підвищеним погонною вагою.

До дефектів по довжині відносять всі відхилення від прямолінійності в поздовжньому напрямку. На штабах ці відхилення класифікуються хвилястістю або коробоватістю, якщо вони перебувають в одній із площин, яка перпендикулярна поверхні стрічки, і серпоподібністю, якщо ці відхилення розташовані в площині стрічки. Площинність – одна з найважливіших характеристик точності геометричних характеристик листової сталі й один з головних показників її технологічної придатності для наступної обробки в безперервних агрегатах цехів холодної прокатки і операцій листового штампування [10].

Коробоватість - хвилястість штаби одночасно в поздовжньому і поперечному напрямках, внаслідок чого він набуває коритоподібний вид.

Відхилення від заданої геометричної форми прокату перешкоджає досягненню необхідної точності, передбаченої допусками на розміри виготовленої деталі. Відхилення, що збереглися в апараті, можуть привести до зниження експлуатаційної стійкості [11].

Відхилення листового прокату від заданої геометричної форми відбувається внаслідок відступу від оптимальної технології виробництва на листопрокатних заводах і внаслідок незадовільних результатів редагування. Порушення оптимальних умов зберігання прокату на складах, а також умов транспортування та вантажно-розвантажувальних операцій на апаратних заводах часто збільшує ці дефекти.

Крім того, непласкість листа зв'язана з перекручуванням його форми. Можна виділити два види непланшетності штаби. Перший зв'язаний з непласкістю його поверхні; другий - з їхньою непаралельністю. Непласкість поверхонь штаби означає, зокрема, що утворюючі профілю листа в поперечному перерізі непрямолінійні; отже, лист одержав різні обтиснення, а виходить, і різні витяжки по ширині. Між окремими частинами

листа по його ширині виникають унаслідок цього подовжні напруги, що приводять до деформації окремих його зон. Якщо витяжка по краях листа менше, ніж у середині, утвориться так названа "хвилястість"; у зворотному випадку виникає "коробчатість".

1.3 Постановка задачі

Шорсткість поверхні - сукупність нерівностей поверхні з відносно малими кроками на базовій довжині. Вимірюється в мікрометрах (мкм). Шорсткість відноситься до мікрогеометрії твердого тіла і визначає його найважливіші експлуатаційні властивості. Перш за все зносостійкість від стирання, міцність, щільність (герметичність) з'єднань, хімічна стійкість, зовнішній вигляд. Залежно від умов роботи поверхні призначається параметр шорсткості при проектуванні деталей машин, також існує зв'язок між граничним відхиленням розміру і шорсткістю. Вихідна шорсткість є наслідком технологічної обробки поверхні матеріалу. В результаті тертя і зношування параметри вихідної шорсткості, як правило, змінюються.

Вихідна шорсткість є наслідком технологічної обробки поверхні матеріалу. Для широкого класу поверхонь горизонтальний крок нерівностей знаходиться в межах від 1 до 1000 мкм, а висота - від 0,01 до 10 мкм. В результаті тертя і зношування параметри вихідної шорсткості, як правило, змінюються, і утворюється експлуатаційна шорсткість. Експлуатаційна шорсткість, відтворена при стаціонарних умовах тертя, називається рівноважною шорсткістю [12].

Шорсткість поверхні, а також похибки форми і розташування і фізико-хімічні характеристики є найважливішими показниками якості поверхні деталей машин, що визначають її зносостійкість і тим самим безпосередньо впливають на надійність роботи виробу в цілому.

Шорсткість поверхні тісно пов'язана з технологією виробництва та методами обробки деталі, а також економікою виробництва, оскільки

підвищення чистоти поверхні будь-якого елемента деталі неминує викликає використання досконаліших і дорогих технологій обробки, обробного устаткування і більш високої кваліфікації виконавців. З одного боку, надмірно висока чистота поверхні деталей, що може викликати ефект «залипання», що призводить до підвищення зносу і нерівномірної роботи складових елементів машин. З іншого боку, низька шорсткість поверхні неминує викликає підвищений знос, порушення закладених в конструкцію зазорів і натягів і зниження ресурсу виробу.

Поверхня будь-якого реального тіла і, в першу чергу, оброблена, завжди має нерівності і дефекти, пов'язані з реальними можливостями технологічних процесів. Вимоги до шорсткості поверхні встановлюють, виходячи з функціонального призначення поверхні для забезпечення заданої якості виробів. параметри шорсткості поверхні призначають в залежності від точності, характеру з'єднання, розмірів деталей.

Шорсткість поверхонь в поєднанні з точністю їх геометричної форми дуже впливає на якість і експлуатаційні властивості нерухомих і рухомих сполук деталей. Зміна шорсткості поверхні вносить великі зміни в характер з'єднання деталей.

При нерухомих посадках недостатня шорсткість поверхонь призводить до зменшення дійсного натягу і ослаблення з'єднання при ударах і вібрації. У рухливих з'єднаннях зайва шорсткість поверхонь призводить до посиленого зносу деталей і збільшення зазорів в початковий період експлуатації виробу.

Застосування занадто високих вимог до шорсткості поверхні може виявитися не тільки нерентабельним, але і неприпустимим. Наприклад, при занадто гладких сполучених поверхонь може виникнути явище «схоплювання», при якому частинки металу відриваються від поверхневого шару, що труться. Для таких поверхонь слід нормувати оптимальну вихідну шорсткість, яка повинна бути близькою до отримуваної в процесі дороблення.

Міцність деталей також залежить від шорсткості поверхні. Руйнування деталі, особливо при змінних навантаженнях, в великій мірі пояснюється концентрацією напружень, які є наслідком наявних нерівностей. Чим «чистіше» поверхня, тим менша ймовірність виникнення поверхневих тріщин від втоми металу. Чистова обробка деталей (доведення, полірування тощо) значно підвищує їх міцність від втоми.

Зменшення шорсткості поверхні істотно покращує антикорозійну стійкість деталей. Це особливо важливо в тому випадку, коли для поверхонь не можуть бути використані захисні покриття (поверхні циліндрів двигунів і ін.).

Шорсткість поверхні пов'язана також і з рядом інших важливих функціональних показників виробів, таких як щільність і герметичність з'єднань, відбивна здатність поверхні, контактна жорсткість поверхні, міцність зчеплення при притиранні і склеюванні, якість гальванічних і лакофарбових покриттів. Шорсткість поверхні впливає на точність вимірювання деталей. У багатьох випадках її необхідно унормувати для додання гарного зовнішнього вигляду і зручності утримання поверхонь в чистоті і т.п.

При непаралельності поверхонь листа утворюючі його профілю в поперечному перерізі хоча і прямолінійні, але нерівнобіжні: перетин має клиноподібну форму. І в цьому випадку лист одержує різні обтиснення (і витяжки) по ширині, але тільки монотонно (лінійно) змінючись від крайки до крайки. Таке перекручування профілю листа спричиняє його вигин у плані, так називану "серповидність".

Описаний зв'язок між перекручуваннями профілю листа і його непласкості має місце, як уже сказано, у випадку правильної форми листової заготівлі, який для, наприклад, тонкого листа є товстий лист. При неправильній формі листової заготівлі перекручування одержуваного листа зв'язані між собою більш складно і сутужніше піддаються вивченню і контролю. Тому проблеми одержання листа правильної форми відносяться не

тільки до тонкого листа, безпосередньо споживаному машинобудівної промисловості, але рівною мірою і до товстого листа, випуска переважно як напівфабрикат, хоча в останньому випадку відхилення, що допускаються, природно, можуть бути більше.

Висновки до розділу

Було розглянуто передові наукові розробки, що дозволяють підвищити якість холоднокатаного металу, що виробляється на металургійних комбінатах України. Проаналізувавши існуючий стан якості та потреби споживачів не тільки в Україні, а й за її межами було визначено дві основні проблеми якості штаби, що знижують його конкурентоспроможність. Шорсткість впливає на корозійну стійкість металу, його довговічність (чим нижче шорсткість тим більший термін експлуатації деталей), міцність поверхні та ін. Штаби з відхиленнями від форми, а саме з коробоватістю та хвилястістю неможливо використовувати для подальшої обробки (виготовлення лицьових деталей машин, корпусів побутової техніки, тощо).

В ході аналізу літератури було вирішено розглянути дві існуючі проблеми якості холоднокатаних штаб:

1. розглянути як впливає ступінь обтиснення при дресуванні на форми штаб різної товщини;
2. проаналізувати залежність шорсткості поверхні та розглянути зменшення шорсткості поверхні готового прокату не використовуючи повторне дресування для досягнення потрібних результатів.

2. ДОСЛІДНИЦЬКО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 План проведення теоретичних або експериментальних досліджень

Шорсткість поверхні при обробці заготовки деталі залежить від багатьох технологічних факторів: режимів обробки (швидкості різання, подачі); геометрії (переднього і заднього кутів), матеріалу і якості поверхні інструменту; механічних властивостей, хімічного складу і структури матеріалу заготовки; складу мастильно-охолоджувальної рідини; жорсткості системи ВПД та ін. В той же час шорсткість поверхонь в значній мірі визначає основні експлуатаційні властивості деталей і вузлів - зносостійкість, опір втоми, надійність посадок, контактну жорсткість і теплопровідність стиків сполучених деталей, корозійну стійкість, герметичність з'єднань, яка відображатиме і поглинаючи здатність поверхонь та ін. Тому характеристики шорсткості поверхні строго нормуються і піддаються постійному аналізу в технологічних дослідженнях і контролю в процесі виробництва.

Оцінка точності результатів вимірювань мікронерівностей поверхонь проводиться загальноприйнятими в метрології методами. Однак при оцінці шорсткості поверхні виникають і деякі специфічні метрологічні проблеми.

Кресленням, як правило, задаються вимоги до шорсткості всієї робочої поверхні деталі. Контроль за дотриманням цих вимог здійснюється зазвичай по деякому числу профілів обмеженої довжини. При цьому виникають питання: якої довжини має бути кожен обстежуваний профіль, тобто ділянку вимірювання; скільки має обстежитися таких ділянок; які ділянки вибирати для вимірювань, щоб оцінити якість поверхні в цілому.

Контроль шорсткості поверхні може здійснюватися:

1) порівнянням (візуально або за допомогою Мікроінтерферометра) реальної поверхні виробу з робочими зразками шорсткості, які мають стандартизовані значення параметра R;

2) вимірюванням параметрів шорсткості за допомогою оптичних приладів.

Числові значення параметрів шорсткості визначаються або безпосередньо за шкалою приладів (профілометри), або по збільшеним зображенням профілю або записаної профілограмі перетину профілю (на приладах - профілографи).

Якщо в технічних вимогах не задано напрямок вимірювання шорсткості, то вимірювання проводять в тому напрямку, де є найбільш груба шорсткість.

Для визначення шорсткості використовують два методи:

1. якісний;
2. кількісний.

Окремо слід назвати метод злипків. Його суть полягає в знятті копій поверхні за допомогою воску, парафіну або гіпсу і подальше їх дослідження за допомогою кількісного чи якісного способів.

Якісний метод використовується для всього виробу в комплексі і реалізується в декількох способах:

а) візуальний спосіб полягає в тому, що аналізуюча поверхня порівнюється з еталоном шорсткості. Зіставлення проводиться візуально, а також за допомогою тактильних відчуттів. Візуальний спосіб оцінки шорсткості підходить для виробів з низьким класом чистоти;

б) безконтактний спосіб використовують для контролю виробів з високим класом чистоти, для контролю даним способом необхідно використовувати мікроскоп або лупу;

в) кількісний метод проводиться поелементно і також двома способами:

- безконтактно. Наприклад, способом світлового і тіньового світіння, мікроінтерференційним – за допомогою мікроскопа і інтерферометра, растрових – з використанням растрової сітки і променя світла;
- контактно – з використанням спеціальних вимірювачів шорсткості - профілометри і профілографи.

2.2 Методика експериментального та теоретичного дослідження

Вимірювання параметрів шорсткості оптичними приладами проводиться безконтактними методами, серед яких найбільшого поширення набули методи світлового перетину, тіньового перетину та мікроінтерференційний метод із застосуванням растрів.

Метод світлового перетину полягає в наступному: пучок світлових променів, що надходять від джерела світла через вузьку щілину (3) (рис.2.1, а) шириною близько 0,1 мм, направляється об'єктивом (2) під кутом α на контрольовану поверхню (1). Відбиваючись від цієї поверхні, промені через об'єктив (5) переносять зображення щілини в площину фокуса окуляра (6). Якщо контрольована поверхня є ідеально рівною, то в окулярі щілина матиме вигляд прямої лінії, що світиться (зазвичай зеленого кольору). Якщо на поверхні є канавка, то в площині окуляра спостерігається викривлена лінія, що світиться (рис.2.1). При глибині канавки, що дорівнює H , її світловий перетин:

$$b = \frac{H}{\sin \alpha}, \quad (2.1)$$

Розмір же світлового перетину канавки в площині об'єктива:

$$b_1 = b \cdot V_x \quad (2.2)$$

де V_x - збільшення об'єктива мікроскопа.

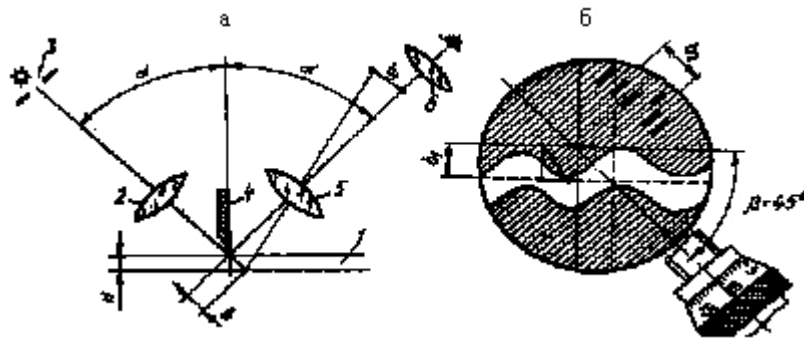


Рисунок 2.1 – Схема для визначення шорсткості методом світлового перетину

Вимірювання b_1 здійснюється за допомогою окулярного мікрометра, перехрестя якого переміщається на кут $b = 45^\circ$ і при цьому оцінюється b_2 . Якщо пучок світлових променів направити на контрольну поверхню під кутом $\alpha = 45^\circ$,

$$b_2 = \frac{b_1}{\sin b} = \frac{H}{(\sin \alpha \cdot \sin \beta)} \cdot V_x \quad (2.3)$$

звідки

$$H = \frac{b_2}{2 \cdot V_x} \quad (2.4)$$

Якщо на відстані 0,1 мм від контрольованої поверхні встановити лінійку (4) зі скошеним ребром, то останнім зріже частина пучка світла, і на контрольованій поверхні буде видно тінь, що відкидається лінійкою. Верхній край тіні, що є як би лезом ножа, відображає профіль досліджуваної поверхні, який і розглядають під мікроскопом (метод тіньового перетину).

Мікроінтерференційний метод реалізується за допомогою приладів МІІ-4, МІІ-5, МІІ-15, МІІ-9, МІІ-10, призначених для лабораторних

вимірювань параметрів R_z і S і фотографування мікронерівностей чистих поверхонь з $R_z = 0,03 \dots 1$ мкм. Принцип пристрою МІИ В.П. Лінніка - поєднання інтерферометра Майкельсона з вимірювальним мікроскопом, що дозволяє в поле зору мікроскопа збільшене в потрібне число раз зображення інтерференційної картини і вимірювати координатним методом вимальовується нерівності за допомогою звичайного гвинтового окулярного мікрометра. В місцях виступів і западин на досліджуваній поверхні інтерференційні смуги викривляються. Ступінь викривлення смуг і характеризує нерівність поверхні.

На рис.2.2 приведена інтерферограма поверхні, сфотографована на МІИ.



Рисунок 2.2 – Схема викривлення інтерференційних ліній

Кожна інтерференційна штаба на ній є зображення штаб профілю поверхні. Висоти мікронерівностей (мкм) визначають шляхом вимірювання викривлення інтерференційної штаби a по відношенню до інтервалу штаб b (рис.2.3):

$$R = \frac{a}{b} \cdot \frac{l}{2} = \frac{0,275 \cdot a}{b} \quad (2.5)$$

де l - довжина світлової хвилі; найбільш часто $l = 0,55$ мкм.

У тих випадках, коли необхідна визначити і крок нерівностей, його підраховують за формулою:

$$S = 2 \cdot a \cdot \tan \frac{\alpha}{2} \quad (2.6)$$

де a - кут профілю, вимірюваний за допомогою окулярного мікровінта.

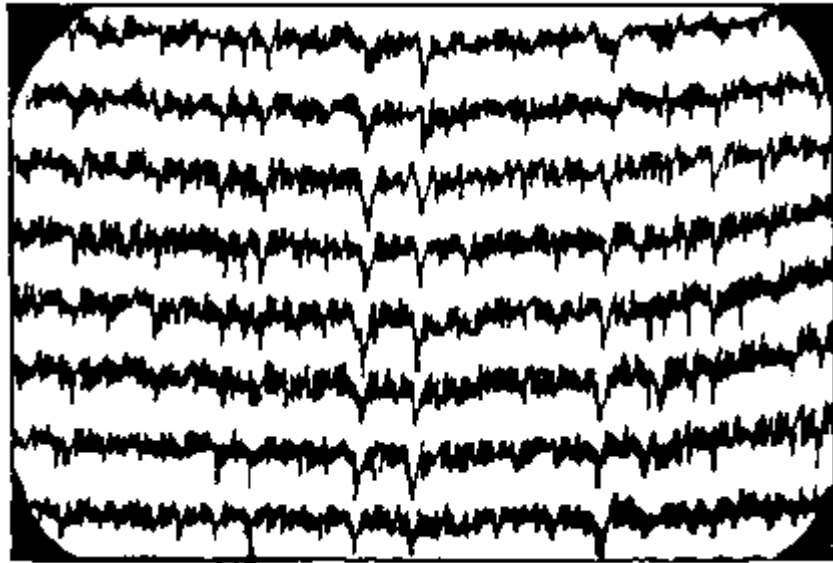


Рисунок 2.3 – Схема для вимірювання параметрів шорсткості по інтерферограммі

Ідея реєстрового методу полягає в наступному – якщо на випробовувану поверхню накласти скляну пластинку, на яку нанесені з малим кроком штрихи (растрова сітка), при похилому падінні променів відображена растрова сітка накладається на штрихи самої сітки і спостерігаються муарові полоси. На основі цього явища запропонована методика вимірювання висот нерівностей поверхонь за допомогою растрового мікроскопа. Растровий вимірювальний мікроскоп Орім-1 призначений для вимірювання висоти нерівностей (від 0,4 до 40 мкм) зовнішніх поверхонь деталей зі слідами обробки, мають певний переважний напрямок.

При оцінці шорсткості поверхонь складної форми і в разі важкого доступу до досліджуваної поверхні застосовують так званий метод зліпків, що полягає в знятті копій (як правило, «негативних») поверхонь для подальшої оцінки по ним висоти нерівностей. Нерівності на зліпках можна вимірювати як за допомогою оптичних, так і щупових приладів. Зокрема, для

цього використовують прилади МИС-11, ПСС-2, електромеханічні профілографи-профілометри. Матеріали для виготовлення зліпків - легкоплавкі сплави; віск; целулоїд; гіпс; масляна гутаперча; парафін; кіноплівка, розчинена в ацетоні, та ін. Найкращим з них є олійно-гутаперчева маса.

Щуповий метод вимірювання параметрів шорсткості. При щуповому (контактному) методі вимірювання нерівностей поверхні в якості щупа використовують гостро заточену голку, що поступально переміщається по певній трасі відносно поверхні. Вісь голки розташовують по нормалі до поверхні. Опускаючись у западини, а потім піднімаючись на виступи під час руху обмацує головки по випробуваній поверхні, голка коливається щодо головки відповідно огинає профілю. Механічні коливання голки перетворюються, як правило, в електричні за допомогою електромеханічного перетворювача того чи іншого типу. Знятий з перетворювача корисний сигнал підсилюють, а потім вимірюють його параметри, що характеризують нерівності досліджуваної поверхні або записують параметри профілю поверхні в заздалегідь вибраних вертикальному і горизонтальному масштабах.

Завданням процесу дресирування є випрямлення та отримання штаб і листів пласкої форми, тобто без дефектів «хвилястість» і «коробчатість». В промислових умовах форму листів характеризують величиною відношення непласкості “ a ” в мм до усталеної довжини “ L ” в м, на якій ця непласкість виміряна. Але це співвідношення не показує, чи є лист або ділянка штаби хвилястими, пласкими або коробчатими, а також не бере до уваги ширину штаби.

З метою автоматичного регулювання форми штаб показник форми повинен характеризувати пласкість прокатуваного металу в цілому, тобто він повинен бути функцією усіх розмірів штаби, що змінюються під час прокатування.

Щоб отримати узагальнений показник форми (рис. 2.4), розглянемо два поперечних розрізи листа. Якщо достоту виміряти довжину поздовжніх ділянок поміж перерізами на краях та по середині листа, то виявиться, що для плаского листа ці величини будуть однаковими, для неплаского – навпаки, різними. Причому, чим значнішою буде різниця цих довжин, тим більшим буде відхилення форми листа від пласкої. Відхилення форми листа від пласкої при одній і тій же відносній різниці довжин збільшується зі зменшенням ширини листів b . Тому форму листів Φ_l узагальнено можливо оцінити відношенням різниці довжин по середині l_c та по краях листа l_k до середньої довжини l і ширини листа b на ділянках поміж перерізами листа, тобто:

$$\Phi_l = \frac{l_c - l_k}{b \cdot l} \quad (2.7)$$

$$l = \frac{l_c - l_k}{2} \quad (2.8)$$

Таким чином, показник форми листа Φ_l буде позитивним для коробчатого, від'ємним для хвилястого і дорівнюватиме нулю для плаского листа.

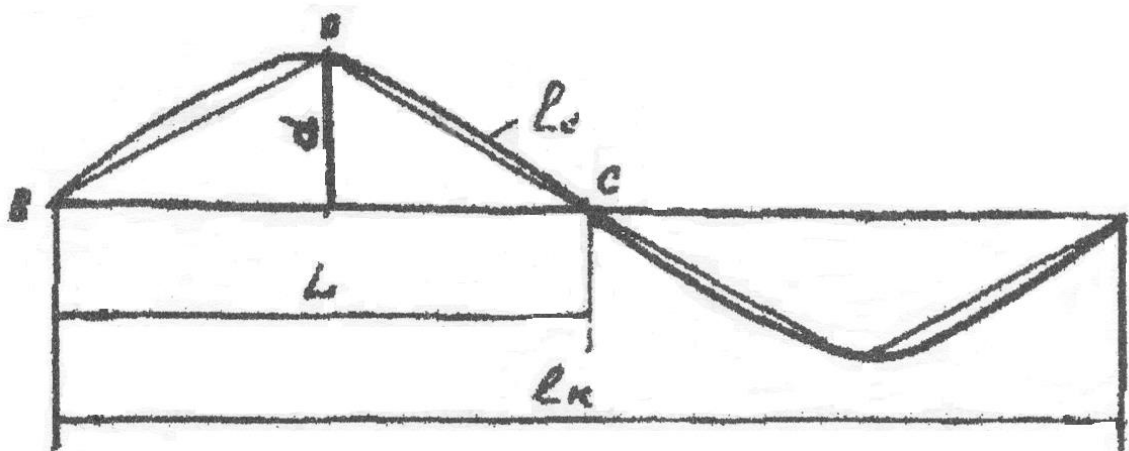


Рисунок 2.4 – Ділянка листа коробчатої форми

Визначимо зв'язок поміж отриманим показником форми Φ_l та показником, яким користуються для контролю якості форми листів в промислових умовах. Для цього розглянемо ділянку листа коробчатої форми, позначивши довжину на півхвилі дефекту форми L (рис. 2.4). За $b > L$ форма ділянки листа, відображена величиною непласкості віднесеної до довжини, на котрій вона виміряна, буде дорівнювати $\frac{a}{L}$. Для визначення показника форми Φ_l на виділеній ділянці листа вираховуємо довжину двох напівхвиль l_k , користуючись довжиною її горизонтальної проекції l_k та величиною непласкості a , замінивши криву, яка відображає коробчатий лист по його середині двома відрізками BO та OC .

Ураховуючи, що в $\frac{a}{b} \ll l$ і прийнявши $l_k \approx l$ та користуючись виразом (2.8), отримаємо:

$$l_c = l_k \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{2a}{L}\right)^2} \approx 1 \cdot \left(1 + 2 \cdot \frac{a^2}{L^2}\right) \quad (2.9)$$

підставивши l_c із (2.9) в (2.7) та замінивши в останньому l_k на l , одержимо:

$$\Phi_l = \frac{2 \cdot a^2}{b \cdot L^2} \quad (2.10)$$

Відповідно (2.7) показник форми до дресування:

$$\Phi_{l_0} = \frac{l_{c_0} - l_{k_0}}{B_0 \cdot L_0} \quad (2.11)$$

Після дресування:

$$\Phi_{l_1} = \frac{l_{c_1} - l_{k_1}}{B_1 \cdot L_1} \quad (2.12)$$

Показники форми по (2.11) та (2.12) в САРФ використати неможливо тому, що неможливе постійно-безперервне вимірювання довжини кайців і середини штабового металу безпосередньо під час дресування. Тому для автоматичного регулювання величини показників $\Phi_{Л_0}$ і $\Phi_{Л_1}$ визначають за витяжкою листового металу під час його дресування. Розподіл витяжки по ширині отримаємо скориставшись величинами узагальненої (середньої) витяжки λ та нерівномірності витяжки по ширині листа $\Delta\lambda_y$. Узагальнену витяжку виразимо напівсумою витяжки середини λ_c та краях листа λ_k , тобто:

$$\lambda = \frac{\lambda_c + \lambda_k}{2} \quad (2.13)$$

а нерівномірність розподілу витяжок як їх різницю:

$$\Delta\lambda_y = \lambda_c - \lambda_k \quad (2.14)$$

де λ_c і λ_k – відповідно витяжка середини та краю листа, які будуть дорівнювати:

$$\lambda_c = \frac{\lambda_{c1}}{\lambda_{c0}} \quad (2.15)$$

$$\lambda_k = \frac{\lambda_{k1}}{\lambda_{k0}} \quad (2.16)$$

Завваживши, що $\frac{l_{c0}}{l_0} \approx \frac{l_{k0}}{l_0} \approx 1$, одержимо:

$$\frac{l_{c1} - l_{k1}}{l_1} - \frac{l_{c0} - l_{k0}}{l_0} = \frac{\Delta\lambda_y}{\lambda} \quad (2.17)$$

Звідси отримаємо загальне рівняння зміни форми листа під час дресування:

$$b_1 \cdot \Phi_{л_1} = b_0 \cdot \Phi_{л_0} + \frac{\Delta\lambda_y}{\lambda} \quad (2.18)$$

У випадку дресування без розширення листів, тобто коли $b_1 = b_0$, будемо мати:

$$\Phi_{л_1} = \Phi_{л_0} + \frac{\Delta\lambda_y}{\lambda \cdot b} \quad (2.19)$$

Відношення показників форми листа після і до дресування не що інше, як коефіцієнт вирівнювання форми $K_{в.ф}$. Коефіцієнт $K_{в.ф}$ отримаємо, поділивши праву та ліву частини рівняння (2.19) на $\Phi_{л_0}$.

$$K_{в.ф} = \frac{\Phi_{л_1}}{\Phi_{л_0}} = 1 + \frac{\Delta\lambda_y}{\lambda \cdot b \cdot \Phi_{л_0}} \quad (2.20)$$

Коефіцієнт вирівнювання форми листа під час дресування може мати такі значення:

$K_{в.ф} > 1$ – пласкість листа погіршується;

$K_{в.ф} = 1$ – пласкість листа не змінюється;

$K_{в.ф} < 1$ – пласкість листа покращується;

Рівняння зміни форми (2.19) і величину коефіцієнта вирівнювання форми листа (2.20) використовують для оптимізації форми активної твірної поміж валкового розхилу та режиму обтиснення з метою отримання пласких листів або штаб в дресировочних клітках. За автоматичного регулювання пласкості і форми штаб під час дресування показники $\Phi_{л}$ і $K_{в.ф}$ характеризують об'єкт регулювання.

2.3 Техніка та апаратура експериментальних досліджень

Параметри шорсткості поверхні - один з найважливіших показників якості продукції, що працює з великим зносом. Шорсткість - це одна з найважливіших експлуатаційних характеристик рухомих механізмів, виробів, двигунів внутрішнього згорання. Саме від шорсткості залежить коефіцієнт тертя, корозійна стійкість, зносостійкість, і інші механічні характеристики деталей.

Таким чином, на поверхнях робочих деталей постійно відбуваються процеси, які можуть надавати на них негативний вплив. До таких процесів відносять: поява тріщин, механічний знос, який обумовлюється тертям, корозія металу, змінання, поява задирок. Такі дефекти можуть надавати навіть більший негативний вплив на роботу всього механізму, ніж деформація тіл, в результаті перегріву або гідроудару. До речі, перегрів може виникати і від посиленого тертя, в тому числі, викликаного підвищеною шорсткістю.

Якщо додати поверхні деякі мікрогеометричні властивості, то можна підвищити опірність деталі різним зовнішнім впливам, і тим самим, поліпшити параметри міцності і надійності.

Значення параметрів поверхні деталі, які змогли б забезпечити хороші експлуатаційні характеристики, можна підвищити шляхом технологічної обробки поверхні - тобто шліфування. Виміряти якість вже обробленої поверхні можна за допомогою приладів, що вимірюють шорсткість: профілометра і профілографа.

Відзначимо, що різниця в технічній будові та принципу дії у даних приладів невелика. Відрізняються вони, по-суті, тільки способом надання результатів. Профілометр відображає значення вимірюваного параметра шорсткості на спеціальному індикаторі (вбудованому дисплеї або шкалі). Профілограф, в свою чергу, представляє результати вимірювань в кінці всієї процедури у вигляді графіка - так званої профілограми, яка представляє

собою криву лінію. Профілограмма, зазвичай, потребує аналізу і розшифрування.

Розглянемо ці прилади більш детально:

1) Профілометр - прилад, який призначається для вимірювання шорсткості контактним методом. Контактний метод означає, що з досліджуваної поверхні переміщається спеціальна алмазна голка, що коливається від нерівностей поверхні. Такі коливання голки передаються на датчик, де перетворюються в малі електричні струми, які, в свою чергу, посилюються гальванометром і реєструються. Показання виводяться на дисплей приладу і дають уявлення про характер нерівностей досліджуваної поверхні - їх висоті і глибині. Часто, для оцінки шорсткості вибираються інші параметри - середньозважені, амплітудні, сумарні і ділення на довжину поверхні.



Рисунок 2.5 – Профілометр моделі TR220

Спробую коротко описати, як же працює профілометр, з чого складається, на чому базується принцип його дії.

Отже, як і в будь-якому вимірювальному пристрої, у профілометра повинен бути об'єкт вимірювання, вимірювальне джерело сигналів

(генератор сигналів), блок обробки сигналів і блок виведення результатів вимірювань. Об'єктом, в даному випадку, є поверхня, шорсткість якої необхідно виміряти. Як генератор сигналів, використовується тонко заточена голка, найчастіше - алмазна, але зустрічаються профілометри з голками з твердих сплавів. Голка переміщується вздовж поверхні, перпендикулярно її площині, при цьому, на шорсткій поверхні, неминуче, виникають коливання голки. Такі механічні коливання є первинним сигналом, який за допомогою перетворювача - індуктивного, ємнісного або п'єзоелектричного - перетворюється в струмовий. Після цього, електричний сигнал надходить на електронний підсилювач, після чого інтегрується і візуалізується. Таким чином, на дисплеї можна побачити вже усереднений параметр, що характеризує не тільки кількісні, але і якісні показники нерівності і шорсткості поверхні.

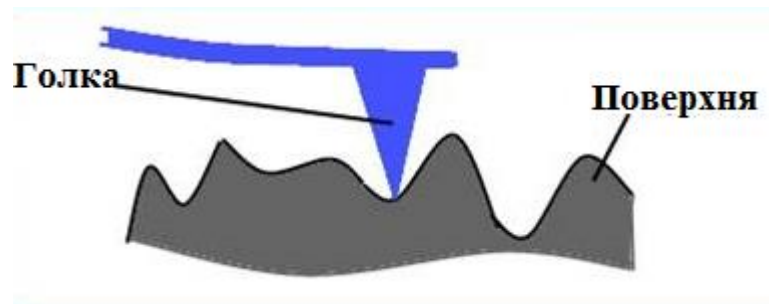


Рисунок 2.6 – Схематичне зображення принципу дії профілометра

Профілометри прийнято розрізняти в залежності від виду траси інтегрування.

За цією ознакою виділяють прилади:

- Профілометр з постійною трасою інтегрування, траса обмацування в яких, дорівнює, по довжині, трасі інтегрування. Таким чином, результати вимірювань можна побачити тільки в кінці, при завершенні процедури.

- Профілометр що володіє ковзної трасою інтегрування, в якому траса обмацування в кілька разів довше траси інтегрування. Таким чином, відлік показань і результатів вимірювання проводиться одночасно з переміщенням голки по поверхні.

До того ж, існують профілометри з механотрон перетворювачами, які вимірюють параметри нерівностей, вказуючи середнє арифметичне значення відхилення профілю - Ra.

Більшість приладів оснащені аналізатором, який дозволяє судити про нерівності поверхні по гармонійним коливанням сигналу від голки.

Похибка профілометра зазвичай коливається в межах від $\pm 25\%$, до $\pm 10\%$.

Як приклад профілометра можна привести профілометр моделі 130. Працює шляхом підключення до комп'ютера і налаштуванням спеціальною програмою. Профілометр моделі 130 є лабораторним стаціонарним приладом високої точності.

Також варто виділити профілометр «СЕЙТРОНІК-ПШ8-1» з лінійки профілометри СЕЙТРОНІК. Ці прилади є переносними, мають підключення до комп'ютера через порт RS232, і дозволяють виробляти основні виміри параметрів шорсткості з достатньою точністю.

2) Профілограф - це прилад, який, ідентичний профілометру, призначається для контролю параметрів шорсткості поверхні, однак, має від нього відмінності в плані виведення результатів вимірювань. У профілографів результати вимірювань подаються у вигляді кривої - профілограми, що визначає хвилястість і шорсткість. Обробка результатів проводиться графоаналітичним методом.



Рисунок 2.6 – Загальний вигляд профілографа

Конструктивно, профілограф складається з декількох блоків, а саме: вимірювального, перетворюючого і записуючого.

Перший блок - називається вимірювальним, оскільки саме в ньому виходить сигнал, який є основою всього вимірювання. На підставі цього сигналу і будується, в наслідку, крива, що характеризує мікронерівності. Даний блок складається, як правило, з голки, приводу голки і вимірювального столика.

Другий блок - електронний, в якому сигнал з першого блоку посилюється і перетворюється за допомогою спеціальних електронних перетворювачів.

Третій блок - записує, який оброблений сигнал надходить з другого блоку. Оброблений сигнал, за допомогою записуючого пристрою, аналогового або електронного, перетворюється на профілографу в збільшеному масштабі. При цьому, в якості матеріалу для креслення профілограми може виступати металізований папір, світлочутливий папір або спеціальна плівка.

Таким чином, принцип дії профілографа, мало чим відрізняється від принципу дії профілометра, єдиною відмінністю, тут, є відображення результатів не на екрані у вигляді числових значень, а графічно.

Профілограмма записується пристроєм в збільшеному масштабі, при цьому, по горизонталі збільшення досягає 100 000 раз, а по вертикалі від 400 до 200 000 разів. Завдяки збільшенню, розшифровку робити стає набагато зручніше.

Похибка профілографа не виходить за рамки $\pm 5-10\%$.

Крім перерахованих пристроїв: профілометри і профілографи, існують комбіновані прилади, які називаються профілографи-профілометри.

3) Профілографи-профілометри - прилади даного типу призначаються для запису вимірних параметрів мікронерівностей поверхні на паперовий носій (наприклад, електротермічний папір), і одночасного спостереження, в режимі реального часу, за результатами проведених вимірювань за допомогою пристрою, що показує - цифрового або аналогового.

Найпоширенішими профілографами-профілометри є прилади «Сейтронік-ПШ8» різних модифікацій. Так, наприклад, випускаються моделі СЕЙТРОНІК-ПШ8-4, СЕЙТРОНІК-ПШ8-3 і СЕЙТРОНІК-ПШ8-2, які відрізняються кроком довжини траси обмацування, наявністю або відсутністю вбудованого принтера, параметрами збільшення.



Рисунок 2.8 – Профілограф-профілометр «Сейтронік-ПШ8»

Принцип дії профілографа-профілометра ідентичний принципам дії приладів, що входять в його назву. Також, як і вищеописані прилади, він працює шляхом обмацування контрольованої поверхні заточеною голкою з малим радіусом заокруглення і перетворенні коливань від голки в електричний сигнал, а також подальшого моніторингу та запису результатів [12].

Для вимірювання відхилень форми застосовують універсальні засоби вимірювальної техніки, що пройшли державні приймальні випробування, а також автоматичні, оптоелектронні, електронні та інші засоби вимірювальної техніки, що не випускаються серійно і пройшли державну метрологічну атестацію у встановленому порядку.

Допускається застосовувати інші типи засобів вимірювальної техніки з такими або поліпшеними метрологічними характеристиками, які пройшли державні приймальні випробування або метрологічну атестацію в державних метрологічних службах організацій або підприємств, уповноважених (атестованих) на право виконання цих робіт.

Засоби вимірювальної техніки, що застосовуються при вимірах, повинні пройти перевірку в установленому порядку.

Металопродукцію укладають на плоску поверхню довжиною не менше довжини металопродукції, призначену для проведення вимірювань, наприклад перевірочну плиту або стелаж.

Металопродукція на плоскій поверхні повинна лежати вільно без впливу будь-яких зовнішніх сил, наприклад натиску, натягу, крутіння, якщо в нормативних документах на конкретний вид прокату не встановлені інші вимоги.

Відхилення від площинності і прямолінійності вимірюють на всій довжині металопродукції або на довжині 1 м, якщо в нормативних документах на конкретний вид прокату не встановлені інші вимоги.

Відхилення від площинності - це найбільша відстань від точок реальної поверхні до прилеглої площини.

Хвилястість, коробоватість і прогин в площині поперечного перерізу визначають за найбільшим значенням відхилення Δ між плоскою поверхнею і нижньою поверхнею металопродукції або між верхньою поверхнею і прилеглої площиною або прямої, що паралельна плоскій поверхні.

Вимірювання проводять одним з таких способів:

а) за допомогою прикладеної до торця або крайки металопродукції в вертикальному положенні вимірювальної металевої лінійки, штангенглибиномір або із застосуванням перевірконої лінійки і щупа (рис.2.9);

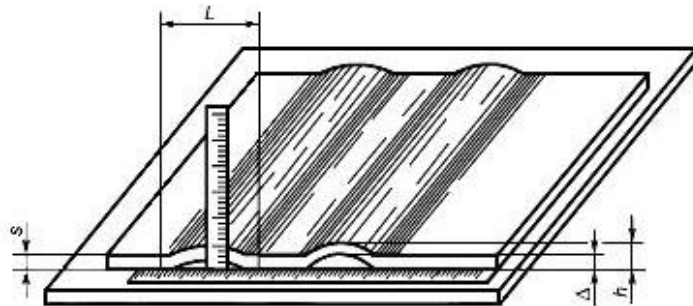


Рисунок 2.9 – Схема виміру площинності за допомогою лінійки у вертикальному положенні

б) за допомогою прилеглої до верхньої поверхні перевірконої лінійки і вимірювальної лінійки, розташованої вертикально (рис.2.10);

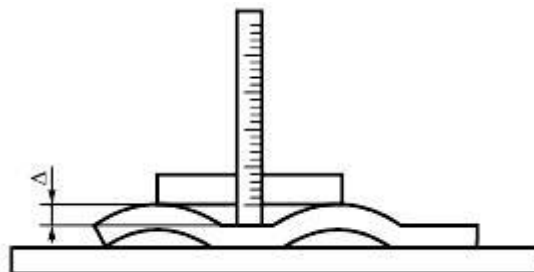


Рисунок 2.10 – Схема виміру площинності за допомогою лінійки у горизонтальному положенні

в) за допомогою прилеглої до верхньої поверхні натягнутої сталеві струни і вимірювальної металевої лінійки, розташованої вертикально (рис.2.11);

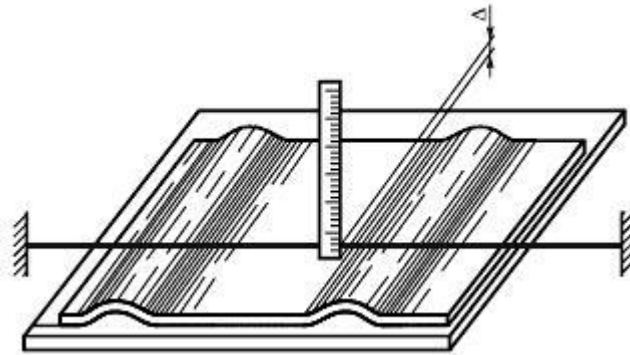


Рисунок 2.11 – Схема виміру площинності за допомогою сталеві струни і вимірювальної металевої лінійки у вертикальному положенні

Хвилястість, коробоватість і прогин в площині поперечного перерізу висловлюють в міліметрах або відсотках на нормовану довжину.

Довжину хвилі висловлюють в міліметрах.

При необхідності довжину хвилі визначають як відстань між точками прилягання поверхні металопродукції до плоскої поверхні за допомогою вимірювальної металевої лінійки (рис.2.9) [14].

2.3 Обробка та обговорення результатів

2.4.1 Розрахунок коефіцієнту вирівнювання

Теоретичне дослідження процесу дресирування, пов'язане з більшими труднощами та певними допущеннями. Тому значний інтерес представляють експериментально-статичні методи його вивчення, що мають своєю метою математичну обробку даних, зібраних безпосередньо на діючому об'єкті.

Ціль даного дослідження – кількісна оцінка ступеня впливу різних параметрів процесу дресування на розподіл витяжки, для перевірки вірогідності та точності представленого вище методу розрахунку.

Робота виконана на дресувальному стані 1700-2 в умовах ПАТ «Запоріжсталь». У якості дослідного матеріалу було взято зразки сталевих штаб розмірами: ширина 1000 мм, довжина 200 мм та товщина 0,6 мм та 1,5 мм. Марка сталі – 08КП. Хімічний склад [15] приведено у таблиці 2.1. Механічні властивості [16]: межа міцності – 29 кгс/мм², відносне подовження – 30 %.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад, %

| Сталь | C | Si | Mn | Ni | S | P | Cr | Cu | As |
|-------|------|-------|------|-----|------|------|------|-----|------|
| 08КП | 0,09 | 0,003 | 0,35 | 0,3 | 0,03 | 0,03 | 0,05 | 0,2 | 0,02 |

У результаті проведення активного експерименту були отримані наступні результати (див. табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Результати проведеного експерименту

| № п. п. | Товщина до дресування, мм | Товщина після дресування, мм | | |
|---------|---------------------------|------------------------------|----------------|---------------|
| | | ліва сторона | середина штаби | права сторона |
| 1 | 0,63 | 0,63 | 0,62 | 0,64 |
| 2 | | 0,62 | 0,60 | 0,62 |
| 3 | | 0,61 | 0,58 | 0,60 |
| 4 | | 0,62 | 0,59 | 0,58 |
| 5 | 1,54 | 1,48 | 1,49 | 1,51 |
| 6 | | 1,49 | 1,50 | 1,52 |
| 7 | | 1,51 | 1,53 | 1,54 |
| 8 | | 1,49 | 1,54 | 1,55 |

Примітка:

товщину до дресування заміряли у трьох точках та розраховували як середнє арифметичне.

Виконаємо розрахунок витяжок по ширині штаби по формулі:

$$\mu = \frac{h_0}{h_1} \quad (2.21)$$

для лівої, правої та середини штаби і запишемо отримані значення у табл. 2.3.

– ліва сторона:

$$\begin{aligned} \mu_1 &= \frac{0,63}{0,63} = 1,0; & \mu_2 &= \frac{0,63}{0,62} = 1,02; & \mu_3 &= \frac{0,63}{0,61} = 1,03; & \mu_4 &= \frac{0,63}{0,62} = 1,02; \\ \mu_5 &= \frac{1,54}{1,48} = 1,04; & \mu_6 &= \frac{1,54}{1,49} = 1,03; & \mu_7 &= \frac{1,54}{1,51} = 1,02; & \mu_8 &= \frac{1,54}{1,49} = 1,03; \end{aligned}$$

– права сторона:

$$\begin{aligned} \mu_1 &= \frac{0,63}{0,64} = 0,98; & \mu_2 &= \frac{0,63}{0,62} = 1,02; & \mu_3 &= \frac{0,63}{0,60} = 1,05; & \mu_4 &= \frac{0,63}{0,58} = 1,09; \\ \mu_5 &= \frac{1,54}{1,51} = 1,02; & \mu_6 &= \frac{1,54}{1,52} = 1,01; & \mu_7 &= \frac{1,54}{1,54} = 1,0; & \mu_8 &= \frac{1,54}{1,55} = 0,99; \end{aligned}$$

– середина штаби:

$$\begin{aligned} \mu_1 &= \frac{0,63}{0,62} = 1,02; & \mu_2 &= \frac{0,63}{0,60} = 1,05; & \mu_3 &= \frac{0,63}{0,58} = 1,09; & \mu_4 &= \frac{0,63}{0,59} = 1,07; \\ \mu_5 &= \frac{1,54}{1,49} = 1,03; & \mu_6 &= \frac{1,54}{1,50} = 1,03; & \mu_7 &= \frac{1,54}{1,53} = 1,01; & \mu_8 &= \frac{1,54}{1,54} = 1,0. \end{aligned}$$

По формулі (2.13) визначимо узагальнену витяжку:

$$\lambda_1 = \frac{1+0,98+1,02}{3} = 1,0; \quad \lambda_2 = \frac{1,02+1,02+1,05}{3} = 1,03;$$

$$\lambda_3 = \frac{1,03+1,05+1,09}{3} = 1,06;$$

$$\lambda_4 = \frac{1,02+1,09+1,07}{3} = 1,06;$$

$$\lambda_5 = \frac{1,04+1,02+1,03}{3} = 1,03;$$

$$\lambda_6 = \frac{1,03+1,01+1,03}{3} = 1,02;$$

$$\lambda_7 = \frac{1,02+1+1,01}{3} = 1,01;$$

$$\lambda_8 = \frac{1,03+0,99+1}{3} = 1,01.$$

Таблиця 2.3 – Розрахунок витяжок по ширині штаби

| № п.п. | μ | | | μ _{ср} |
|-----------|--------------|----------------|---------------|-----------------|
| | ліва сторона | середина штаби | права сторона | |
| 1 | 1,0 | 1,02 | 0,98 | 1,0 |
| 2 | 1,02 | ,05 | 1,02 | 1,03 |
| 3 | 1,03 | 1,09 | 1,05 | 1,06 |
| 4 | 1,02 | 1,07 | 1,09 | 1,06 |
| 5 | 1,04 | 1,03 | 1,2 | 1,03 |
| 6 | 1,,03 | 1,3 | 1,1 | 1,2 |
| 7 | 1,02 | 1,01 | 1,0 | 1,01 |
| 8 | 1,03 | 1,0 | 0,99 | 1,01 |

На підставі отриманих даних визначимо довжину зразків після дресування через відношення:

$$\mu = \frac{l_1}{l_0} \rightarrow l_1 = \mu \cdot l_0 \quad (2.22)$$

Для цього спочатку визначимо l_{K_0} й l_{C_0} по формулі (2.9):

$$l_{K_0} = 200\text{мм}; l_{C_0} = 200 \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{2 \cdot 1,5}{35}\right)^2} = 201,5\text{мм}$$

Зробимо обчислення довжини після дресування і запишемо в таблицю 2.4 отримані результати.

– ліва сторона:

$$l_1 = 1,0 \cdot 200 = 200 \text{ мм};$$

$$l_3 = 1,03 \cdot 200 = 206 \text{ мм};$$

$$l_5 = 1,04 \cdot 200 = 208 \text{ мм};$$

$$l_7 = 1,02 \cdot 200 = 204 \text{ мм};$$

$$l_2 = 1,02 \cdot 200 = 204 \text{ мм};$$

$$l_4 = 1,02 \cdot 200 = 204 \text{ мм};$$

$$l_6 = 1,03 \cdot 200 = 206 \text{ мм};$$

$$l_8 = 1,03 \cdot 200 = 206 \text{ мм};$$

– права сторона:

$$l_1 = 0,98 \cdot 200 = 196 \text{ мм};$$

$$l_3 = 1,05 \cdot 200 = 210 \text{ мм};$$

$$l_5 = 1,02 \cdot 200 = 204 \text{ мм};$$

$$l_7 = 1,0 \cdot 200 = 200 \text{ мм};$$

$$l_2 = 1,02 \cdot 200 = 204 \text{ мм};$$

$$l_4 = 1,09 \cdot 200 = 218 \text{ мм};$$

$$l_6 = 1,01 \cdot 200 = 202 \text{ мм};$$

$$l_8 = 0,99 \cdot 200 = 198 \text{ мм};$$

– середина штаби:

$$l_1 = 1,02 \cdot 200 = 204 \text{ мм};$$

$$l_3 = 1,09 \cdot 200 = 218 \text{ мм};$$

$$l_5 = 1,03 \cdot 200 = 206 \text{ мм};$$

$$l_7 = 1,01 \cdot 200 = 202 \text{ мм};$$

$$l_2 = 1,05 \cdot 200 = 210 \text{ мм};$$

$$l_4 = 1,07 \cdot 200 = 214 \text{ мм};$$

$$l_6 = 1,03 \cdot 200 = 206 \text{ мм};$$

$$l_8 = 1,0 \cdot 200 = 200 \text{ мм}.$$

Таблиця 2.4 – Розрахунок довжини після дресування

| № п/п | l_{K_0} , мм | l_{C_0} , мм | $l_{л_1}$, мм | $l_{с_1}$, мм | $l_{п_1}$, мм |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 | 200 | 201,5 | 200 | 204 | 196 |
| 2 | | | 204 | 210 | 204 |
| 3 | | | 206 | 218 | 210 |
| 4 | | | 204 | 214 | 218 |
| 5 | | | 208 | 206 | 204 |
| 6 | | | 206 | 206 | 202 |
| 7 | | | 204 | 202 | 200 |
| 8 | | | 206 | 200 | 198 |

По формулі (2.14) одержимо нерівномірність розподілу витяжок по ширині штаби:

$$\begin{aligned}\Delta\mu_1 &= 1,02 - 1,0 = 0,02; & \Delta\mu_2 &= 1,05 - 1,02 = 0,03; \\ \Delta\mu_3 &= 1,09 - 1,03 = 0,06; & \Delta\mu_4 &= 1,07 - 1,02 = 0,05; \\ \Delta\mu_5 &= 1,03 - 1,04 = -0,01; & \Delta\mu_6 &= 1,03 - 1,03 = 0; \\ \Delta\mu_7 &= 1,01 - 1,02 = -0,01; & \Delta\mu_6 &= 1,0 - 1,03 = 0,03;\end{aligned}$$

Виконаємо по викладеній раніше методиці розрахунок показників форми штаби до і після дресування.

Відповідно до (2.11) показник форми до дресування:

$$\Phi_{л_0} = \frac{201,5 - 200}{1000 \cdot 200,75} = 0,0000075$$

Відповідно до (2.12) показник форми після дресування:

$$\begin{aligned}\Phi_{л_1} &= \frac{204-200}{1000 \cdot 202} = 0,000020; & \Phi_{л_2} &= \frac{210-204}{1000 \cdot 207} = 0,000029; \\ \Phi_{л_3} &= \frac{218-206}{1000 \cdot 212} = 0,000009; & \Phi_{л_4} &= \frac{214-204}{1000 \cdot 209} = 0,000048; \\ \Phi_{л_5} &= \frac{206-208}{1000 \cdot 207} = -0,000010; & \Phi_{л_6} &= \frac{206-206}{1000 \cdot 206} = 0; \\ \Phi_{л_7} &= \frac{202-204}{1000 \cdot 203} = -0,000010; & \Phi_{л_8} &= \frac{200-206}{1000 \cdot 203} = -0,000030.\end{aligned}$$

За виразом (2.19) також визначимо змінення форми штаби за прохід:

$$\begin{aligned}\Phi_{л_1} &= 0,0000075 + \frac{0,02}{1000 \cdot 1} = 0,0000275; \\ \Phi_{л_2} &= 0,0000075 + \frac{0,03}{1000 \cdot 1,03} = 0,0000366;\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Phi_{л3} &= 0,0000075 + \frac{0,06}{1000 \cdot 1,06} = 0,0000641 \\ \Phi_{л4} &= 0,0000075 + \frac{0,05}{1000 \cdot 1,06} = 0,0000547; \\ \Phi_{л5} &= 0,0000075 + \frac{-0,01}{1000 \cdot 1,03} = -0,0000172; \\ \Phi_{л6} &= 0,0000075 + \frac{0}{1000 \cdot 1,02} = 0; \\ \Phi_{л7} &= 0,0000075 + \frac{-0,01}{1000 \cdot 1,01} = -0,0000174; \\ \Phi_{л8} &= 0,0000075 + \frac{-0,03}{1000 \cdot 1,01} = -0,0000372.\end{aligned}$$

Відношення показників форми листа після і до дресування не що інше, як коефіцієнт вирівнювання форми K_e .

Отримаємо коефіцієнт K_e поділивши праву та ліву частини рівняння (2.19) на $\Phi_{л0}$:

$$\begin{aligned}K_{B1} &= \frac{0,0000275}{0,0000075} = 1 + \frac{0,02}{1 \cdot 1000 \cdot 0,0000075} = 3,67; \\ K_{B2} &= \frac{0,0000366}{0,0000075} = 1 + \frac{0,03}{1,03 \cdot 1000 \cdot 0,0000075} = 4,88; \\ K_{B3} &= \frac{0,0000641}{0,0000075} = 1 + \frac{0,06}{1,06 \cdot 1000 \cdot 0,0000075} = 8,55; \\ K_{B4} &= \frac{0,0000547}{0,0000075} = 1 + \frac{0,05}{1,0 \cdot 1000 \cdot 0,0000075} = 7,29; \\ K_{B5} &= \frac{-0,0000172}{0,0000075} = 1 + \frac{-0,01}{1,03 \cdot 1000 \cdot 0,0000075} = -2,29; \\ K_{B6} &= \frac{0,0000075}{0,0000075} = 1 + \frac{0}{1,02 \cdot 1000 \cdot 0,0000075} = 1; \\ K_{B7} &= \frac{-0,0000174}{0,0000075} = 1 + \frac{-0,01}{1,01 \cdot 1000 \cdot 0,0000075} = -2,32; \\ K_{B8} &= \frac{-0,0000372}{0,0000075} = 1 + \frac{-0,03}{1,01 \cdot 1000 \cdot 0,0000075} = -4,96.\end{aligned}$$

Результати розрахунків занесемо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Показники форми зразків

| № п/п | $\Delta\mu$ (2.14) | $\Phi_{л0}$ (2.11) | $\Phi_{л1}$ (2.12) | $\Phi_{л1}$ (2.19) | K_6 (2.20) |
|----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|
| 1 | 0,02 | 0,0000075 | 0,000020 | 0,0000275 | 3,67 |
| 2 | 0,03 | | 0,000029 | 0,0000366 | 4,88 |
| 3 | 0,06 | | 0,000057 | 0,0000641 | 8,55 |
| 4 | 0,05 | | 0,000048 | 0,0000547 | 7,29 |
| 5 | -0,01 | | -0,000010 | -0,0000172 | 2,29 |
| 6 | 0 | | 0 | 0,0000075 | 1,0 |
| 7 | -0,01 | | -0,000010 | -0,0000174 | -2,32 |
| 8 | -0,03 | | -0,000030 | -0,0000372 | -4,96 |

Для пояснення отриманих результатів і побудови графіків визначаємо абсолютний та відносний обтиск зразків.

Абсолютний обтиск:

$$\Delta h = h_0 - h_1 \quad (2.23)$$

Відносний обтиск:

$$\varepsilon = \frac{h_0 - h_1}{h_0} \cdot 100\% = \frac{\Delta h}{h_0} \cdot 100\% \quad (2.24)$$

де h_0 і h_1 – товщина штаби відповідно до і після дресування.

$$\Delta h_1 = 0,63 - 0,63 = 0 \text{ мм}; \quad \varepsilon_1 = \frac{0}{0,63} \cdot 100 = 0\%;$$

$$\Delta h_2 = 0,63 - 0,61 = 0,02 \text{ мм}; \quad \varepsilon_2 = \frac{0,02}{0,63} \cdot 100 = 3,17\%;$$

$$\Delta h_3 = 0,63 - 0,60 = 0,03 \text{ мм}; \quad \varepsilon_3 = \frac{0,03}{0,63} \cdot 100 = 4,76\%;$$

$$\Delta h_4 = 0,63 - 0,60 = 0,03 \text{ мм}; \quad \varepsilon_4 = \frac{0,03}{0,63} \cdot 100 = 4,76\%;$$

$$\Delta h_5 = 1,54 - 1,49 = 0,05 \text{ мм}; \quad \varepsilon_5 = \frac{0,05}{1,54} \cdot 100 = 3,25\%;$$

$$\Delta h_6 = 1,54 - 1,50 = 0,04 \text{ мм}; \quad \varepsilon_6 = \frac{0,04}{1,54} \cdot 100 = 2,6\%;$$

$$\Delta h_7 = 1,54 - 1,53 = 0,01 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_7 = \frac{0,01}{1,54} \cdot 100 = 0,65\%;$$

$$\Delta h_8 = 1,54 - 1,53 = 0,01 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_7 = \frac{0,01}{1,54} \cdot 100 = 0,65\%.$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Деформаційні параметри зразків

| № п/п | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|
| Δh , мм | 0 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,05 | 0,04 | 0,01 | 0,01 |
| ε , % | 0 | 3,17 | 4,76 | 4,76 | 3,25 | 2,6 | 0,65 | 0,65 |

За результатами розрахунків будемо графічні залежності технологічних параметрів для номінальної товщини прокату 0,6 мм.

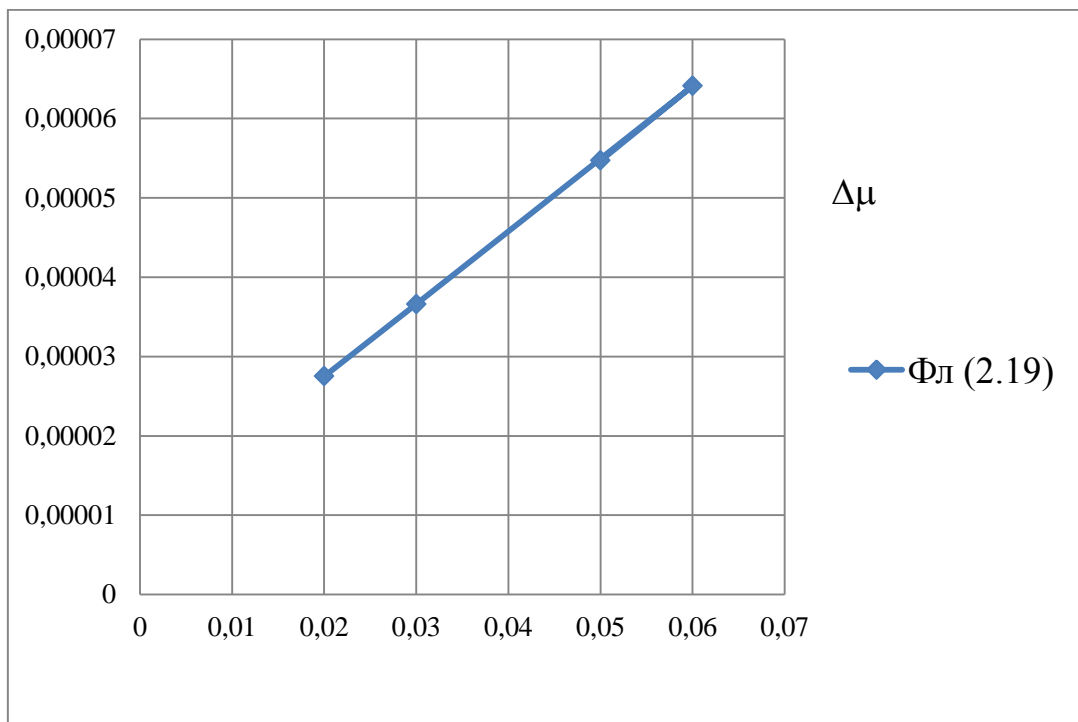


Рисунок 2.12 – Вплив нерівномірності розподілу витяжок по ширині штаби на підсумкове значення показника форми штаби

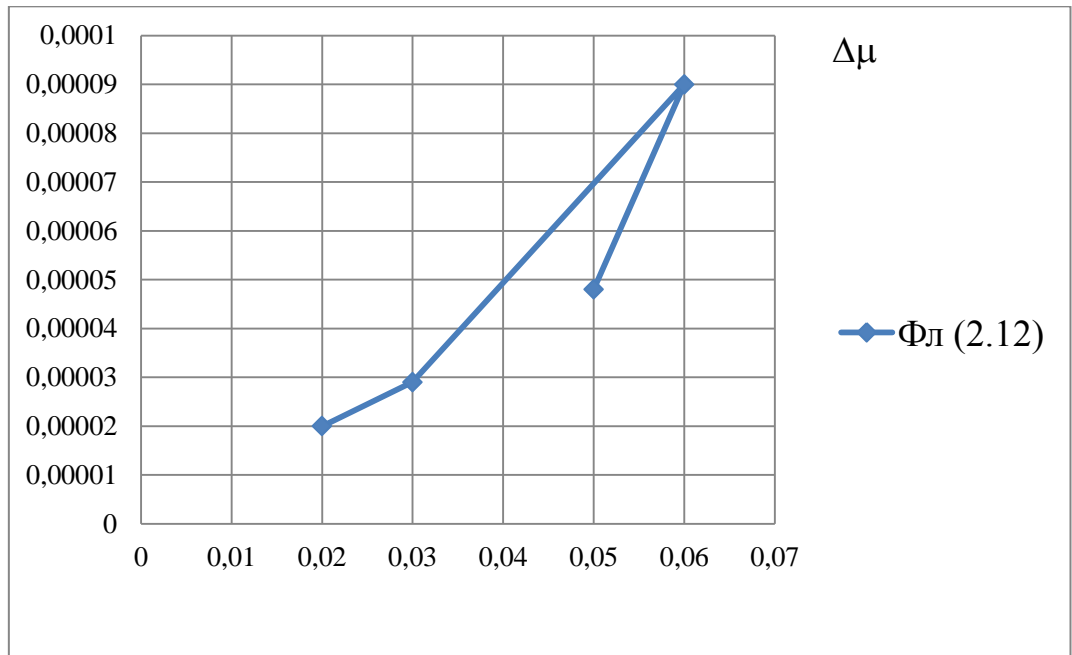


Рисунок 2.13 – Вплив нерівномірності розподілу витяжок по ширині штаби на підсумкове значення показника форми штаби

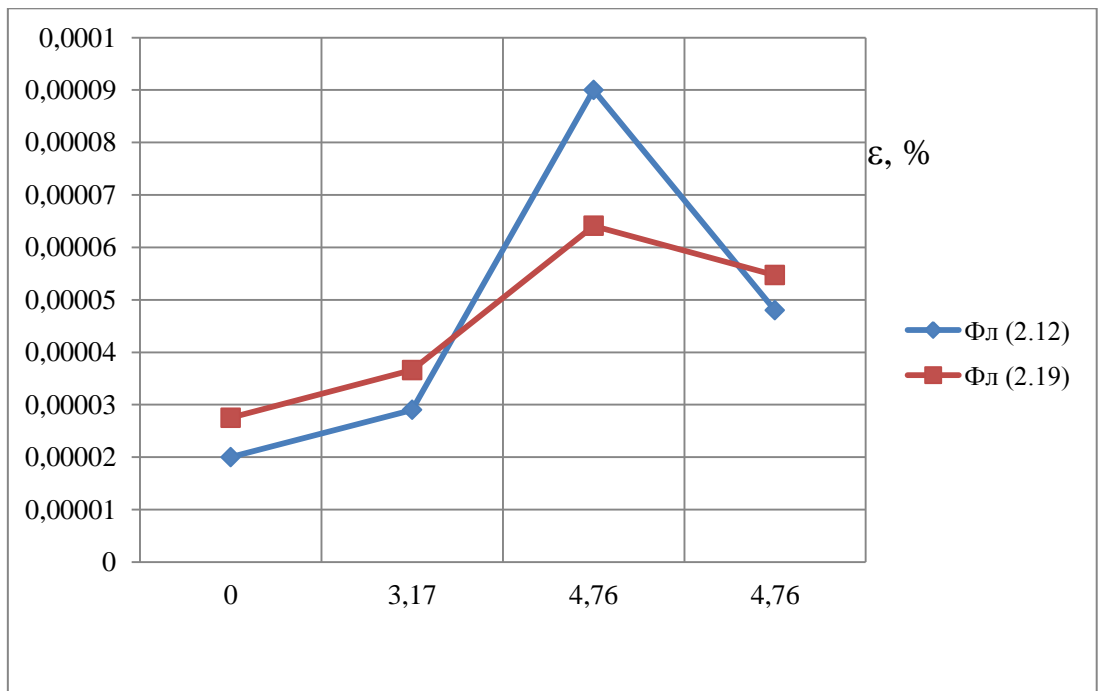


Рисунок 2.14 - Залежність показника форми після дресування $\Phi_{Л1}$ від відносного обтиску ε

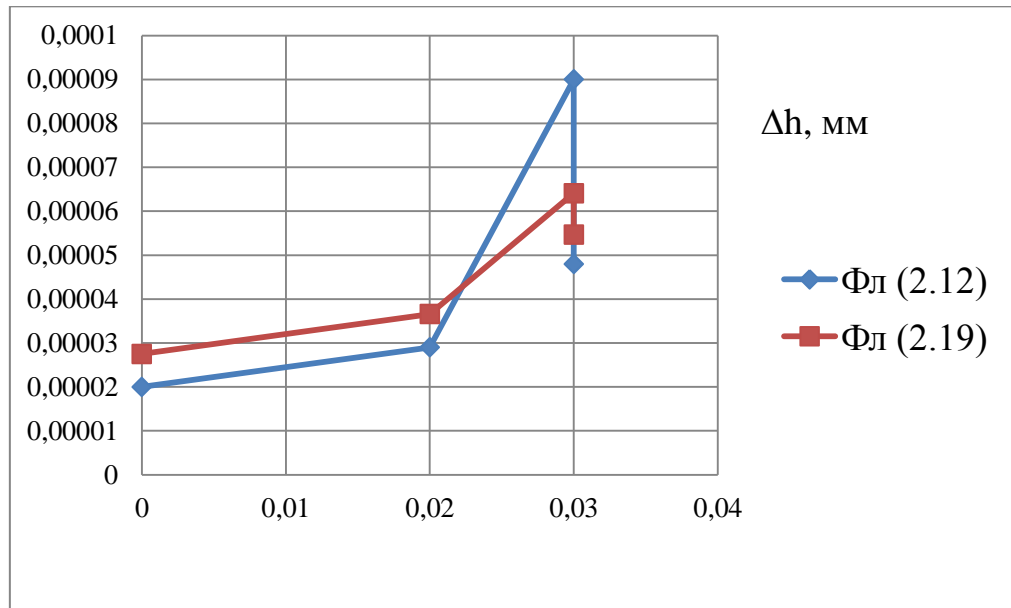


Рисунок 2.15 – Залежність показника форми після дресування $\Phi_{\text{л}1}$ від абсолютного обтиску Δh

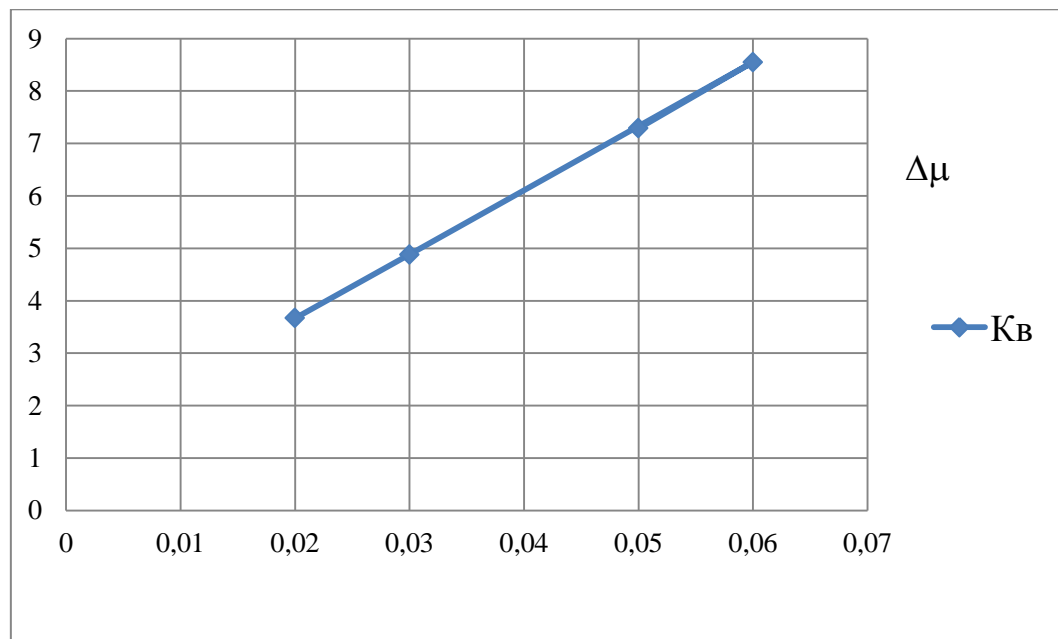


Рисунок 2.16 – Вплив нерівномірності розподілу витяжок по ширині штаби на підсумкове значення коефіцієнта вирівнювання штаби

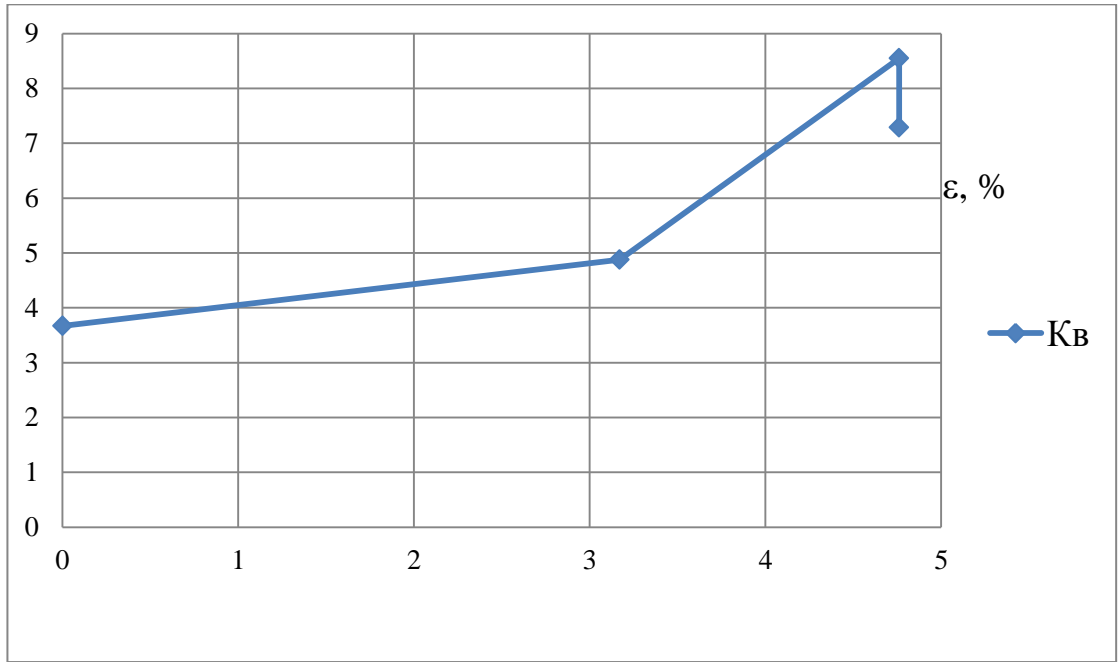


Рисунок 2.17 – Залежність коефіцієнта вирівнювання $K_{\text{в}}$ від відносного обтиску ε

За результатами розрахунків будемо графічні залежності технологічних параметрів для номінальної товщини прокату 1,50 мм.

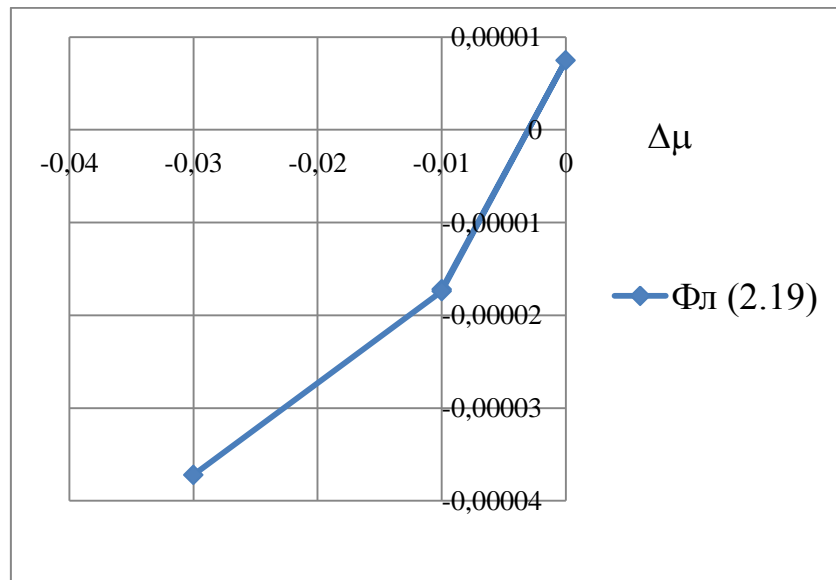


Рисунок 2.18 – Вплив нерівномірності розподілу витяжок по ширині штаби на підсумкове значення показника форми штаби

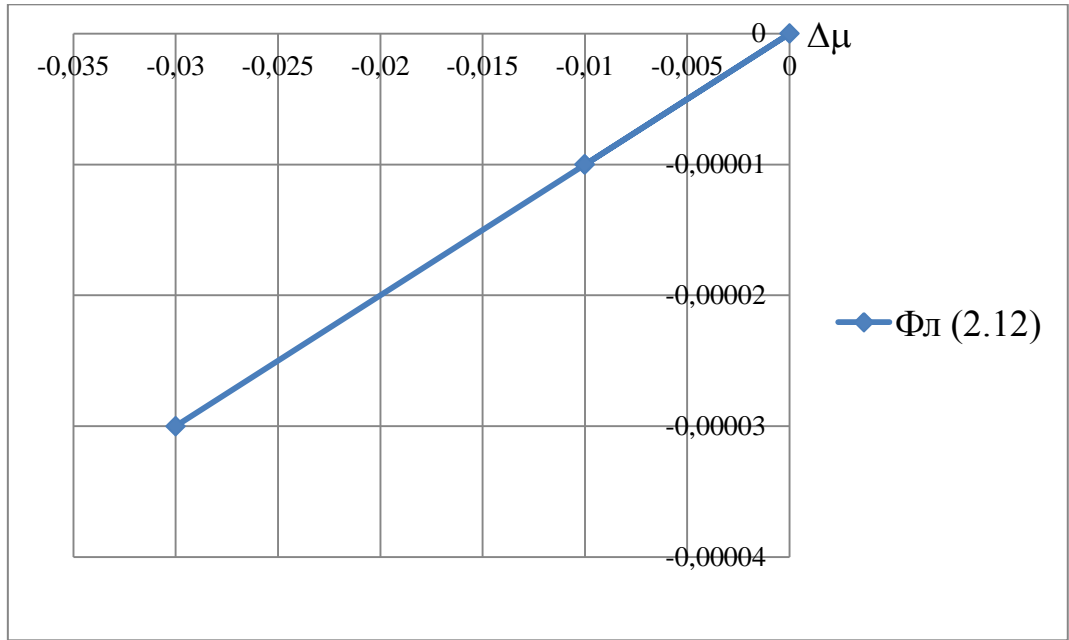


Рисунок 2.19 – Вплив нерівномірності розподілу витяжок по ширині штаби на підсумкове значення показника форми штаби

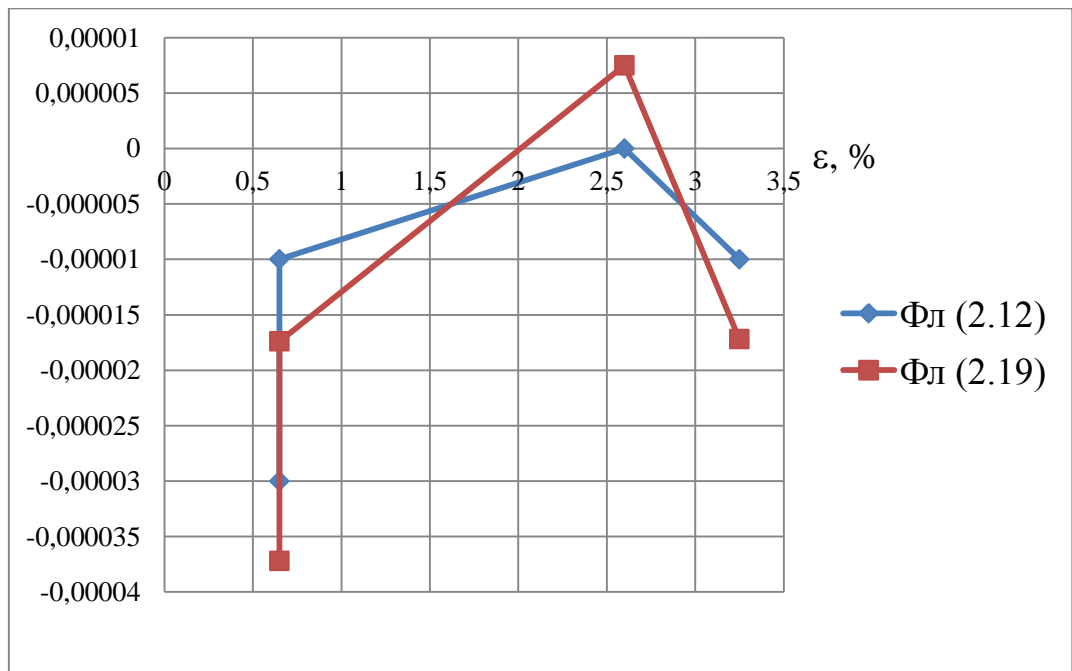


Рисунок 2.20 – Залежність показника форми після дресування Φ_L від відносного обтиску ε

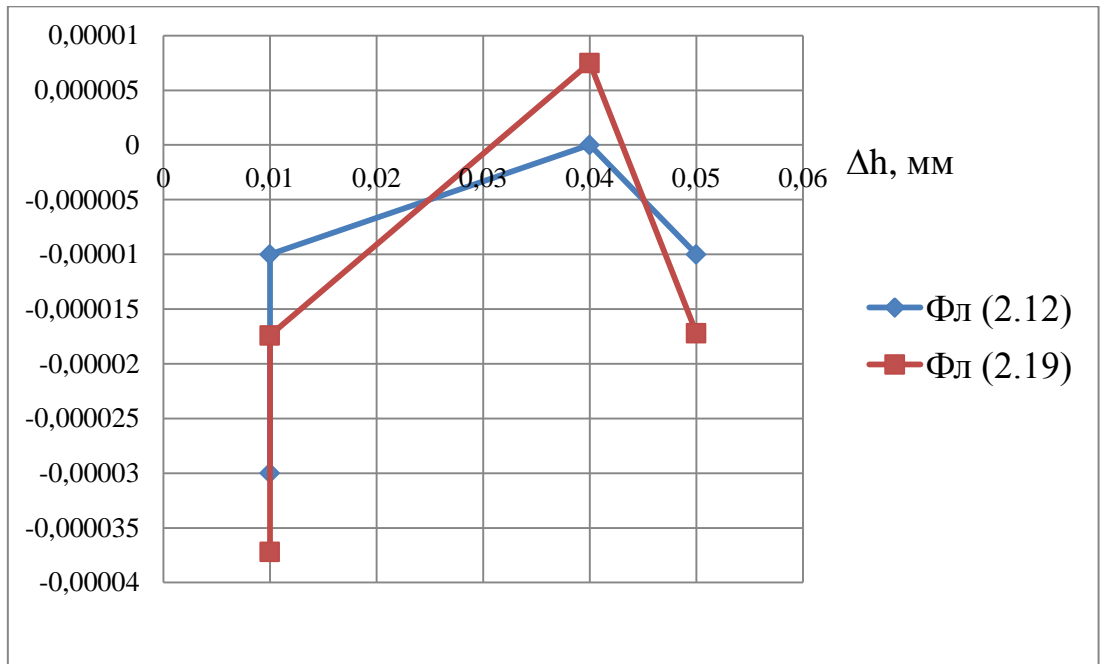


Рисунок 2.21 – Залежність показника форми після дресування Φ_L від абсолютного обтиску Δh

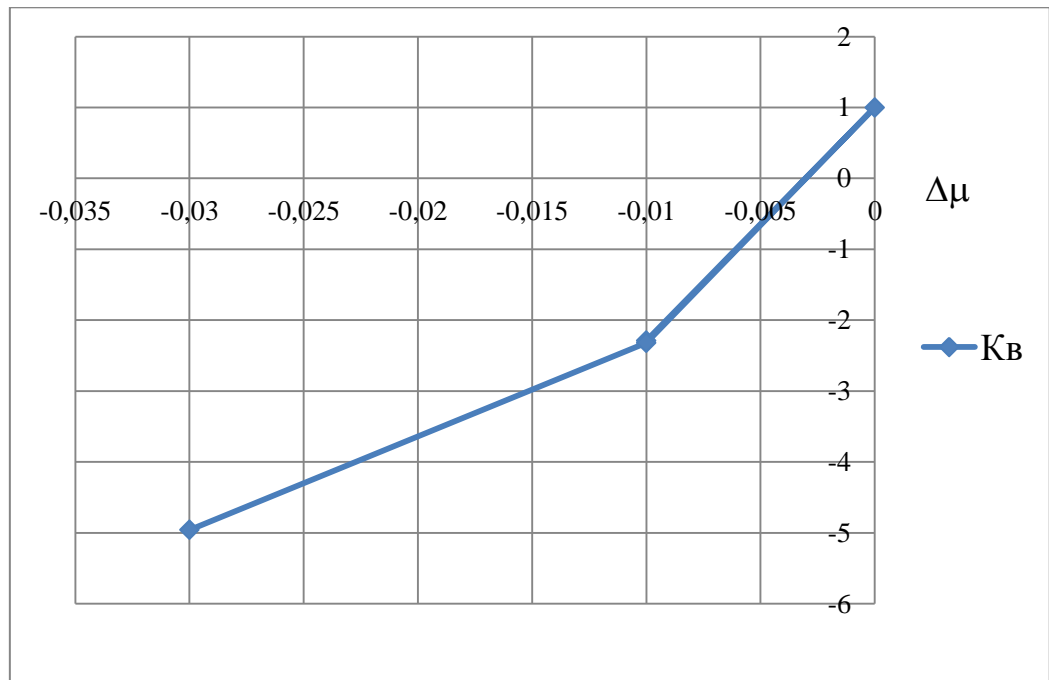


Рисунок 2.22 – Вплив нерівномірності розподілу витяжок по ширині штаби на підсумкове значення коефіцієнта вирівнювання штаби

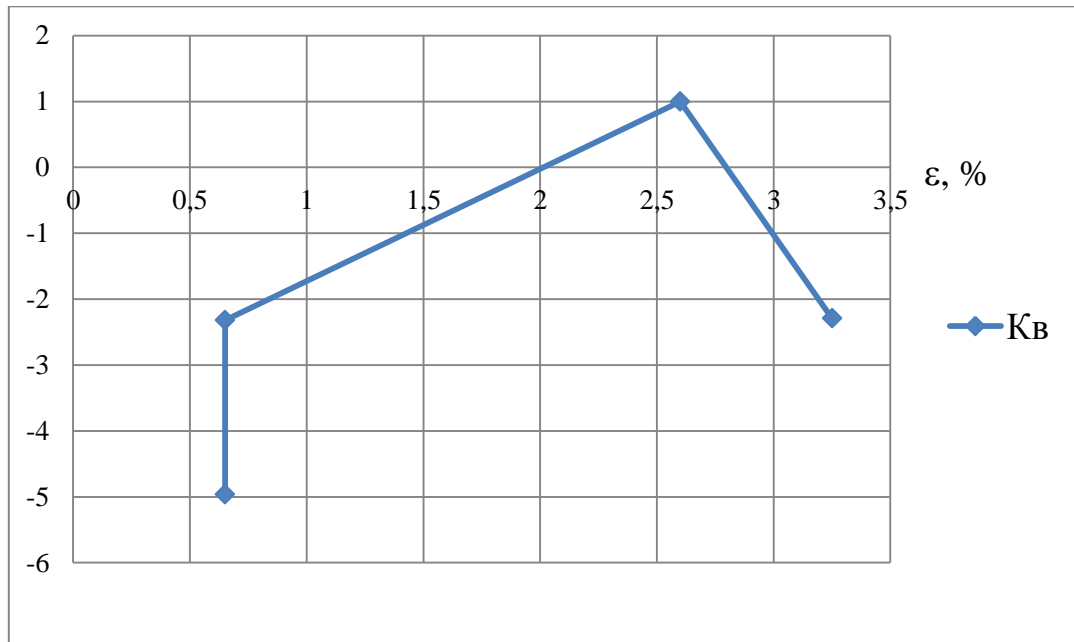


Рисунок 2.23 – Залежність коефіцієнта вирівнювання K_v від відносного обтиску ε

2.4.2 Формування шорсткості валків та штаби

Для формування необхідної шорсткості штаби необхідно насамперед створити стійку шорсткість на робочих валках дресировального стану. Ці валки спочатку шліфують до "дзеркального блиску", тобто до $R_a < 1,0$ мкм. Штаба, що прокатана на таких валках, також буде дзеркальною. Шорсткість її за показником R_a не перевищує значення 0,6 мкм.

Щоб отримати матовий лист, необхідно на валках дресировального стану створити шорсткість з $R_a = 4 - 6$ мкм. Це здійснюється декількома способами — на дробометних або електроерозійних верстатах, за допомогою електронного або лазерного променя. Один з найпоширеніших способів — насічка обертових дзеркальних валків шляхом подачі на поверхню з великою швидкістю дрібного сталевого дробу. Насічку ведуть на дробометній машині за три – п'ять проходів. При фракції дробу 0,9 – 1,6 мм отримують валки з R_a 4 – 6 мкм. Для цієї ж мети замість дробу застосовують січку – шматочки

міцного тонкого сталевого дроту довжиною 2 – 3 мм з гострими краями, нарубані на спеціальних верстатах-автоматах.

Недоліком насічених валків є те, що шорсткість формується тільки по колу валка, а по довжині валка вона фактично ніяк не керується. Лист, прокатаний на таких валках, має матову поверхню. Шорсткість його в напрямку довжини і ширини різна, тому при штампуванні можлива різна витяжка в обох напрямках.

Шорсткий лист, точніше, лист з підвищеною шорсткістю виходить на валках дрессировочного стану, оброблених кілька разів січкою або дробом у поперечному і поздовжньому напрямку. Такі валки дорожче, ніж матові. Відповідно, вартість шорсткого листа вище, ніж матового, а той, у свою чергу, дорожче дзеркального.

Експериментально показано, що від характеру профілю мікрорельєфу валків залежить не тільки шорсткість смуги, але і багато інших характеристик, наприклад знос валків при прокатці. Для меншого зносу необхідно, щоб на профілограммі поверхні валка виступи компонувались щільніше, ніж западини. Великий вплив на зносостійкість валків надають також крок і число нерівностей на 1 см довжини. За даними комбінату "Міттал Стіл Теміртау" стабільна шорсткість збільшує тривалість кампанії валків на стані холодної прокатки в 1,5 рази, а на дресировальному стані — в 2 рази в порівнянні з гладкими валками.

Стійкість і якість шорстких валків визначаються не тільки показниками їх шорсткості, але і параметрами дресировування. За рахунок випередження мікровиступи на поверхні шорстких валків поступово стираються, і поверхня листа наближається до дзеркальної. На стираність виступів великий вплив надає твердість валків. Через 3 – 4 год безперервної роботи на шорстких робочих валках необхідно або робити їх перевалку, або переходити на прокатку дзеркального листа.

Формування шорсткості на поверхні валка з допомогою січки або дробу має багато незручностей і недоліків. Виступи і западини неоднакові по

довжині і не настільки регулярні, як хотілося б. Крок їх непостійний, малюнок реальної поверхні хаотичний, показники шорсткості неоднакові вздовж і впоперек аркуша. Крім того, стійкість сопел, через які подається дріб або січка на валки, дуже низька. Тому ведуться пошуки інших способів і технічних засобів формування шорсткості валків.

Велике поширення одержують установки електроерозійного текстурування поверхні валків. Одна з останніх установок введена в експлуатацію у 2002 р. на комбінаті "Міттал Стіл Теміртау". Вона дозволяє створювати задану шорсткість валків в широкому діапазоні можливих значень ($R_a = 0,5 - 15$ мкм). Процес формування мікрогеометрії (текстурування) поверхні робочих валків ведеться в автоматичному режимі з допомогою програм, закладених в комп'ютер установки. Подібна установка мається на ВАТ "Северсталь" і ряді інших заводів. Електроерозійні верстати не тільки зручніше дробометних, але і забезпечують більш точний мікропрофіль валків, який дозволяє отримувати менший розкид шорсткості вздовж і впоперек штаби.

Фірма "Шеффілд Форджмасгерз Груп" розробила спосіб і рекламує обладнання, що дозволяє обробляти поверхню валка струмами високої частоти, доводячи тонкий поверхневий шар до плавлення. При швидкому охолодженні цього шару відбувається загартування металу і поверхня валка стає, по-перше, дуже твердою, по-друге, шорсткою, причому шорсткість однакова в поздовжньому і поперечному напрямку. Мікронерівності виходять більш контрольованими, регулярними і краще утримують мастило або фарбу, ніж при насічці валків. Приблизно за таким же принципом працюють верстати, на яких розплавлення поверхневого шару здійснюється електронним або лазерним променем.

Висновки до розділу

Під час експериментального дослідження на дресирувальному стані «1700-2» в умовах ЦХП-1 ПАТ «Запоріжсталь» було продресировано вісім рулонів: чотири – з номінальною товщиною 0,60 мм з одного відпалу та чотири – з номінальною товщиною 1,50 мм з іншого відпалу. Під час виконання експерименту при дресированні не використовували протизламний ролик. На основі отриманих експериментальних даних було виконано розрахунок коефіцієнту зміни форми листа, відносного та абсолютного обтиснень. Згідно результатів розрахунку на кожному з чотирьох рулонів товщиною 0,60 мм площинність листа погіршувалась. Проте згідно розрахунків на трьох з чотирьох рулонів товщиною 1,50 мм площинність після дресировання покращилась, а на одному рулоні не змінилась. Виходячи з отриманих результатів пропонується під час дресировання тонкого профілю (від 0,36 мм до 0,90 мм) використовувати протизламний ролик задля покращення площинності.

Також запропоновано задля зниження шорсткості поверхні замінити існуючу дробеструйну машину для насічки бочки робочих валків стану на електроерозійні верстати. Заміна даного агрегату забезпечить більш точний контроль за вихідною шорсткістю та виключить необхідність у повторному дресированні, яке проводять задля зниження шорсткості готового прокату.

3. АНАЛІЗ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ ТА РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ПО ЗМЕНШЕННЮ КІЛЬКОСТІ ДЕФЕКТІВ

Важливе значення в підвищенні якості поверхні готового прокату має правильна класифікація дефектів, що виявляються на різних етапах виготовлення. Це дає можливість усунення причин утворення таких дефектів.

Класифікація дефектів поверхні для кожного металургійного підприємства є одним з найважливіших факторів вдосконалення технологічних процесів і покращення показників якості металопродукції, особливо відповідального призначення, для якого вимоги до якості поверхні є визначальними. Класифікація, визначення природи утворення поверхневих дефектів, безпосередньо пов'язана з технологією виробництва металопродукції на кожному переділі. Тому для кожного підприємства незалежно від загальноприйнятої класифікації дефектів прокатного і сталеплавильного походження класифікація дефектів і причини їх зародження специфічні і вимагають глибокого вивчення.

Порушення технології виробництва сталі і безперервної розливки можуть призводити до появи дефектів на поверхні безперервнолитої заготовки: тріщини, неметалеві включення, поверхневі і підкіркові бульбашки, торцеві рваними та ін. Дефекти безперервнолитої заготовки при прокатці трансформуються в дефекти поверхні прокату. При цьому поверхневі дефекти можуть мати схожий зовнішній вигляд, але при цьому мати різну природу походження. Дослідження причин виникнення поверхневих дефектів передбачає оцінку якості макроструктури прокату. Це дозволяє визначити природу походження дефектів поверхні.

Точно визначити природу дефекту можна за допомогою металографічного дослідження, результати якого аналізуються спільно з інформацією про порушення технологічних процесів виробництва сталі і

прокату. Металографічні дослідження дозволяють визначити морфологічні і генетичні ознаки дефектів. Морфологічні ознаки дефекту визначають періодичність і довжину його поширення по поверхні, а також форму порожнини дефекту в поперечному перерізі прокату. Генетичні ознаки обумовлені фізико-хімічними процесами виробництва сталі. Вони характерні для кожного виду дефектів.

У практиці металургійного виробництва брак металу за поверхневими дефектами відносять до сталеплавильного або прокатного переділів, при цьому відзначається першопричина утворення браку. Для цього проводять всебічне вивчення дефектів за допомогою сучасних засобів і методів та комплексний аналіз технології висококваліфікованими фахівцями. В окремих випадках, незважаючи на однаковий зовнішній вигляд дефектів, природа їх і причини виникнення можуть бути різними. Тільки правильна класифікація дефекту дозволить вжити ефективних заходів для попередження виникнення у подальшому.

Розглянемо основні дефекти штаб, що виникають під час дресування:

1) Зім'ята поверхня

Дефект являє собою хвилі, складки, вигини, вм'ятини що не викликають розривів металу (рис. 3.1). Дефект виникає через зминання холоднокатаної штаби на барабані моталки, що є наслідком:

- перекосу штаби при заправці в зів моталки;
- невідповідності соостності барабана розмотувача і осі робочих

валків дресувального стану.

Задля уникнення появи дефекту «зім'ята поверхня» необхідно:

а) правильно, без перекосів заправляти штабу в зів барабана моталки.

б) при проведенні ТО або ППР виконувати контроль соостності барабана розмотувача і осі робочих валків дресувального стану.

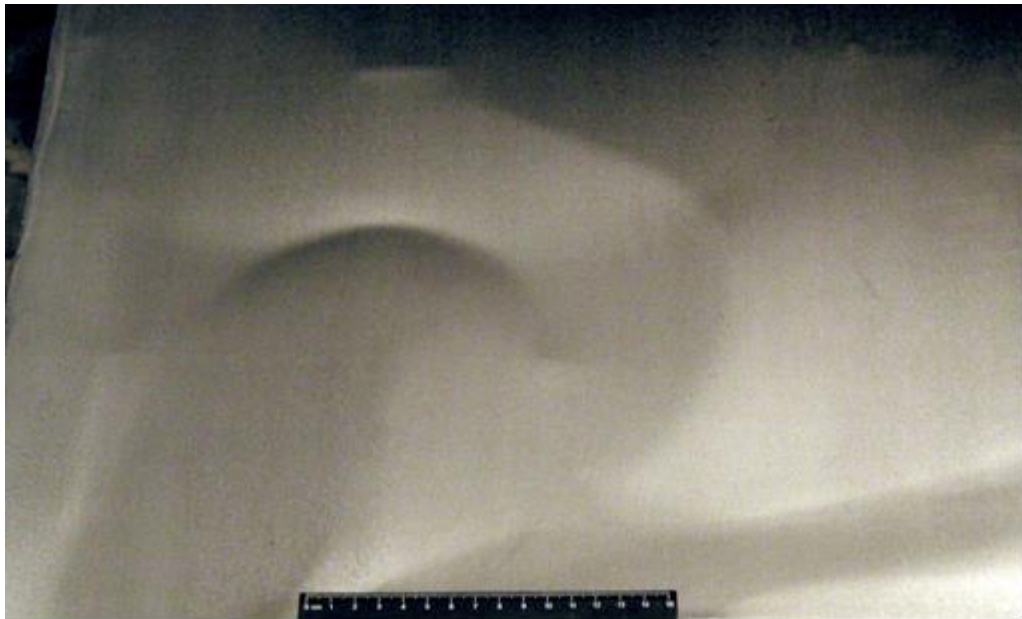


Рисунок 3.1 – Дефект «зім'ята поверхня»

2) Поріз

Дефект являє собою частково загорнену складку, розташовану уздовж або під кутом до напрямку прокатки, що утворюється через різних ступенів деформації по ширині листа і іноді супроводжується наскрізним розривом металу (рис.3.2).

Основними причинами виникнення дефекту є:

- а) недостатній задній натяг штаби при дресуванні;
- б) незадовільне налаштування стану або дресування штаб з нерівномірним обтисненням по ширині, що викликає нерівномірну витяжку металу, з утворенням хвиль і подальшим роздавлюванням їх в осередку деформації;
- в) недостатня опуклість валків або їх вироблення;
- г) попадання сторонніх предметів між штабою і валками;
- д) попадання масла на штабу або валки при дресуванні.

Задля уникнення виникнення дефекту необхідно:

- збільшити задній натяг штаби;
- провести правильне налаштування стану:
 - здійснювати рівномірну витяжку металу по ширині штаби;

- перевірити роботу натискного пристрою;
- у разі вироблення валків зробити їх перевалку;
- утримувати стан в чистоті, не допускати попадання сторонніх предметів між металом, що дресується і валками, видаляти масло з поверхні валків, штаби при дресуванні.



Рисунок 3.2 – Дефект «поріз»

3) Ребристість

Дефект являє собою поперечні затухаючі хвилі (гофри) на кінцях листів (рис.3.3).

Основними причинами виникнення дефекту є:

а) виникнення складки під час намотування на барабан моталки дресувального стану, що призводить до деформації наступних витків рулону;

б) виступаючі елементи барабанів моталок станів і агрегатів поздовжнього різання.

Задля уникнення виникнення дефекту необхідно:

- не допускати утворення складок при змотування штаб в рулони, задавати штаби в зів моталки без перекосів;

- усунути виступаючі елементи барабанів моталок.

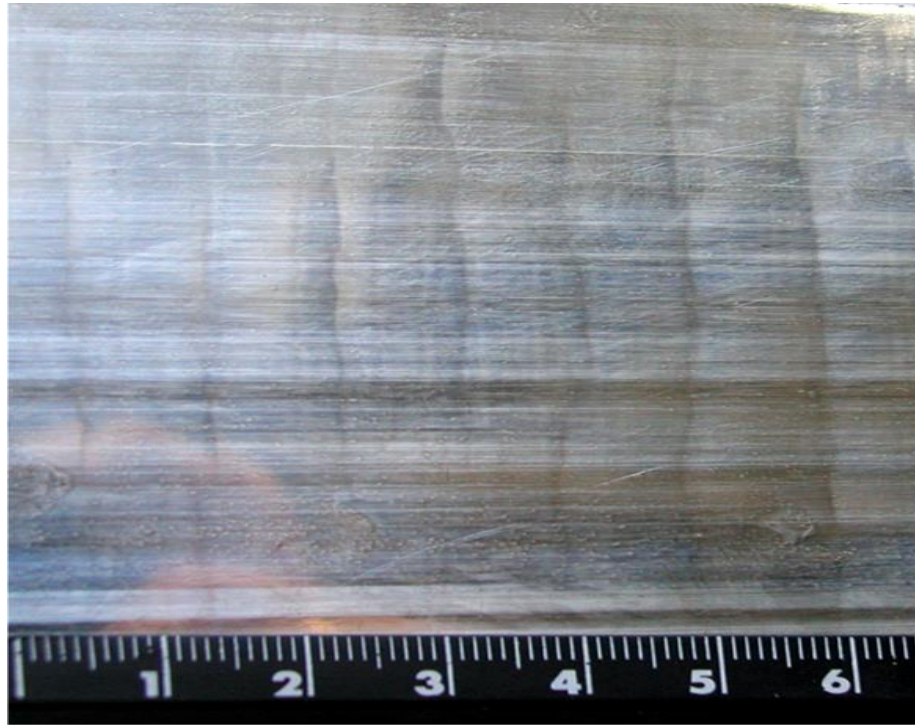


Рисунок 3.3 – Дефект «ребристість»

4) Плями іржі

Дефект являє собою плями або штаби з пухкою структурою окислів, що утворилися в результаті попадання вологи на метал, незадовільного промивання металу від травильних розчинів.

Основними причинами виникнення дефекту є:

- а) нерівномірне і недостатнє змащення штаби;
- б) попадання вологи на холоднокатану штабу (лист);
- в) наявність вологи в стислом повітрі, яким обдувається штаба;
- г) наявність вологи в маслі змащування листів і штаб;
- д) тривале зберігання металу на незавершеному виробництві через відсутність замовлень.

Задля уникнення виникнення дефекту необхідно:

- рівномірно змащувати метал;
- не допускати попадання вологи на холоднокатану штабу (лист);
- не допускати наявності вологи в системі стисненого повітря;

- не допускати наявності вологи в маслі для змащення листів і штаб;
- виробляти метал відповідно до графіка-завдання.

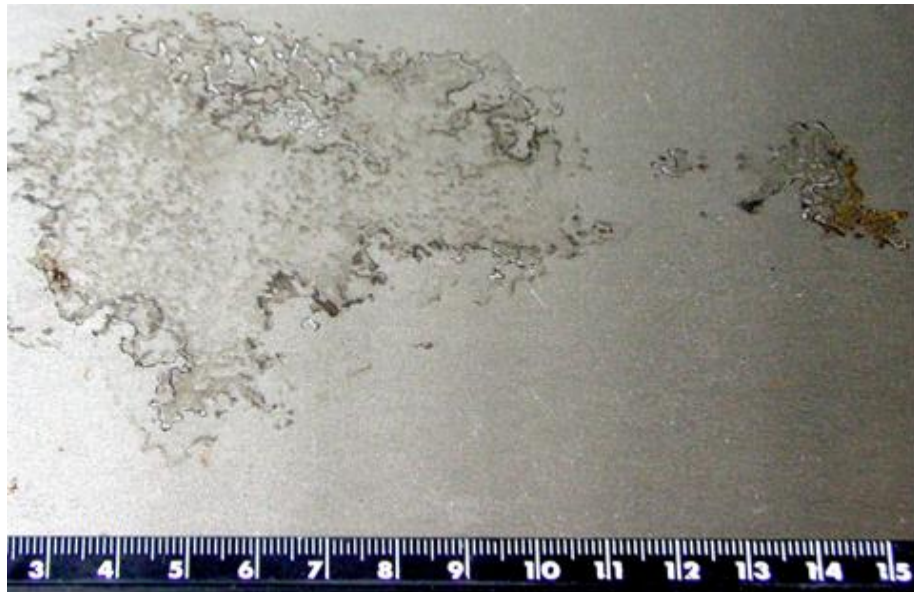


Рисунок 3.4 – Дефект «плями іржі»

5) Смуги-лінії ковзання

Дефект являє собою темні смуги і розгалужені лінії, що утворилися внаслідок місцевих напружень, що перевищують межу текучості металу, викликаних порушенням технології дресування.

Зазвичай розташовані під кутом 45° до напрямку прокатки і дресування, часто мають форму «ялинки» (рис.3.5).

Смуги-лінії ковзання утворюються при малому (менш передбаченого ТІ) і нерівномірному обтиску в процесі дресування металу в результаті нерівномірного розігріву валків по довжині бочки і при недостатній опуклості валків дресувального стану.

Задля уникнення виникнення дефекту необхідно:

- дотримуватися режиму обтисень при дресуванні;
- використовувати противзгин для регулювання профілю валка;
- виконати перевалку робочих валків стану (завалити валки з необхідною опуклістю бочки).



Рисунок 3.5 – Дефект «смуги-лінії ковзання»

б) Злами

Дефект являє собою поперечні смужки, що утворюються в результаті різких перегинів при розмотування злиплих або зварених рулонів (рис.3.6).

Основними причинами виникнення дефекту є:

- а) незадовільне центрування рулонів на барабані розмотувача дресирувального стану;
- б) биття барабана розмотувача дресирувального стану внаслідок вироблення підшипників;
- в) перевищення допустимого натягу штаби розмотувачем або моталкою під час дресирування;
- г) порушення правильної установки осей робочих валків у вертикальній площині;
- д) дресирування гарячого металу.

Задля уникнення виникнення дефекту необхідно:

- правильно ставити рулони в розмотувач дресирувального стану строго по осі дресирування без перекосу;
- замінити підшипники барабана розмотувача дресирувального стану;

- не допускати надмірних натягнень штаби при розмотування і змотування її під час дресування;
- провести перевалку валків з відповідним підбором подушок з базових розмірами і встановити осі робочих валків у вертикальній площині;
- дресувати метал з температурою згідно ТІ.



Рисунок 3.6 – Дефект «злами»

7) Хвилястість крайок

Дефект являє собою неплосцинність у вигляді чергування гребенів і западин на крайках, що утворюються через велику витяжку довжини кромки в порівнянні з серединою штаби (листа) (рис.3.7).

Хвилястість крайок може бути одностороння та двостороння.

Основними причинами виникнення дефекту є:

- а) розігрів країв бочки робочих валків;
- б) неправильне налаштування стану;
- в) недостатня опуклість робочих валків;
- г) вироблення робочих або опорних валків;
- д) низький тиск в системі протизгину робочих валків;
- е) надмірне обтиснення при дресуванні;

ж) неправильна установка (перекіс) валків в стані і роликів правильної машини;

з) перекіс роликів лупперов або опорних роликів перед моталкою на дресирувальному стані.

Задля уникнення виникнення дефекту необхідно:

- охолодити краю бочки робочих валків;
- правильно, відповідно до ТІ, налаштувати стан;
- збільшити вихідну опуклість робочих валків;
- своєчасно провести перевалку робітників і опорних валків;
- збільшити тиск в системі протизгину робочих валків;
- зменшити обтиснення;
- підняти нажимний гвинт з боку хвилі або опустити з протилежного боку;
- усунути перекіс роликів лупперов або опорних роликів на прокатному або дресирувальних стані.

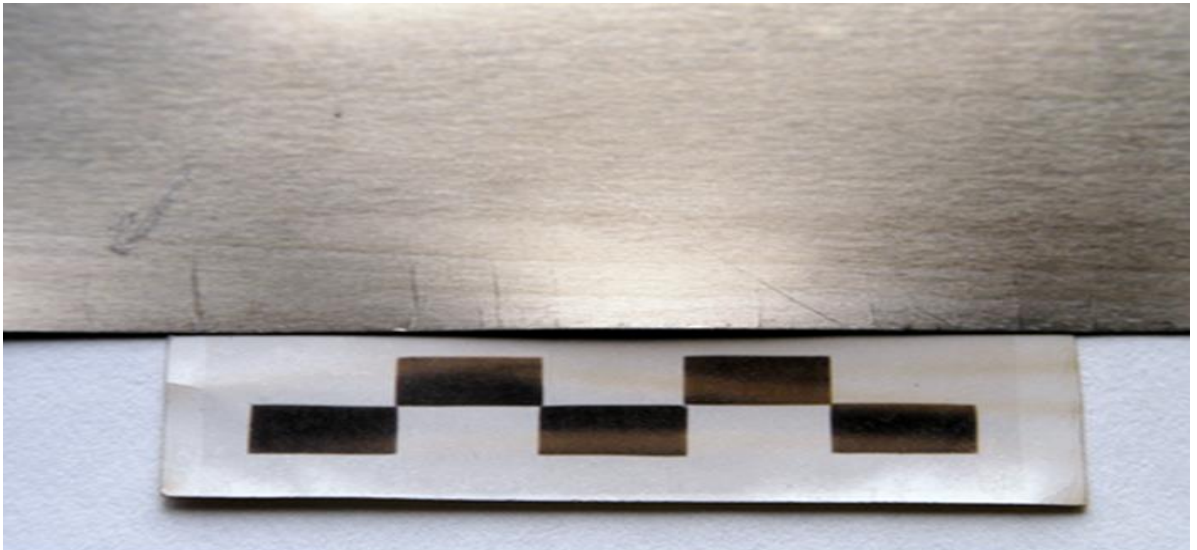


Рисунок 3.7 – Дефект «хвилястість крайок»

8) Зім'ятий рулон

Дефект являє собою спотворену круглу форму рулону (рис.3.8).

Дефект виникає через недотримання встановленого режиму натягу при змотуванні штаб в рулони: при перевищенні натягу через великі внутрішньої

напруги утворюється «пташка», при малому натягу (менше 3 кг / мм²) рулон після зняття його з моталки просідає – сплющується або через механічне пошкодження (падіння, сплющування) рулону.

Для уникнення виникнення дефекту необхідно дотримуватися ТІ в частині режиму натягу при змотування штаб в рулон та обумовлених в ТІ правил транспортування та складування рулонів.



Рисунок 3.8 – Дефект «зім'ятий рулон»

9) Телескопічний рулон

Дефект являє собою виступи витків з середньої або внутрішньої частини рулону (рис.3.9).

Виникає цей дефект через нерівне змотування штаби.

Для того щоб не допускати виникнення дефекту необхідно правильно налаштувати дресирувальний стан (без перекосу валків) та рівно змотувати холоднокатані штаби в рулони.

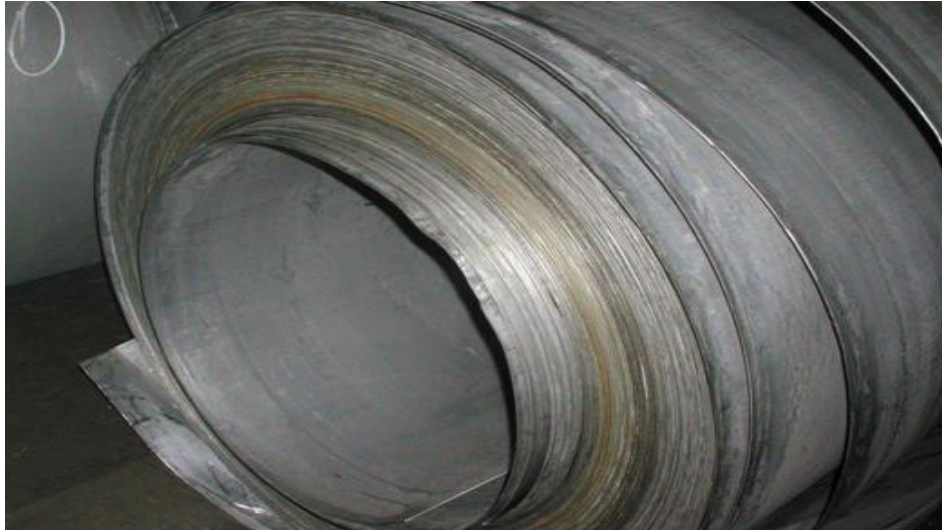


Рисунок 3.9 – Дефект «телескопічний рулон»

Висновок до розділу

Для підвищення якості готової продукції та зниження собівартості виробництва металопрокату необхідною умовою є точна класифікація дефектів поверхні прокату за походженням, а також за морфологічними і генетичними ознаками. Дані заходи дозволять своєчасно здійснювати коригування технологічного процесу. У свою чергу достовірність результатів багато в чому залежить від досконалості і надійності методів і засобів контролю, а також від системи супроводу технологічного процесу. Усунення можливих причин появи дефектів поверхні необхідно не тільки для визначення природи їх походження та місця, а й для визначення причин їх утворення в технологічному ланцюжку. Металографічні дослідження не завжди дозволяють виявити такі причини. Також необхідно чітко знання технологічних процесів і механізмів впливу різних чинників на утворення поверхневих дефектів.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕНА БЕЗПЕКА

4.1 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища.

На ділянках дресирувальних станів «1700-1» та «1700-2» присутні наступні шкідливі та небезпечні фактори, що несприятливо впливають на організм людини:

- шкідливі хімічні речовини;
- пил, переважно фіброгенної дії;
- шум;
- мікроклімат у приміщенні;
- небезпека поразки електричним струмом;
- пожежонебезпека.

Технологічні операції виконуються в несприятливих кліматичних умовах: висока вологість та швидкість руху повітря, запиленість, загазованість [17-18].

Зі шкідливих хімічних речовин в атмосфері робочої площі стана присутні: пари сірчаної кислоти в кількості 0,63 мг/м³; сірчаний ангідрид у кількості 5,81 мг/м³; діоксид азоту 0,7 мг/м³; мінеральні нафтові олії 5,52 мг/м³; оксид вуглецю 5,6 мг/м³.

Пари сірчаної кислоти можуть викликати роздратування слизову оболонку верхніх дихальних шляхів.

Сірчистий ангідрид володіє дратівливою дією. При контакті з біологічними органами він викликає запальну реакцію, причому насамперед страждають органи дихання, шкіра і слизисті оболонки очей.

Діоксид азоту потрапляє в організм через дихальні шляхи і може утворити в крові метгемоглобін. У робочих може виникнути кашель, задуха,

задишка. У важких випадках може розвинутися набряк легенів. Спостерігаються також головні болі, серцева слабкість.

Вплив шкідливих хімічних речовин на людину проявляється в гострих і хронічних отруєннях. Симптоми отруєння можуть розвиватися відразу або по закінченні деякого прихованого періоду.

Гостре отруєння настає відразу після впливу шкідливої речовини. Багато гострих отруєнь викликають стійкі розлади. Менш виражені гострі отруєння звичайно не викликають тривалої втрати працездатності. Повторні легкі отруєння можуть викликати тривалий розлад здоров'я.

У результаті тривалого систематичного проникнення в організм шкідливих речовин в малих кількостях може виникнути хронічне отруєння.

Виробнича діяльність цеху спрямована на обробку металу. Процес обробки викликає виділення великої кількості пилу. На ділянці станів «1700-1» та «1700-2» присутній пил фіброгенної дії в кількості $13,54 \text{ мг/м}^3$. До складу цього пилу, в основному, входить кристалічний діоксид кремнію та ін.

Пил виявляє шкідливу дію на організм людини, подразнюючи шкіру, очі, ясна, вуха. Проникаючи в легені, пил може викликати специфічні професійні захворювання, такі як силікоз, силікатоз, антракоз та ін.

Пил є гарним адсорбентом. Адсорбція пилом отруйних газів робить нетоксичний пил - токсичним.

Ще одним фактором, що впливає на продуктивність праці на ділянці, є шум. На ділянці станів «1700-1» та «1700-2» в основному переважає механічний шум. По тимчасовим характеристикам шум стабільний, що протікає протягом зміни з однією тональністю середньої частоти, величина шуму досягає 98 дБА.

Надмірний шум заважає правильній організації і проведенню виробничих процесів і негативно позначається на продуктивності праці. Шум негативно діє на серцево-судинну і центральну нервову систему.

Важкість праці вальцювальника 6 розряду складається з: вимушеної робочої пози, робить нахили корпусом більше 30^0 у зміну 180 разів; тривале

зосередження уваги 74% до тривалості зміни; емоційна й інтелектуальна напруга в середньому 4 рази на годину.

Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів та карта умов праці для робочого місця вальцювальника представлені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Оцінка факторів виробничого й трудового процесу ділянки станів «1700-1» та «1700-2» холодної прокатки вальцювальника 6 розряду.

| № п/п | Фактори виробничого середовища й трудового процесу | Нормативне значення | Фактичне значення | III клас: шкідливі й небезпечні умови, характер праці | | | Час дії фактору за зміну, % |
|-------|--|--------------------------------|---------------------------|---|--------|---------|-----------------------------|
| | | | | I ст. | II ст. | III ст. | |
| 1 | Пил, переважно фиброгенної дії, мг/м ³ | 4,0 | 13,54 | | 3,4 р. | | 95 |
| 2 | Шум, дБА | 80 | 98 | | | 18 | 100 |
| 3 | Вібрація, дБ | 92 | 98 | | 6 | | 90 |
| 4 | Мікроклімат у приміщенні: - температура повітря, °С; - швидкість руху повітря, м/с; - відносна вологість повітря, % | 16-27 0,2-0,5 75 | 28,1 0,3 75 | | 1,1 | | 100 |
| 5 | - Нахили корпусу за зміну; - увага, % до τ зміни; - емоційна напруга за годину | | 148 74 4 | 148 | | | |

Згідно карти умов праці для робочого місця вальцювальника 6 розряду, гігієнічна оцінка умов праці: відноситься до III класу 3 групи; технічні й організаційні умови: відповідає технологічному регламенту й проекту організації праці на робочому місці. Робоче місце має в наявності 3 фактора 1 ступеня, 3 фактора 2 ступеня, 1 фактор 3 ступеня. За показниками робоче

місце варто вважати зі шкідливими й важкими умовами праці, що відповідає показникам списку №2.

4.2 Заходи з поліпшення умов праці, пожежної та техногенної безпеки тощо.

При плануванні підприємства враховують виробничі, транспортні й інші вимоги. Варто мати на увазі створення сприятливої гігієнічної обстановки й усунення небезпек для всіх категорій працюючих на підприємстві.

Площадка цеху задовольняє санітарним вимогам у відношенні прямого сонячного опромінення, природного провітрювання, має відносно рівну поверхню й ухил, що забезпечує відвід поверхневих і стічних вод.

Пересування вузлів по території цеху здійснюється електромостовими кранами. Такий спосіб переміщення вантажів найбільш безпечний у порівнянні з використанням авто й електрокар. Однак у прокатному відділенні спостерігається перехрещування вантажопотоків.

Для поліпшення мікроклімату на робочих місцях передбачена природна і механічна подача повітря установками з обробкою повітря на типових кондиціонерах до постійних робочих місць.

Також передбачена витяжна вентиляція за допомогою місцевих відсмоктувань і механічної вентиляції з верхньої зони; а також природна загальнообмінна вентиляція з верхньої зони.

Для захисту робітників від дії шкідливих хімічних речовин у цеху передбачені наступні заходи: аспіраційні установки і витяжні зонти від джерел викидів шкідливих речовин. Разом з ретельною герметизацією всієї системи газопроводів і апаратури в газонебезпечних місцях встановлюється контроль за змістом шкідливих речовин в повітрі. Фільтруючі протигазу служать для захисту органів дихання від шкідливої пари і газів. Як поглиначі

застосовують активоване вугілля, силікагель, хемосорбенти .

Найбільш ефективними засобами боротьби з пилом є механізація виробничих процесів з герметизацією операцій, пов'язаних з пилоутворенням. Для боротьби з надмірним пилом слід застосовувати аспірацію устаткування, відсмоктування і фільтрацію запиленого повітря перед викидом його в атмосферу. Також застосовуються засоби індивідуального захисту органів дихання, зокрема респіратор ШБ-2 «пелюстка», який усуває дію пилу на організм працюючих.

Для захисту працюючих від шуму запроектовані звукоізолюючі вбудовані приміщення – пости управління, кімнати відпочинку і т.п. Для зниження шуму агрегатів (електродвигунів) застосовуються звукоізолюючий кожух, виготовлений з листів сталі завтовшки 2-3 мм, в який укладається або весь агрегат, або його шумлячі вузли, а внутрішні поверхні облицьовуються звукопоглинальними матеріалами. Ослаблення шуму газопроводів досягається плавністю руху повітряного потоку, плавними переходами в місцях зміни напрямку трубопроводу, застосуванням глушників. Для засобів індивідуального захисту від шуму застосовуються вкладиші протигаласливі «Беруши» .

Освітлення в приміщенні комбіноване. У цех природне світло попадає через ліхтар, розташований на даху, крім цього є штучне освітлення у кожному прольоті цеху й місцеве на кожному агрегаті. Як джерела світла застосовуються лампи розжарювання ФРЛ–500М, напругою 500Вт і світильники ГСР–400ВТ. У місцях зручних для обслуговування при великій кількості пилу застосовуються пилонепроникні світильники типу СХ і ПГТ. Аварійне освітлення передбачено практично у всіх виробничих і прохідних приміщеннях. Для забезпечення можливості виконання ремонтних робіт, огляду внутрішніх порожнин застосовують переносне освітлення.

Як засоби індивідуального захисту обслуговуючому персоналу видається на людину: костюм х/б, черевики, рукавиці брезентові, беруши одноразові, каска, захисні окуляри.

Роздача очищеної (за допомогою фільтрів) питної води здійснюється за допомогою фонтанчиків і сатураторів, для одержання питної підсоленої газованої води. Нагляд за якістю води здійснюється регулярно органами Міністерства охорони здоров'я.

Харчування робітників здійснюється у виробничих їдальнях або буфетах.

4.2.1 Заходи з електробезпеки.

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

Для роботи електроустаткування потрібна напруга 380 В. Електричний струм використовується також для освітлення приміщень; необхідна напруга 220 В. Таким чином, цех відноситься до категорії з підвищеною небезпекою поразки людей електричним струмом.

Як захисні заходи від поразки електричним струмом застосовуються:

- електрична ізоляція струмопровідних частин – гумова, поліхлорвінілова, нейротова, паперова, просочена мастилоканіфоллю;
- знижена напруга для ручного електроінструменту і переносних світильників – 42В в приміщеннях без підвищеної небезпеки і 12В в приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних і в зовнішніх зонах, з використанням знижувальних трансформаторів із зануленою вторинною обмоткою;
- подвійна електроізоляція ручного електроінструменту – струмопровідних частин усередині корпусу і самого корпусу;
- занулення та заземлення електроустановок;
- захисне відключення – як додаткова міра захисту до занулення;

- недоступне розташування неізолюваних струмопровідних частин;
- засоби індивідуального захисту – діелектричні рукавички, діелектричні боти, галоші, килимки, інструменти з ізолюваними рукоятками, що ізолюють штанги і кліщі, покажчики напруги.

При нормальному режимі роботи безпечніша три-провідна мережа з ізолюваною нейтраллю. При аварійному режимі більш безпечна чотири-провідна мережа з глухо заземленою нейтраллю. Мережі з глухозаземленою нейтраллю застосовуються там, де неможливо забезпечити хорошу ізоляцію дротів, оскільки є висока температура і вологість повітря, агресивне середовище, велика протяжність мережі, а також коли не можна швидко відшукати або усунути ушкодження ізоляції, якщо місткість дротів відносно землі велика, тобто коли можливий аварійний режим. Ефективною мірою захисту для трифазних чотири-провідних мереж напругою до 1000 В з глухозаземленою нейтраллю є захисне занулення.

Внутрішньоцехова електрична мережа виконується з ізолюваних проводів і кабелів, захисні оболонки яких по механічній міцності, а також по стійкості відносно хімічних дій відповідають умовам їх експлуатації в цеху.

4.2.2 Заходи з пожежної та техногенної безпеки.

У відповідності з будівельними нормами й правилами (ОНТП 24-86) виробничі будинки підрозділяють по категоріях. Цех холодної прокатки належить до категорії Д, так як виробництво пов'язано з обробкою матеріалів у холодному стані та відноситься до ІІ класу вогнестійкості.

По класифікації пожежних зон прокатний цех відноситься до зони класу ІІ - ІІа, тобто приміщення, у яких містяться тверді речовини, не здатні переходити у зважений стан.

Пожежі на підприємствах виникають із причин: вибухів; порушень у технологічних процесах виробництва норм і правил протипожежної безпеки

технологічного режиму; неполадки в роботі пристроїв; неправильна експлуатація електромереж і устаткування; відсутності захисту від розрядів статичної електрики й розрядів грози; порушення норм збереження пожежонебезпечних несумісних матеріалів, вибухонебезпечних речовин; халатне поводження з вогнем: залишення без нагляду нагрівальних приладів, тимчасових металевих печей, паління в заборонених місцях, відігрівання замерзлих труб відкритим вогнем і т.п.;

Джерелами виникнення пожежі можуть бути:

- самозаймання промаслених відходів і дрантя;
- масло, при влученні на нього відкритого вогню;
- електроустаткування при короткому замиканні.

Промаслені відходи й дрантя збирають у металеві контейнери, потім вивозять у спеціальні місця для утилізації. При цьому контейнери в цеху повинні розташовуватися в спеціально відведених для цього місцях, щоб у випадку загоряння дрантя, пожежа не змогла заподіяти істотної шкоди й була швидко погашена.

Необхідно стежити й не допускати скупчення масла в прийманнях агрегатів цеху. Для цього в картерах агрегатів передбачена дренажна система. За допомогою її масло з картера механізмів попадає в спеціальні ємності для утилізації. У тих механізмах, де не передбачена дренажна система, варто періодично вичерпувати масло, що скопилося.

Найчастіше причиною загоряння масла в картері механізму може служити іскра, отримана при короткому замиканні електроустаткування, що працює разом з механічним устаткуванням. Для запобігання цього необхідно, щоб всі електричні ланцюги були захищені від короткого замикання.

До основних умов запобігання пожежі відносяться запобігання утворення пожежного середовища й появи джерел загоряння.

До організаційних протипожежних мір відносяться:

- розробка правил і інструкцій із протипожежної безпеки;
- організація вивчення правил і інструкцій із протипожежної безпеки;

- організація протипожежної служби, пожежної технічної комісії (ПТК) і добровільних пожежних дружин (ДПД);

- розробка й затвердження плану порядку оповіщення людей, які встановлюють обов'язки й дії, що працюють на випадок виникнення пожежі.

Для запобігання загоряння ізоляції й короткого замикання проводів застосовують плавкі запобіжники або спеціальні автомати, що відключають мережу при перевантаженні.

Електрична дуга, що має температуру вище 300°C , представляє більшу пожежонебезпеку. Тому конструкція й режим експлуатації повинні виключати утворення електричної дуги. Якщо утворення електричної дуги пов'язане з режимом експлуатації, то в таких випадках застосовують додаткові пружні ножі для рубильників і дугогасильний пристрій у вигляді посудин, заповнюваних трансформаторним маслом.

Особливої уваги заслуговує виконання вогненебезпечних робіт.

Тимчасові небезпечні роботи допускаються по письмовому дозволу адміністрації із вказівкою умов безпечного виконання таких робіт. Це положення відноситься до електро і газозварних робіт, до промивання деталей при ремонті устаткування горючими розчинниками.

Для гасіння пожеж у спорудженнях використовують внутрішні пожежні крани, які встановлюються на стояках внутрішнього водопроводу.

Пожежні крани розміщують у нішах, шафах на видних і доступних місцях (у коридорах, на сходових клітках).

На дверцятах шафи пожежного крана повинні бути позначені:

- літерний індекс ПК;
- порядковий номер пожежного крана й номер телефону найближчої пожежної частини.

Вода прохолоджує зону горіння нижче температури samozапалювання й розбавляє горючі речовини до негорючого стану.

Гасіння пожеж в електроустановках, горіння лаків, фарб, розчинників, бензину, горючого або дизельного палива, двигунів внутрішнього згоряння,

автомобілів, а також особливо коштовних матеріалів і устаткування водою заборонено.

Піна використовується для гасіння загорянь всіх твердих речовин, які гасяться водою. Вона швидко припиняє доступ кисню до зони горіння. Тому піна ефективніше води. Створюється піна за рахунок хімічної реакції кислотної й лужної частин у спеціальному устаткуванні (машинах) і вогнегасниках.

Пісок використовується для гасіння пожежі на електроустановках під напругою, різних рідин, карбіду кальцію, автомобілів, двигунів внутрішнього згоряння. Пісок прохолоджує зону горіння, припиняє доступ кисню, ізолює й гальмує реакцію горіння.

Вуглекислота сприяє утворенню газу в 400- 500 разів швидше, а його випар утворенню снігу з температурою - 79⁰С, що інтенсивно відбирає теплоту в зоні горіння. Для гасіння пожеж застосовують: ручний пінний вогнегасник ВП-5, ручні вуглекислотні вогнегасники ВВ-2, ВВ-5, ВВ-8.

При виникненні пожежі одночасно з гасінням організовується евакуація матеріальних цінностей та працівників, для чого використовується обслуговуючий персонал підприємства. У виробничих будівлях передбачаємо евакуаційні виходи, призначені для забезпечення безпечної евакуації людей, що перебувають в будівлі, у разі виникнення пожежі або аварії. Передбачаємо мінімум два евакуаційні виходи. Ширина всіх евакуаційних виходів (дверей) перевищує 0,8 м, що відповідає нормам [30]. Двері відчиняються у напрямі виходу із приміщень і будівель. Сходові марші обладнуємо пристроями, призначеними для видалення диму, зниження температури і концентрації продуктів горіння в зоні пожежі і суміжних із ним приміщеннях з метою забезпечення необхідних умов для евакуації працівників і роботи пожежних підрозділів. Цими пристроями є вікна і шахти димовидалення.

Пропозиції по організації гасінню пожежі при виникненні надзвичайної ситуації:

- провести розвідку та оцінити обстановку на пожежі;
- встановити наявність людей, яким загрожує небезпека, встановити напрямки та способи евакуації;
- прийняти міри до відключення електромережі;
- при виклику підрозділів пожежної охорони організувати їх зустріч, вказати місце пожежі, пояснити особливості планування будівлі, вказати місце розміщення пожежних гідрантів та пожежних водоймищ;
- допомогти працівникам пожежної охорони в діях по евакуації та захисту матеріальних цінностей.

Висновок до розділу

У розділі проведено аналіз небезпечних та шкідливих факторів виробничого середовища на ділянці дресирувальник станів. Основними шкідливими та небезпечними факторами на ділянці є: пил, шум, вібрації, підвищена влітку та низька взимку температура, небезпека ураженні електричним струмом.

Запропоновані заходи з електробезпеки, пожежної та техногенної безпеки.

5. ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ

5.1 Калькуляція собівартості

Згідно заводським даним за 2019 р. встановлено, що річна продуктивність дресировального стану склала 1172045 т/рік прокату.

По даним ЦХП-1 зазначена калькуляція собівартості 1 тонни прокату в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Калькуляція собівартості 1т прокату

| Статті витрат | од. вим. | кількість | ціна, грн/од. | сума, грн. |
|------------------------------|----------------|-----------|------------------|---------------|
| Задано відходи | т | 1,21 | 9655,37 | 11682,99 |
| | т | 0,21 | 1745,57 | 366,57 |
| Задано за винятком відходів. | т | 1,00 | | 11316,43 |
| Витрати по переділі: | | | | |
| - електроенергія | 1 квт/год | 131,72 | 2,1 | 276,61 |
| - вода | м ³ | 83,00 | 0,27 | 22,41 |
| - стиснене повітря | м ³ | 25,66 | 0,56 | 14,37 |
| Разом енерговитрат | | | | 313,39 |
| Разом витрати по переділу | | | | 713,86 |
| ЗЗВ | | | | 73,09 |
| Усього витрат з ЗЗВ | | | | 786,95 |
| Витрати на реалізацію | | | | 100,36 |
| Повна собівартість | | | | 12534,29 |

5.2 Прибуток, рентабельність, економічна ефективність капіталу вкладень, строк окупності

Прибуток розраховуємо по формулі:

$$\Pi = (Ц - С) \cdot Q \quad (5.1)$$

Ц - оптова ціна за 1 тону прокату;

Q – об'єм виробництва стана за 1 рік.

За заводським даними Ц = 12535 грн/т; об'єм виробництва Q = 1172045 т/рік

Прибуток:

$$\Pi = (12535 - 12534,29) \cdot 1172045 = 832151,95 \text{ грн}$$

Економічний ефект визначаємо по формулі:

$$E = (Ц - С) \cdot Q - E_n \cdot K_B \quad (5.2)$$

E_n - нормативний коефіцієнт порівняльної економічної ефективності капітальних вкладень (0,15),

K_B - величина капітальних вкладень на виконання намічених заходів, грн.

Таблиця 5.2 - Розрахунок величини капітальних вкладень.

| Вид витрат | Величина, грн. |
|---------------------------|----------------|
| Вартість устаткування | 1500000 |
| Монтажно-механічні роботи | 109000 |

| | |
|------------------------|---------|
| Електроустаткування | 190000 |
| Механічні встаткування | 287000 |
| Разом: | 2086000 |

Економічний ефект від прийнятих заходів:

$$E = (12535 - 12534,29) \cdot 1172045 - 0,15 \cdot 2086000 = 519251,95 \text{ грн}$$

Економічна ефективність капітальних вкладень:

$$E = (Ц - C) \cdot \frac{Q}{K_B} \quad (5.3)$$

Підставимо числове значення, одержимо:

$$E = (12535 - 12534,29) \cdot \frac{1172045}{2086000} = 0,40$$

що більше нормативної величини ($E = 0,15$), тоді капітальні вкладення економічно доцільні.

Строк окупності капітальних вкладень:

$$T = \frac{1}{E} \quad (5.5)$$

Підставимо числове значення, одержимо:

$$T = \frac{1}{0,40} = 2,5 \text{ роки}$$

Таблиця 5.3 – Техніко-економічні показники дресирувального стану

| Найменування показника | Одиниці виміру | Величина показника |
|---|----------------|--------------------|
| Річний об'єм продукції в натуральних одиницях | т. | 1172045 |
| Чисельність основних робітників на дільниці | чол. | 20 |
| Продуктивність праці основного робітника | т./чол. | 58602,25 |
| Фонд оплати праці робітників цеху | грн. | 2245332,20 |
| Середня місячна заробітна платня основного працівника | грн./міс. | 9355,55 |
| Собівартість одиниці продукції | грн. | 12534,29 |
| Ціна одиниці продукції | грн. | 12535 |
| Прибуток (чистий) | грн. | 832151,95 |
| Рентабельність продукції | % | 25 |
| Величина капітальних вкладень (КВ) | грн. | 2086000 |
| Річний економічний ефект | грн. | 519251,95 |
| Економічна ефективність | | 0,4 |
| Період окупності | років | 2,5 |

Висновок до розділу

У розділі розраховано суму капітальних вкладень для заміни устаткування для насічки бочки робочих валків дресирувального стану. Згідно розрахунку річний економічний ефект від впровадження пропозиції складає 51251,95 грн. Термін окупності устаткування складає 2,5 роки. Рентабельність складає 25%. Тому виходячи з отриманих результатів можна зробити висновок, що впровадження електроерозійного верстату економічно доцільно.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Під час виконання роботи розглянута література, що стосується стану проблеми. Було встановлено, що за існуючих умов виробництва важко отримувати потрібну шорсткість поверхні штаби та нормовану хвилястість та коробуватість готового прокату.

Для покращення шорсткості, тобто для її зниження, запропоновано замінити існуючу дробеструйну машину для насічки робочих валків дресирувального стану на електроерозійні верстати. Заміна даного агрегату забезпечить більш точний контроль за вихідною шорсткістю та виключить необхідність у повторному дресированні, яке проводять задля зниження шорсткості готового прокату. Розраховано економічний ефект від заміни обладнання. Згідно отриманих розрахункових даних проект зміни обладнання для насічки робочих валків економічно ефективний.

Для зменшення хвилястості та коробоватості було проведено порівняльний розрахунок зміни форми штаби після дресировання на тонкій та товстій штабі. За отриманими даними рекомендується під час дресировання тонкого профілю використовувати протизламний ролик в обов'язковому порядку. Використання протизламного ролику забезпечить зниження хвилястості та коробоватості готового прокату.

Також було розглянуто існуючі дефекти готового прокату, які можуть виникати через порушення технологічного процесу дресировання. Розроблено заходи щодо недопущення виникнення даних дефектів.

Проведено аналіз небезпечних та шкідливих факторів виробничого середовища на ділянці дресирувальних станів. Основними шкідливими та небезпечними факторами на ділянці є: пил, шум, вібрації, підвищена влітку та низька взимку температура, небезпека ураженні електричним струмом.

Запропоновані заходи з електробезпеки, пожежної та техногенної безпеки.

Список використаної літератури

1. Третьяков А.В. , Третьяков Е.М., Мегачева Г.Н., Дрессировка и качество тонкого листа. – М.:Метеллургия, 1980. – 320 с.
2. Методика расчета энергосиловых параметров процесса дрессировки./Е.А. Гарбер, М.А.Тимофеева, И.А. Кожевникова, В.В. Кузнецов // Производство проката. 2006. №2. с. 68-76
3. Моделирование энергосиловых параметров дрессировочных параметров./ Е.А. Гарбер, М.А.Тимофеева, А.И. Тройно, И.А. Кожевникова // Металлы 2006. №2. с. 68-76
4. Проблемные вопросы теории дрессировки холоднокатанных стальных отожженных полос. / Е.А.Гарбер, М.А. Тимофеева // Прокатное производство. 2016. №4 с.47-42
5. Гарбер Е.А., Кожевникова И.А. Теория прокатки : Учебник. – Старый Оскол: изд.-во. ТНТ. 2015. – 312 с.
6. Технологическая инструкция. ТИ 226-П. ХЛ1-20-2015. Дрессировка холоднокатанных полос на станах 1700-1 и 1700-2. Запорожье. 2015 – 44 с.
7. Коновалов Ю.В. Справочник прокатчика. Справочное издание в двух книгах. Книга 2. Производство холоднокатанных листов и полос. / Ю.В.Коновалов. – М.: «Теплотехник», 2012. – 580 с.
8. Колотов Ю.А. Новые технологии и оборудование обработки металлов давлением. / Ю.А. Колотов. М.: Palmarium Academic Publishing. 2012. – 152 с.
9. ДСТУ 2413-94. Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні. Терміни та визначення. [Чинний від 1995-01-01]. Київ. 1995. 39 с.
10. Саплін С.Ю. Удосконалення технологічних режимів та конструктивних параметрів машин для виправлення відносно тонких смуг розтягування із згином.: автореф. дис.канд.тенх.наук: 05.03.05/С.Ю. Саплін; Донбас. Держ.машинобуд.акад. – Краматорськ. 2007 - 19 с. – укр.

11. Гуревич Д.Я. Краткий справочник прокатчика./Д.Я. Гуревич. – М.: Металлургиздат, 1995. – 415 с.
12. Якушев Я.И. и др. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. Учебник для вузов./ А.И. Якушев, Л.Н. Воронцов, Н.М. Федотов - 6-е изд., перераб. и дополн. – М.: Машиностроение, 1987 – 352 с.
13. Приборы для измерение шероховатости. Профилометры. Профилографы и их модификации. Веб-сайт. URL:<http://www.штангель.рф> (дата обращения 20.11.19)
14. ДСТУ 6026:2008. Металлопродукція методи виміру, відхилень, форми. [Чинний від 2013-01-01]. Київ, 2008. – 23 с.
15. ДСТУ 7809:2015. Прокат сортовий, колібрований зі спеціальним обробленням поверхні з вуглецевої якісної конструкційної сталі. [Чинний від 2016-04.01] Київ, 2016. – 22 с.
16. ДСТУ 2834-94. Прокат тонколистовий з вуглецевої сталі якісної та звичайної якості загального призначення. Технічні умови. [Чинний від 1999-01-01]. Київ, 1998. – 28 с.
17. Ильинский Б.Д. Охрана труда на предприятиях черной металлургии – М.: Металлургия, 1969 – 256 с.
18. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці – К.: Каравела, 2004 – 407 с.